Грузовик

12
2019

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредитель ООО "Научно-техническое издательство "Инновационное машиностроение"

Главный редактор С.Н. ПЕДЕНКО

Редакционный совет

В.С. Антипенко, д-р техн. наук, проф.
Е.В. Балакина, д-р техн. наук, проф.
Д.Х. Валеев, д-р техн. наук
Ю.Э. Васильев, д-р техн. наук, проф.
В.А. Волчков, "Autotransportnik.ru"
С.М. Гайдар, д-р техн. наук, проф.
Л.В. Грехов, д-р техн. наук, проф.
В.А. Зорин, д-р техн. наук, проф.
М.Ю. Карелина, д-р техн. наук, проф.
Н.Т. Катанаев, д-р техн. наук, проф.
В.Н. Козловский, д-р техн. наук, проф.
В.В. Комаров, канд. техн. наук
А.В. Кочетков, д-р техн. наук, проф.
В.А. Марков, д-р техн. наук, проф.
Л.Б. Миротин, д-р техн. наук, проф.
А.Н. Новиков, д-р техн. наук, проф
А.Н. Ременцов, д-р пед. наук, проф.
О.Н. Румянцева, генеральный директор ООО "Изд-во Инновационное машиностроение"
А.Ф. Синельников, канд. техн. наук, проф.
А.А. Солнцев, д-р техн. наук, проф.
В.С. Устименко, канд. техн. наук
Х.А. Фасхиев, д-р техн. наук, проф.
Н.Д. Чайнов, д-р техн. наук, проф.

Корпункт:
Я.Е. Карповский (г. Минск)

Адрес редакции:
107076, Москва, Колодезный пер., дом 2-а, стр. 12
Тел. (499) 269-48-96
E-mail: gruzovik@mashin.ru; http://www.mashin.ru

Адрес издательства:
107076, Москва, Колодезный пер., дом 2-а, стр. 2
Тел.(495) 661-03-36

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Регистрационный номер ПИ № ФС77-63955 от 09.12.2015 г.

Подписной индекс:
по объединенному каталогу "Пресса России" 39799

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», "Грузовик", 2019

Перепечатка материалов из журнала «Грузовик» возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Грузовик» обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

В НОМЕРЕ:

Конструкция

3 *Тарасик В. П.* Физические свойства виброзащитной системы подвески автомобиля с релаксационным элементом. Часть 1

Энергетическое машиностроение

7 *Фасхиев Х. А.* Рынок электромобилей — маховик раскрутился

16 *Марков В. А., Камалтдинов В. Г., Денисов А. Д., Быковская Л. И.* Эмульгированные биотоплива для транспортных дизелей

Исследования. Расчет

23 *Денисов И. В., Смирнов А. А.* Дефекты кузова и дополнительного оборудования автомобилей Lada Kalina и Lada Priora

29 *Чистоклетов А. А., Щелудяков А. М.* Результаты сравнительного анализа плавности переключения передач автоматической коробки автомобилей при их эксплуатации в городских условиях

33 *Тайсаев К. К.* Определение коэффициента сохранности эффективности автомобиля

Практика

36 *Петровский Д. И., Волков А. А., Лапсарь А. М.* Технология получения порошковых тугоплавких материалов

Безопасность

40 *Крамаренко Б. А.* Составляющие государственной системы в сфере обеспечения безопасности дорожного движения при технической эксплуатации транспортных средств

42 *Щеголева Н. В., Кочетков А. В., Задворнов В. В., Шашков И. Г., Чижиков И. А.* Методика расчета риска причинения вреда при проектировании примыканий к автомобильной дороге. Часть 1

47 ***Пресс-тур***

Журнал входит в Перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней http://perechen.vak2.ed.gov.ru/
Система Российского индекса научного цитирования www.elibrary.ru.
Двухлетний импакт-фактор РИНЦ 2017 г. — 0,542. Место в рейтинге SCIENCE INDEX за 2017 г. по тематике "Транспорт" — 27; по тематике "Машиностроение" — 52.

Информация на сайте "Autotransportnik.ru"

Truck

12
2019

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL MAGAZINE

Founder JSC Scientific and Technical Publishing House "Innovative Engineering"

Editor-in-Chief S.N. PEDENKO

Editorial council

V.S. Antipenko, dr. en. s., prof.
E.V. Balakina, dr. en. s., prof.
D.H. Valeev, dr. en. s.
Ju.E. Vasilyev, dr. en. s., prof.
B.A. Volchkov, «Autotransportnik.ru»
S.M. Gaidar, dr. en. s., prof.
L.V. Grekhov, dr. en. s., prof.
V.A. Zorin, dr. en. s., prof.
M.Ju. Karelina, dr. en. s., prof.
N.T. Katanaev, dr. en. s., prof.
V.N. Kozlovsky, dr. en. s., prof.
V.V. Komarov, cand. tehn. s.
A.V. Kochetkov, dr. en. s., prof.
V.A. Markov, dr. en. s., prof.
L.B. Mirotin, dr. en. s., prof.
A.N. Novikov, dr. en. s., prof.
A.N. Rementsov, dr. hab, phd in en. s.
O.N. Rumyantseva, gen. dir. JSC "Publisher "Innovative Engineering"
A.F. Sinelnikov, cand. tehn. s., prof.
A.A. Solntsev, dr. en. s., prof.
V.S. Ustymenko, cand. tehn. s.
J.A. Faskhiyev, dr. en. s., prof.
N.D. Chaynov, dr. en. s., prof.

Correspondent's office:
Ya.E. Karpovsky (Minsk)

Address of the editorial office:
107076, Moscow, Kolodezny Lane, house 2-a, str. 12
Ph. (499) 269-48-96
E-mail: gruzovik@mashin.ru; snp748@yandex.ru
http://www.mashin.ru

Address of publishing house:
107076, Kolodezny Lane, house 2-a, str. 2
Ph. (495) 661-03-36

The magazine is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor).
Registration number PI number FS77.-63955 on December 9, 2015

Subscription index:
according to the integrated catalog "Press of Russia" 39799

JSC Innovatsionnoye mashinostroyeniye Publishing House, "Truck", 2019

CONTENTS:

Design

3 *Tarasik V. P.* Physical properties of the anti-vibration system of a vehicle suspension with a relaxation element. Part 1

Energy engineering

7 *Faskhiev Kh. A.* Electric car market — flywheel screwed

16 *Markov V. A., Kamaltdinov V. G., Denisov A. D., Bykovskaya L. I.* Emulsified biofuels for transport diesel engines

Research. Calculation

23 *Denisov I. V., Smirnov A. A.* Defects of the body and additional equipment of Lada Kalina and Lada Priora cars

29 *Chistokletov A. A., Shheludjakov A. M.* The results of a comparative analysis of the smoothness of the shift of the automatic gearbox of cars when they are used in urban environments

33 *Taysaev K. K.* To the question of determining the safety factor of the efficiency of the car

Practice

36 *Petrovskij D. I., Volkov A. A., Lapsar' A. M.* Technology of production of powder refractory materials

Security

40 *Kramarenko B. A.* Components of the State system in the field of road traffic safety in the technical operation of vehicles

42 *Shchegoleva N. V., Kochetkov A. V., Zadvornov V. V., Shashkov I. G., Chizikov I. A.* Method of calculation of risk of infliction of harm at design of adjunctions to the highway. Part 1

47 ***Press tour***

Information on the site "Autotransportnik.ru" The reprint of materials from the "Truck" magazine is possible at obligatory written coordination with editorial office of the magazine. At the link to the "Truck" magazine is obligatory for a reprint of materials.

For contents of advertizing materials responsibility is born by the advertiser.

УДК 629.3

В. П. Тарасик, д-р техн. наук, профессор, Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Беларусь
E-mail: avtobru@gmail.com

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВИБРОЗАЩИТНОЙ СИСТЕМЫ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ С РЕЛАКСАЦИОННЫМ ЭЛЕМЕНТОМ. ЧАСТЬ 1

Изложены результаты исследований влияния релаксационного элемента на виброзащитные свойства подвески автомобиля. Получены амплитудно-частотные характеристики подвески в зависимости от расположения релаксационного элемента в колебательной системе, графики спектральных плотностей ускорений масс и распределения средних квадратических значений ускорений человека на сиденье по октавным полосам частот для двух характерных видов дорог — шоссе с асфальтовым покрытием удовлетворительного качества и шоссе с изношенным бетонным покрытием. Показаны возможности изменения характеристик подвески посредством релаксационного элемента.

Ключевые слова: *автомобиль, подвеска, кузов, рессора, амортизатор, подрессоренная и неподрессоренная массы, сиденье водителя, релаксационный элемент, амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики, октавная полоса частоты, корреляционная функция микропрофиля дороги, спектральная плотность.*

The paper presents the results of the investigation of influence of a relaxation element on anti-vibration properties of a vehicle suspension. Amplitude-frequency characteristics of the suspension depending on the arrangement of a relaxation element in an oscillating system, graphs of spectral density of mass acceleration and distribution of root-mean-square values of acceleration of a person in the driver's seat by octave bands for two distinct kinds of roads — a highway with asphalt pavement of satisfactory quality and a highway with worn-out concrete pavement — have been obtained. The possibilities of using the relaxation element have been presented.

Keywords: *automotive vehicle, suspension, body, spring, absorber, sprung and unsprung masses, driver's seat, relaxation element, amplitude-frequency and phase-frequency characteristics, octave band, road microprofile correlation function, spectral density.*

Движение автомобиля происходит в условиях воздействий на его колеса неровностей опорной поверхности дороги, что приводит к колебаниям кузова, сидений водителя и пассажиров и сопровождается вибрационными нагрузками на организм человека и механизмы автомобиля. Снижению вибрационных нагрузок при создании новой техники уделяется большое внимание. Одним из способов решения этой проблемы является регулирование демпфирования колебаний подрессоренных масс системы подвески автомобиля.

Американскими учеными Д. Карноппом (D. C. Karnopp) и М. Кросби (M. J. Crosby) в 1973 г. предложен принцип регулирования демпфирования, получивший название semi-active suspensions (полуактивное регулирование) [1]. Д. Карнопп предложил также концепцию плавного изменения демпфирования — skyhook [2]. Аналогичное решение рассматривал в 1965 г. Р. И. Фурунжиев [3].

В процессе исследований и испытаний установлен ряд существенных недостатков таких подвесок. Основной из них — неустойчивость процесса функционирования, обусловленная существенным возрастанием амплитуд колебаний масс при приближении частоты воздействия к собственной частоте колебаний, что приводит к отрыву колес от дороги, потере автомобилем устойчивости и управляемости.

Для решения возникшей проблемы чешский ученый М. Валашек (M. Valášek) предложил концепцию с названием grondhook [4].

В работе [5] изложен детальный анализ результатов проведенных ее авторами исследований упомянутых принципов регулирования демпфирования колебаний и показана их бесперспективность, поскольку колебательная система подвески оказывается неустойчивой.

В монографии [6] приведена структурная схема подвески с релаксационным элементом.

Релаксационный элемент представляет собой совокупность упругого и диссипативного элементов, соединенных между собой последовательно. Он устанавливается в системе подвески между подрессоренной и неподрессоренной массами вместо обычного амортизатора параллельно основному упругому элементу, т. е. параллельно рессоре.

Модель релаксационного элемента предложил Максвелл в связи с изучением свойств густых растворов, суспензий и др. тел, обладающих свойствами вязкоупругости и ползучести при упругопластических деформациях [7]. Модель Максвелла представляет собой последовательное расположение упругого и демпфирующего элементов. Модели вязкоупругости используются, в частности, для описания физических свойств полимерных материалов, для которых характерно явление ползучести распространения деформации.

К сожалению, детальный анализ физических свойств приведенной структурной схемы авторами монографии [6] не проведен. Вместе с тем к этой схеме проявляется интерес многими исследователями [5, 8]. Изучению этого вопроса посвящается настоящая работа.

Цель исследования

Исследование физических свойств процесса демпфирования колебаний в системе подвески автомобиля с релаксационным элементом и выявление наиболее рационального его расположения в системе подвески.

Методика исследования

Примем во внимание известное свойство системы подрессоривания кузова, характерное для большинства автомобилей [10]:

$$\rho_y^2 = l_1 l_2, \qquad (1)$$

где ρ_y — радиус инерции кузова относительно его поперечной оси, проходящей через центр масс; l_1, l_2 — координаты центра масс кузова автомобиля относительно осей вращения передних и задних колес соответственно.

При выполнении условия (1) можно использовать модель колебаний масс системы подвески раздельно для передней и задней частей автомобиля. Принятые к исследованию динамические модели систем подвесок приведены на рис. 1.

Модель на рис. 1, *а* обычная и не содержит релаксационного элемента (РЭ). В модели на

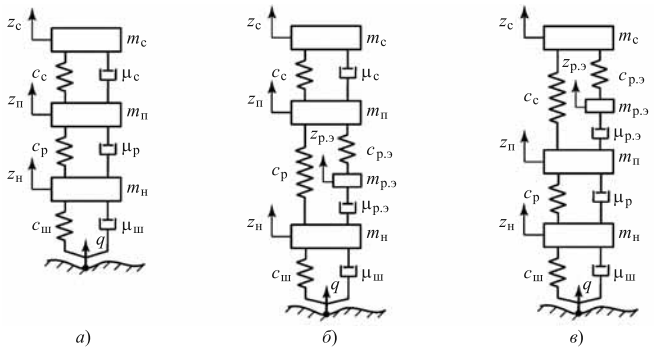


Рис. 1. Динамические модели систем подвесок автомобиля:

а — без релаксационного элемента; *б* — с релаксационным элементом в подвеске кузова; *в* — с релаксационным элементом в подвеске сиденья водителя

рис. 1, *б* РЭ расположен между подрессоренной $m_п$ и неподрессоренной $m_н$ массами параллельно упругому элементу подвески кузова (рессоре) с коэффициентом жесткости $c_р$. В модели на рис. 1, *в* РЭ установлен между массой сиденья водителя $m_с$ и подрессоренной массой кузова $m_п$ параллельно упругому элементу сиденья с коэффициентом жесткости $c_с$. В обозначениях параметров релаксационного элемента использован индекс "р.э". Величину массы РЭ $m_{р.э}$ составляет суммарная масса штока и поршня гидравлического цилиндра РЭ. В состав РЭ входит упругий элемент с коэффициентом жесткости $c_{р.э}$ и диссипативный элемент с коэффициентом демпфирования $\mu_{р.э}$. Параметры шины — коэффициент жесткости $c_ш$ и коэффициент демпфирования $\mu_ш$.

Составим дифференциальные уравнения движения масс рассматриваемых вариантов подвески и представим их в структурированном виде относительно фазовых координат и их производных. Математическая модель системы без РЭ (рис. 1, *а*) имеет вид:

$$\left.\begin{aligned} &m_н\ddot{z}_н + (\mu_ш + \mu_р)\dot{z}_н + (c_ш + c_р)z_н - \mu_р\dot{z}_п - \\ &- c_р z_п = \mu_ш\dot{q} + c_ш q; \\ &m_п\ddot{z}_п + (\mu_р + \mu_с)\dot{z}_п + (c_р + c_с)z_п - \mu_р\dot{z}_н - \\ &- c_р z_н - \mu_с\dot{z}_с - c_с z_с = 0; \\ &m_с\ddot{z}_с + \mu_с\dot{z}_с + c_с z_с - \mu_с\dot{z}_п - c_с z_п = 0, \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

где z_i, $\dot{z}_i$, $\ddot{z}_i$, i = н, п, с — соответственно координаты скорости и ускорения масс; q, $\dot{q}$ — функции воздействий неровностей опорной поверхности дороги (ордината микропрофиля дороги и ее производная).

Дифференциальные уравнения движения масс подвески с релаксационным элементом согласно рис. 1, *б*:

$$\left.\begin{aligned}
&m_{\text{н}}\ddot{z}_{\text{н}} + (\mu_{\text{ш}} + \mu_{\text{р.э}})\dot{z}_{\text{н}} + (c_{\text{ш}} + c_{\text{р}})z_{\text{н}} - c_{\text{р}}z_{\text{п}} - \\
&- \mu_{\text{р.э}}\dot{z}_{\text{р.э}} = \mu_{\text{ш}}\dot{q} + c_{\text{ш}}q; \\
&m_{\text{п}}\ddot{z}_{\text{п}} + \mu_{\text{с}}\dot{z}_{\text{п}} + (c_{\text{р}} + c_{\text{с}} + c_{\text{р.э}})z_{\text{п}} - c_{\text{р}}z_{\text{н}} - \\
&- \mu_{\text{с}}\dot{z}_{\text{с}} - c_{\text{с}}z_{\text{с}} - c_{\text{р.э}}z_{\text{р.э}} = 0; \\
&m_{\text{с}}\ddot{z}_{\text{с}} + \mu_{\text{с}}\dot{z}_{\text{с}} + c_{\text{с}}z_{\text{с}} - \mu_{\text{с}}\dot{z}_{\text{п}} - c_{\text{с}}z_{\text{п}} = 0; \\
&m_{\text{р.э}}\ddot{z}_{\text{р.э}} + \mu_{\text{р.э}}\dot{z}_{\text{р.э}} + c_{\text{р.э}}z_{\text{р.э}} - \mu_{\text{р.э}}\dot{z}_{\text{н}} + c_{\text{р.э}}z_{\text{п}} = 0.
\end{aligned}\right\} \quad (3)$$

Дифференциальные уравнения движения масс системы, представленной на рис. 1, *в*:

$$\left.\begin{aligned}
&m_{\text{н}}\ddot{z}_{\text{н}} + (\mu_{\text{ш}} + \mu_{\text{р}})\dot{z}_{\text{н}} + (c_{\text{ш}} + c_{\text{р}})z_{\text{н}} - \mu_{\text{р}}\dot{z}_{\text{п}} - \\
&- c_{\text{р}}z_{\text{п}} = \mu_{\text{ш}}\dot{q} + c_{\text{ш}}q; \\
&m_{\text{п}}\ddot{z}_{\text{п}} + (\mu_{\text{р}} + \mu_{\text{р.э}})\dot{z}_{\text{п}} + (c_{\text{р}} + c_{\text{с}})z_{\text{п}} - \mu_{\text{р}}\dot{z}_{\text{н}} - \\
&- c_{\text{р}}z_{\text{н}} - c_{\text{с}}z_{\text{с}} - \mu_{\text{р.э}}\dot{z}_{\text{р.э}} = 0; \\
&m_{\text{с}}\ddot{z}_{\text{с}} + (c_{\text{с}} + c_{\text{р.э}})z_{\text{с}} - c_{\text{с}}z_{\text{п}} - c_{\text{р.э}}z_{\text{р.э}} = 0; \\
&m_{\text{р.э}}\ddot{z}_{\text{р.э}} + \mu_{\text{р.э}}\dot{z}_{\text{р.э}} + c_{\text{р.э}}z_{\text{р.э}} - \mu_{\text{р.э}}\dot{z}_{\text{п}} + c_{\text{р.э}}z_{\text{с}} = 0.
\end{aligned}\right\} \quad (4)$$

В уравнения (2)—(4) фазовые координаты $z_{\text{н}}$, $z_{\text{п}}$, $z_{\text{с}}$, $z_{\text{р.э}}$ и их производные входят в первой степени. Следовательно, это линейные дифференциальные уравнения, а коэффициенты при фазовых координатах и их производных представляют собой элементы матрицы Якоби. По спектру матрицы Якоби линейных дифференциальных уравнений можно оценить устойчивость системы и вид переходных процессов [9]. Уравнение переходного процесса линейной динамической системы:

$$z(t) = \sum_{i=1}^{n} z_i(t) = \sum_{i=1}^{n} C_i e^{\lambda_i t}, \quad (5)$$

где $z_i(t)$ — *i*-я составляющая функции $z(t)$; C_i — постоянные интегрирования дифференциальных уравнений, определяемые из начальных условий; λ_i — собственные значения матрицы Якоби — комплексные числа, содержащие вещественные $\text{Re}\lambda_i$ и мнимые $Im\lambda_i$ части:

$$\lambda_i = \text{Re}\,\lambda_i + j\,\text{Im}\,\lambda_i \;;\; i = \overline{1, n}, \quad (6)$$

где n — порядок матрицы Якоби; $j = \sqrt{-1}$ — мнимая единица.

Согласно теореме А. М. Ляпунова для устойчивости линейной системы необходимо и достаточно, чтобы вещественные части всех собственных значений матрицы Якоби системы уравнений математической модели были отрицательны [10]. В этом случае переходная характеристика $z(t)$ и все ее составляющие $z_i(t)$ будут затухающими.

Элементы матрицы Якоби зависят только от параметров динамической системы. Для системы подвески автомобиля их значения определяются параметрами инерционных, упругих и диссипативных элементов m_i, c_i, μ_i, i = н, п, с, р.э.

Для исследуемых моделей подвески приняты следующие значения параметров: $m_{\text{н}} = 55$ кг; $m_{\text{п}} = 1850$ кг; $m_{\text{с}} = 80$ кг; $m_{\text{р.э}} = 1$ кг; $c_{\text{ш}} = 460\,000$ Н/м; $c_{\text{р}} = 35\,000$ Н/м; $c_{\text{с}} = 11\,000$ Н/м. Параметры диссипативных элементов задавались в виде относительных коэффициентов затухания колебаний γ, а затем на основе парциальных моделей определялись значения коэффициентов демпфирования μ [9, 11]. Для амортизатора подвески кузова принято значение $\gamma_{\text{р}} = 0{,}25$; для амортизатора сиденья $\gamma_{\text{с}} = 0{,}15$.

Для релаксационного элемента модели на рис. 1, *б* приняты значения $c_{\text{р.э}} = 25\,000$ Н/м, $\gamma_{\text{р.э}} = 0{,}5$, а модели на рис. 1, *в* — $c_{\text{р.э}} = 8000$ Н/м, $\gamma_{\text{р.э}} = 1{,}0$. Значения $c_{\text{р.э}}$ и $\gamma_{\text{р.э}}$ подбирались в процессе сравнительных расчетов с учетом их влияния на оценочные показатели качества подвески.

Полученные спектры собственных значений матрицы Якоби приведены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что во всех рассматриваемых вариантах структуры подвески обеспечивается устойчивость процессов колебаний. В каждом варианте три пары комплексно-сопряженных значений, отображающие затухающие колебательные составляющие $z_i(t)$ переходной характеристики $z(t)$. При введении релаксационного элемента появляются дополнительно две экспоненциальные составляющие. Мнимые части комплексно-сопряженных собственных значений представляют резонансные частоты системы, рад/с. Если вычислить собственные значения матрицы Якоби без учета диссипативных элементов, получим

Таблица 1

Спектр собственных значений матрицы Якоби

Модель на рис. 1, *а*	Модель на рис. 1, *б*	Модель на рис. 1, *в*
−0,155 ± *j*4,145;	−0,299 ± *j*4,209;	−0,120 ± *j*4,184;
−1,804 ± *j*11,876;	−1,809 ± *j*11,885;	−0,948 ± *j*15,546;
−10,901 ± *j*94,325;	−4,664 ± *j*96,378;	−10,901 ± *j*94,324;
	−16,750;	−2,548;
	−1394,3;	−1833,5

собственные частоты системы. Их значения незначительно отличаются от резонансных частот (они обычно выше на 2—3 %). У исследуемых вариантов подвески низшая резонансная частота находится в пределах 0,6...0,7 Гц, вторая резонансная частота 1,9...2,3 Гц, а высшая 15,0...15,3 Гц.

Для оценки вибронагрузок в системе подвески в зависимости от ее структуры и влияния дорожных условий осуществлялось моделирование вероятностных характеристик микропрофиля дороги, определение спектральных плотностей ускорений подрессоренной массы и сиденья и средних квадратических значений ускорений этих масс. Рассматривались два вида дорог — асфальтированное шоссе в удовлетворительном состоянии и шоссе с изношенным бетонным покрытием. Моделирование дорожных воздействий осуществлялось посредством корреляционных функций микропрофиля. Использовалось выражение корреляционной функции [12, 13]:

$$R_q(x_s) = \sigma_q^2 \left(A_1 e^{-\alpha_1 |x_s|} + A_2 e^{-\alpha_2 |x_s|} \cos \beta_2 x_s + \right.$$
$$\left. + A_3 e^{-\alpha_3 |x_s|} \cos \beta_3 x_s \right), \qquad (7)$$

где σ_q^2 — дисперсия ординат неровностей микропрофиля дороги, м^2/с^4; A_1, A_2, A_3 — коэффициенты, характеризующие распределение дисперсии ординат между составляющими корреляционной функции; α_1, α_2, α_3 — параметры, характеризующие быстроту затухания корреляционной связи ординат микропрофиля, м$^{-1}$; β_2, β_3 — волновые частоты гармонических составляющих микропрофиля, м$^{-1}$; x_s — аргумент корреляционной функции: $x_s = \Delta x n$; Δx — шаг дискретизации перемещения автомобиля, м; n — количество интервалов сдвига аргумента по пути x.

Параметры корреляционной функции микропрофиля асфальтированного шоссе: среднее квадратическое значение ординат микропрофиля σ_q = 0,01 м; A_1 = 0,8; A_2 = 0,15; A_3 = 0,05; α_1 = = 0,2; α_2 = 0,05; α_3 = 0,05; β_2 = 0,6; β_3 = 2,0; скорость движения v_a = 120 км/ч; шоссе с изношенной бетонкой: σ_q = 0,0195 м; A_1 = 0,75; A_2 = 0,15; A_3 = 0,10; α_1 = 0,6; α_2 = 0,12; α_3 = 0,35; β_2 = 1,2; β_4 = 4,5; скорость движения v_a = 60 км/ч.

На основании корреляционной функции формировался вектор случайной последовательности ординат микропрофиля $q_i(x)$, $i = \overline{1, N}$, где N — количество элементов вектора, а также определялась функция спектральной плотности ординат $G_q(\nu)$ [11, 12].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Crosby M. J., Karnopp D. C.** The Active Damper — a New Concept for Shock and Vibration Control // 43rd Shock and Vibration Bulletin, Part H, June, 1973. — P. 46—73.
2. **Karnopp D. C., Crosby M. J., Harwood R. A.** Vibration control using semi-aktive forse generators // Transactions of the ASME. Journal of Engineering for Industry. — 1974. — Vol. 96. — P. 619—626.
3. **Фурунжиев Р. И.** Исследование некоторых вопросов демпфирования колебаний автомобиля: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. — Минск, 1965. — 17 с.
4. **Extended ground-hook** — new concept of semi-aktive control of truck's suspension / M. Valasek et al. // Vehicle system dynamics. — 1997. Vol. 27, No. 5—6. — P. 289—303.
5. **Анализ** принципов регулирования демпфирования "скайхук" и "граундхук" в подвеске автомобиля / К. В. Чернышев, И. М. Рябов, А. В. Поздеев, Т. В. Пылинская // Грузовик. — 2018. — № 10. — С. 3—6.
6. **Дмитриев А. А., Чобиток В. А., Тельминов А. В.** Теория и расчет нелинейных систем подрессоривания гусеничных машин. — М.: Машиностроение, 1976. — 207 с.
7. **Биргер И. А., Мавлютов Р. Р.** Сопротивление материалов: учеб. пособ. — М.: Наука, 1986. — 560 с.
8. **Амельченко Н. П., Ким В. А.** Подвеска сиденья водителя колесного трактора. — Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2006. — 180 с.
9. **Тарасик В. П.** Математическое моделирование технических систем. — Минск: Новое знание, 2016. — 592 с.
10. **Смирнов Г. А.** Теория движения колесных машин: учебник для вузов. — М.: Машиностроение, 1990. — 352 с.
11. **Тарасик В. П.** Теория движения автомобиля: учебник для вузов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 478 с.
12. **Яценко Н. Н.** Форсированные полигонные испытания грузовых автомобилей. — М.: Машиностроение, 1984. — 328 с.
13. **Ротенберг Р. В.** Подвеска автомобиля. Колебания и плавность хода. — М.: Машиностроение, 1972. — 392 с.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 658.53
Х. А. Фасхиев, д-р техн. наук, профессор кафедры прикладной гидромеханики ФГБОУ ВО "Уфимский государственный авиационный технический университет", профессор кафедры экономики, менеджмента и маркетинга Уфимского филиала финансового университета при Правительстве Российской Федерации
E-mail: faskhiev@mail.ru

РЫНОК ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ — МАХОВИК РАСКРУТИЛСЯ

Приведен анализ рынка электромобилей, выявлены причины их лавинообразного роста продаж. Отмечается, что годовые темпы роста продаж электротранспорта превышают 70 %, доля электромобилей в продажах составляет 2,2 %. В основном это машины китайских производителей. Крупнейшие автомобильные концерны делают только первые "шаги" в освоении моделей на электротяге, проводят обширные НИОКР, создают концепты, осваивают производство своих первых моделей. Катализатором интенсивного освоения транспорта на электротяге явилось бурное развитие технологий аккумуляторных батарей, снижение их цены, государственные субсидии и преференции покупателям и производителям электромобилей.

Ключевые слова: *электромобиль, электробус, экологичность, рынок, продажи, аккумуляторная батарея, льготы.*

The analysis of the electric vehicle market is given, the reasons for their avalanche-like sales growth are identified. It is noted that the annual growth rate of sales of electric vehicles exceeds 70 %, the share of electric vehicles in sales is 2.2 %. The main contribution to these results is Chinese manufacturers. The largest automobile concerns make only the first "steps" in the development of models on electric, carry out extensive R & D, create concepts, master the production of their first models. The catalyst for the intensive development of transport on electric was the rapid development of battery technology, the reduction of their prices, government subsidies and preferences for buyers and manufacturers of electric vehicles.

Keywords: *electric car, electric bus, environmental friendliness, market, sales, rechargeable battery, benefits.*

(Рисунки на 2—4-й полосах обложки)

Рынок электрического транспорта набирает обороты

В связи с экологическими проблемами в крупных населенных пунктах в начале XXI века активизировались работы по созданию и внедрению "зеленого" транспорта. На рынке сейчас предлагаются электромобили "на любой вкус": гибридные, заряжаемые двигателем внутреннего сгорания (HEV), гибридные с возможностью зарядки от сети (PHEV), чисто электрические (EV) и автомобили на топливных ячейках (FCV). Процесс их производства и продажи в последние годы приобрел лавинообразный характер (рис. 1, табл. 1). Если в 2017 г. было продано 1,281 млн электромобилей, то в 2018 г. 2,018 млн, — на 57,5 % больше [1]. Прогноз на 2019 г. — 3,2 млн. Производство чисто электрических автомобилей растет быстрее гибридов. Так, если в 2015 г. их доля была 60 %, то в 2018 г. — уже 69 %, т. е. мир довольно быстро перескочил промежуточное звено — гибридов.

Рынок № 1 для электрифицированных машин Китай — здесь их в прошлом году продали 1,25 млн штук, рост 78 %. Кроме того, за минувший год в Китае было продано 1,4 млн микроэлектромобилей, которые в официальной статистике не учитываются. Высока активность рынков стран ЕС — продано 408 тыс. электромобилей и подзаряжаемых гибридов, или +34 % к предыдущему

Таблица 1

Объем продаж электромобилей по странам в разные годы, тыс. шт.*

Страна	2005	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Канада	—	—	2,02	3,12	5,07	6,96	11,58	19,23	34,36
Китай	—	1,43	9,90	15,34	73,17	207,38	336	606	1256
Франция	0,01	0,19	6,26	9,62	12,64	22,95	29,19	36,84	52,59
Германия	0,02	0,14	3,37	6,93	12,74	23,19	25,12	54,62	67,50
Индия	—	0,35	1,43	0,19	0,41	1,00	0,45	0,86	3,20
Япония	—	2,44	24,44	28,88	32,29	24,65	24,85	56,0	53,0
Ю. Корея	—	0,06	0,51	0,60	1,31	3,19	5,26	13,54	23,73
Норвегия	—	0,39	4,51	8,52	19,76	35,61	44,91	62,31	72,64
Швеция	—	—	0,93	1,55	4,67	8,59	13,26	19,68	26,70
США	1,12	1,19	53,24	96,70	118,78	113,87	159,62	199,83	361,30
Россия	—	Н. д.	Н. д.	0,096	0,082	0,116	0,083	0,095	0,144
Другие	0,53	0,18	3,64	6,05	12,77	26,62	35,31	211,86	67,08
Итого	1,89	6,78	118,06	203,66	323,42	548,21	776,28	1280,86	2018,247

* Составлено автором с использованием данных Международного энергетического агентства [https://itc.ua/blogs/obshhee-kolichestvo]

году. В США продали 361 тыс. "зеленых" машин, прибавка — 79 %.

Из проданных в мире в 2018 г. 91,38 млн легковых автомобилей 2018,2 тыс., или 2,2 % имели электрический привод. В Европе этот показатель выше — 2,35 %. В некоторых странах доля продаж электромобилей существенно выше общемировых показателей. Так, в Норвегии их доля достигла 58 % продаж, в Исландии — 14 %, в Швеции — 8,1 %, в Нидерландах — 6 %, в Китае — 4,5 % [2]. Причина скачкообразного роста продаж электрокаров проста — цивилизованные страны, заботясь об экологии, создают благоприятные условия для развития "зеленого" транспорта, всячески поддерживая их покупателей и производителей.

Экологические проблемы особо остро стоят в странах Европы, поэтому во всех европейских странах приняты стимулирующие меры для развития "зеленого" транспорта. В 2018 г. продажи электромобилей в Европе превысили 430 тыс. авто, парк достиг до 1,4 млн единиц [4]. На рынке электрокаров Европы доминируют 5 стран (рис. 2), а на мировом рынке 95 % продаж электромобилей приходится на 10 стран — упомянутые 5 стран Европы и плюс Китай, США, Япония, Канада, Швеция.

По данным Международного энергетического агентства в 2018 г., парк электромобилей вместе с автобусами достиг 6 млн штук (1,25 % парка), из них 1,35 млн (23 %) приходится на долю Китая. В то же время рост идет по экспоненте, и картина будет меняться достаточно быстро (рис. 3). Сегмент электромобилей является наиболее быстрорастущим на рынке транспортных средств — в среднем 65 % в год. Первый миллион электромобилей был продан за 60, второй — за 17, третий — за 10, четвертый — за шесть месяцев, т. е. маховик продаж раскручивается с ускорением. С каждым годом этот показатель увеличивается на четверть [7].

Практически все автопроизводители в своем модельном ряде имеют электромобили, причем из года в год наращивают их число, объем выпуска (табл. 2). Если в 2010 г. на рынке было 5 моделей электромобилей, то в 2018 г. — более 130. Так, на рынке США в 2010 г. продавалось 17,1 тыс. электрокаров 3 моделей, а в 2018 г. 361 тыс. электрических автомобилей 42 моделей. Аналогичная картина на рынках других стран.

В 2018 г., с освоением серийного производства бюджетного седана Model 3, лидерство по производству электромобилей захватила Tesla — 245,2 тыс. электромобилей (12,1 % рынка) (рис. 4). Следом идут китайский концерн BYD (11,2 %) и группа Renault-Nissan (9,4 %). На долю пяти крупнейших производителей электромобилей приходится 47,7 % мирового рынка. Tesla Model 3 стал самым продаваемым электромобилем.

Таблица 2

Наиболее продаваемые модели электромобилей и гибридов*

2017 г.		2018 г.			
Модель	Продажи, шт.	Место	Модель	Продажи, шт.	Место в 2017 г.
BAIC EC 180/200	78 079	1	Tesla Model 3	145 846	106
Tesla Model S	54 798	2	BAIC EC-Series	90 637	1
Toyota Prius Gen-2	50 833	3	Nissan Leaf	87 149	4
Nissan Leaf	47 211	4	Tesla Model S	50 045	2
Tesla Model X	46 688	5	Tesla Model X	49 349	5
Zhi Dou D1/D2	42 342	6	JAC iEV E/S	46 586	13
Renault Zoe	31 535	7	BYD e5	46 251	15
BMW i3	31 431	8	Renault Zoe	40 313	7
BYD Song	30 920	9	Chery eQ EV	39 734	11
Chery eQ	27 444	10	BAIC Eu-Series	37 343	25
Итого по всем производителям	1 280 858		2 018 247		

* Составлено на основе данных Tesla Model 3=#1 Best Selling Electric Car in World, 7 % of Global EV Market in 2018. https://cleantechnica.com/2019/02/09/tesla-model-3-1-best-selling-electric-car-in-world-7-of-global-ev-market/

Тенденция роста производства электромобилей в будущем будет нарастать, так как крупнейшие автоконцерны Японии, США, Ю. Кореи, Европы в освоении электромобилей только в начале пути. Автоконцерны интенсивно ведут НИОКР, в 2018 г. резко выросли продекларированные инвестиционные планы по электромобилям. По данным экспертов Reuters, крупные автопроизводители в электротранспорт уже инвестировали более $92 млрд, и в ближайшие 10 лет планируют вложить около $300 млрд.

По прогнозам Международного энергетического агентства, в 2020 г. мировой парк электромобилей составит 13 млн единиц, а в 2030 г. увеличится до 130 млн (см. рис. 3). Согласно докладу BNEF [8] к 2040 г. продажи электромобилей превысят продажи автомобилей с двигателями внутреннего сгорания и составят примерно 55 % всех продаж. При этом в таких отраслях экономики, как нефтегазодобыча и их переработка, автостроение, горнодобывающей, производства аккумуляторов и зарядных устройств, электротехническая, электронного оборудования, автозаправочного сервиса, произойдут радикальные изменения.

Электробусы вытеснят дизельные автобусы

Особо привлекательным сегментом транспорта на электротяге является городской пассажирский транспорт. Ему предъявляются жесткие требования по экологичности и шуму. Международным союзом общественного транспорта (UITP) в целях повышения экологичности и энергоэффективности общественного автотранспорта создана программа ZeEUS (Zero Emission Urban Bus System). В рамках данной программы ведется поиск наиболее эффективных решений по интеграции электробусов в транспортные системы городов.

Будущее общественного автотранспорта однозначно за электробусами. У городских автобусов большого класса расход топлива составляет в среднем 30—32 л/100 км, в структуре затрат доля топлива доходит до 40 %. На каждый километр дизельный автобус тратит 13—15 руб., тогда как электробус — 4—5 руб. Кроме того, электробусы экологичны, бесшумны.

Парк электробусов за последние два года вырос в 2,4 раза и превысил 550 тыс. К 2025 г. прогнозируется рост их числа до 1,2 млн единиц, что составит 47 % всего парка. В 2018 г. в мире было продано около 100 тыс. автобусов на электротяге, причем 99 % из них традиционно в Китае (рис. 5). В стране производится в среднем 2 тыс. электробусов в неделю. Доля электробусов в парке автобусов страны в 2018 г. превысила 20 %. Крупнейшим производителем электротранспорта на сегодня является китайская BYD, который производит электромобили из комплектующих, произведенных целиком в Китае. Электробусы BYD курсируют по улицам 25 европейских городов. Город Шэньчжэнь первый в мире полностью перешел на электротранспорт.

Там по улицам передвигаются более 16,3 тыс. электробусов. Для них в городе построили 510 зарядных станций и около 8 тыс. зарядных мини-установок.

По всему миру сейчас эксплуатируются примерно 2,5...3 млн автобусов. По прогнозам экспертов BNEF, до 2025 г. они в основном будут вытеснены с рынка. Ежегодно будет происходить смена около 300 тыс. автобусов. В продажах автобусов доля электробусов составит 84 %, а на рынке легковых доля электромобилей — только 28 %. К концу 2025 г. рынок электробусов достигнет $90 млрд. Причина вытеснения дизельных автобусов электрическими проста: экологичность и экономичность последних. По расчетам BNEF, электрический автобус с батареей 110 кВт·ч и оснащенный самой дорогой беспроводной зарядкой достигает паритета с дизельным по совокупной стоимости владения после 60 тыс. км пробега. Несмотря на низкие текущие затраты, существует ряд причин, затрудняющих более быстрое распространение электробусов, главный из которых — их высокая цена, обусловленная дороговизной батарей. Доля блока батарей в стоимости электробуса сейчас составляет около 40 %. С удешевлением батарей цена электробуса сравняется с ценой аналогичного дизельного автобуса примерно к 2030 г. [10].

При принятии стратегического решения замены дизельных автобусов электрическими, необходимо учесть концепцию создания инфраструктуры для закупаемого транспорта. В применяемых ныне электробусах распространение получили три концепции зарядки: "ночной", ультрабыстрой и динамической (табл. 3) [17]. У каждой из этих схем есть свои преимущества и недостатки, которые отразятся в показателях совокупной стоимости эксплуатации парка. Из трех концепций две ("ночная" и ультрабыстрая) сегодня активно внедряются в тех городах, где нет и никогда не было троллейбусов. Для них возводятся зарядные станции и выделяются огромные электромощности. Города, где имеются троллейбусные маршруты, а значит, провода и подстанции, внедряют третий тип электробусов — динамической зарядки. Затраты на внедрение и обслуживание последней несколько раз меньше первых двух.

К недостаткам электробусов следует отнести их дороговизну — они в 3—4 раза дороже, чем обычные автобусы с двигателями внутреннего сгорания и примерно в два раза дороже гибридных аналогов. Другой существенный недостаток электробусов — большой расход энергии аккумуляторов на обогрев салона, освещение, доходящее в зимний период до 80 % емкости батарей. Решение проблемы обогрева салона дизельными или газовыми печками снижает эффект экологичности электробусов. Рынок электроприводов и аккумуляторных источников питания только зарождается, что также замедляет развитие рынка электробусов.

Факторы, способствующие электрификации транспорта

Анализ рынка продаж электромобилей позволяет делать вывод о том, что мир однозначно встал на путь электрификации транспорта. Что же послужило толчком к столь бурному развитию электрической мобильности? Основными причинами, подталкивающими переход в массовом порядке на электротягу на транспорте, явились следующие факторы:

— крайне неблагоприятная экологическая ситуация в крупных населенных пунктах и ужесточение в связи с этим требований к вредным выбросам автотранспорта;

— высокая удельная мощность и идеальная для транспортных средств тягово-скоростная характеристика, легкая управляемость частотой вращения и мощностью электродвигателей;

— развитие промышленной электроники в сфере амплитудно-частотного управления исполнительными механизмами;

— меньшая совокупная стоимость владения электромобилями в эксплуатации по сравнению с автомобилями на нефтяном топливе;

— усиление конкурентной борьбы производителей за "кошелек" потребителей и желание их преуспеть в этой "гонке" за счет инновационных технологий;

— создание, организация массового производства, непрерывное совершенствование характеристик и снижение цен литий-ионных аккумуляторов, обеспечивающих большой запас хода и достаточно полно соответствующих другим требованиям к источнику питания тяговых электродвигателей мобильных машин;

— интенсивное развитие инфраструктуры быстрой зарядки аккумуляторов благодаря их невысокой потребности в инвестициях;

— внедрение во многих странах привлекательных мер государственной поддержки как покупателей, так и производителей электромобилей, придавая им приоритет над транспортом с двигателями внутреннего сгорания.

Среди вышеназванных факторов, определяющих темпы и сроки замены классических транспортных средств электрическими, ключевыми являются два:

Таблица 3

Усредненные характеристики основных типов электробусов большого класса

Показатель	Тип электробуса		
	Электробус с концепцией ночной зарядки	Электробус с концепцией ультрабыстрой зарядки	Электробус с концепцией динамической зарядки
Средний пробег до зарядки, км	150	От 10 до 50	От 2 до 50
Емкость батарей, кВт·ч	250	От 35 до 120	20
Тип батарей	Литий-железо-фосфат $LiFePO_4$ (LFP), литий-никель-марганец-кобальт $LiNiMnCoO_2$ (NMC)	Литий-титанатный $Li_4Ti_5O_{12}$ (LTP), с ограничением зарядного тока литий-никель-марганец-кобальт $LiNiMnCoO_2$ (NMC), суперконденсатор	Литий-титанатный $Li_4Ti_5O_{12}$ (LTP), литий-никель-марганец-кобальт $LiNiMnCoO_2$ (NMC), суперконденсатор, $LiFePO_4$ (LFP)
Мощность зарядной станции, кВт	50...120	240...350	50...80
Зарядный ток, А	60...80	350...500	70...180
Расход электроэнергии на 1 км пробега, кВт·ч	1,4...2,1	0,9...1,9	0,9...2,1
Эффективность электрического торможения, %	20...30	25...30	80
Система отопления салона	Дизель		Электро
Время простоя во время заряда батареи, мин	300...600	5...20	Зарядка в движении
Особенности при зарядке	Требует генерации больших мощностей на территории парка	Требует генерации мощностей на конечных пунктах	Равномерная нагрузка в течение рабочего дня
Особенности эксплуатации	Потеря скоростных характеристик при увеличении нагрузки и на подъемах		Высокие динамические характеристики
Пассажировместимость, чел.	75	90	105
Цена, млн руб.	26...40	25...33	14...23

1) развитие технического уровня, цена и объемы производства аккумуляторных батарей;

2) уровень субсидий и льгот государства покупателям и производителям электромобилей.

Высокая цена, привязанность к зарядной инфраструктуре, большой вес батарей — ключевые проблемы современного электротранспорта. Они обусловлены несовершенством применяемых ныне аккумуляторов. Цена самого дорогостоящего компонента электромобиля — аккумуляторов остается пока на достаточно высоком уровне — около 40...45 % цены электромобиля. Развитие электротранспорта началось именно после изобретения в 1986 г. Дж. Гудэнафом кобальта лития. На его основе через 5 лет фирма Сони создала литий-йонные аккумуляторы. Литий-ионные в отличие кислотно-свинцовых аккумуляторов имеют высокую удельную энергоемкость, возможность быстрой зарядки, большое число циклов зарядки/разрядки, широкий диапазон рабочих температур, не требуют обслуживания. За четверть века емкость литий-ионных батарей удвоилась с 110 Вт·ч/кг до 200 Вт·ч/кг, но, несмотря на такой колоссальный прогресс и на многочисленные исследования электрохимических механизмов, сегодня химические процессы и материалы внутри литий-ионных аккумуляторов практически те же, что и 25 лет назад.

С развитием конструкций, технологий производства снижается и цена батарей. Совсем недавно — в 2010 г. удельная стоимость батарей составляла в среднем 1000 $/кВт·ч, а в 2018 г. она снизилась уже до 176 $/кВт·ч. Только за один 2018 г. снижение составило 15 %, а с 2010 г. — в 5 раз (рис. 6). Литий-ионные пальчиковые батарейки Panasonic формата 21700, применяемые в модулях аккумуляторов электромобилей Тесла, сейчас стоят 111 $/кВт·ч. Причина падения цены — массовое

производство батарей, удешевляющее единицу продукции, равно как и постоянно идущее усовершенствование технологического процесса как такового. Эксперты BNEF прогнозируют падение стоимости батарей к 2030 г. до 73 $/кВт·ч даже без каких-либо существенных технологических прорывов. Уже сейчас замена модуля батарей Tesla Model 3 стоит около $7000, т. е. удельная цена аккумуляторов составляет 87 $/кВт·ч. Снижение цен батарей скорее всего будет происходить благодаря применению в их конструкции никеля взамен дорогостоящего кобальта. По мнению экспертов Benchmark Mineral Intelligence, спрос на никель вырастет с 75 тыс. т в 2016 г. до 400 тыс. т к 2025 г.

Стоит заметить, наряду с уменьшением стоимости батарей в последние годы стремительно улучшаются и характеристики электромобилей. Так, если в 2010 г. максимальный запас хода электромобилей на одной зарядке не превышал 150 км, то в 2018 г. он превышал уже 530 км. Например, аккумуляторы Tesla Roadster емкостью 250 кВт·ч обеспечивают ему пробег до 1000 км, аккумулятор 36-тонного автопоезда Tesla Semi имеет емкость 1000 кВт·ч, что позволяет осуществлять пробег на 800 км на одной зарядке.

Массовое производство тяговых аккумуляторов в мире только начинается. Так, в стоимостном выражении в 2010 г. объем мирового рынка литий-ионных аккумуляторов составлял не более 9,1 млрд долларов, а к 2016 г. он вырос в 2,8 раза и составил более 26 млрд. Мировыми лидерами по поставкам литий-ионных батарей являются Panasonic (18 % рынка), CATL (17 %) и BYD (15 %). К 2020 г., согласно заявленным планам компаний, лидером станет BYD, чьи производственные мощности вырастут до 60 ГВт·ч, за ним последует CATL (50 ГВт·ч), Panasonic (48 ГВт·ч), LG Chem (34 ГВт·ч), Samsung (34 ГВт·ч) и Lishen (30 ГВт·ч).

По прогнозу компании Lux Research, за 10 лет рынок литий-ионных аккумуляторов для транспорта вырастет более чем в 2 раза и к 2025 г. составит 60 млрд долларов. К 2030 г. спрос на аккумуляторы вырастет в 15 раз, и миру потребуется как минимум 10 гигафабрик по их производству. Рост будет обусловливаться ростом рынка электромобилей и замещения свинцовых аккумуляторов. Российский рынок литий-ионных аккумуляторов в силу ряда причин, связанных с развитием отечественной экономики, составляет в настоящий момент не более 0,3 % мирового рынка [11].

Мировой лидер в сфере электромобилей — Tesla планирует в 2020 г. запустить вторую из пяти планируемых Gigafactory, которая будет производить аккумуляторов на 35 ГВт·ч в год. Кстати, этот завод не подключен к внешним источникам — солнечную энергию в электрическую будут генерировать панели из фотоэлементов, служащие одновременно крышей завода-гиганта. Строительство Gigafactory — необходимая мера для компании, так как только с помощью собственной фабрики Tesla сможет сократить траты на производство и выпустить необходимое количество сравнительно дешевой (35 тыс. долларов) Model 3. А пока ни один завод не может производить литий-ионные аккумуляторы для электрокаров в тех объемах, которые нужны Tesla, у которого на 2019 г. план выпуска — 500 тыс. электромобилей.

Еще амбициознее планы на рынке батарей у Китая, который строит на территории США заводы, способные производить батарей суммарно на 120,9 ГВт·ч. Этого хватит для ежегодного оснащения до 1,5 млн автомобилей Tesla Model S. Кроме строительства Gigafactory в США в Китае разработана программа усиления своего доминирующего положения на рынке производства батарей. Китай стремится взять на себя ведущую роль в области стандартизации технологий и конструкций батарей. По данным BNEF, 55 % литий-ионных батарей сейчас производится в Китае, 10 % — в США. По прогнозам, к 2020 г. мировые мощности производства литий-ионных батарей достигнут 273 ГВт·ч в год. Китай намерен не потерять контроль над ситуацией во время этого роста, планирует довести свою долю на этом рынке к 2020 г. до 65 %. В отличие от остального мира в Китае нет ведущих производителей батарей. Это отдельные компании, и сейчас в стране планируют консолидировать их. Страна хочет уже к 2020 г. выпустить на дороги 5 млн электромобилей, а для этого нужна синхронизированная работа производителей компонентов электромобилей. Как следствие роста объемов выпуска батарей, будет неизбежное падение их себестоимости и цен, что даст толчок дальнейшему расширению рынка электромобилей.

Ныне выпускаемые литий-ионные батареи, как по коммерческим, так и по техническим характеристикам далеки от совершенства, плюс ко всему они небезопасны. Все исходное сырье для литий-ионных аккумуляторов находится в дефиците, следовательно, они дорогие. Для электротранспорта нужны крупногабаритные, высокоэнергоемкие аккумуляторы, то и применяемые материалы для него должны быть дешевыми. В лабораториях по всему миру сейчас развер-

нуты масштабные наукоемкие исследования по усовершенствованию батарей, удешевлению их производства. Основные направления исследований — это повышение удельной энергоемкости и сокращение времени подзарядки аккумуляторов.

Льготы и субсидии покупателям

Электромобили пока дороже бензиновых на 40—60 %, что является основным сдерживающим фактором роста их продаж. Наблюдается общая закономерность — продажа и парк электромобилей скачкообразно растет в тех странах, где реализуется государственная политика поддержки экологически чистых видов транспорта. Поддержка проявляется как в оказании материальной помощи при покупке транспортных средств, так и в развитии доступной инфраструктуры для их обслуживания (табл. 4).

Практику налоговой стимуляции покупки электрокар применяют в 15 из 27 государств — членов ЕС. Одну из наиболее сильных систем государственной поддержки электрического транспорта имеет Норвегия, где бензин стоит 1,7 евро, что в среднем в 3 раза выше, например, чем в США или в России. Обширная поддержка "зеленого транспорта" приводит к тому, что они при прочих равных сто́ят столько же, или даже порой дешевле, чем их одноклассники с ДВС. Например, Tesla Model X в сопоставимой комплектации в стране дешевле чем BMW X5, Nissan Leaf стоит столько же, как и дизельный Volkswagen Golf. Для покупателя приобретение электрокара выгоднее, чем бензинового, объем прямого стимула доходит до половины цены авто — до 25 тыс. долларов. Правительство страны планирует ввести запрет на продажу дизельных и бензиновых автомобилей уже в 2025 г. В то же время Норвегия является

Таблица 4

Льготы и дотации покупателям электромобилей в некоторых странах

Страна	Описание льгот и субсидий
Норвегия	Импортная пошлина 0 %. Отменен налог на покупку, ежегодный регистрационный сбор, налог для корпоративных авто, плата за дорогу, ставка НДС равна нулю. Зарядка на станциях с мощностью менее 22 кВт бесплатно. Парковка бесплатно. Проезд на платных дорогах, в паромах не взимается. Налог с владельцев транспортных средств ниже в несколько раз. Разрешено движение по выделенным полосам общественного транспорта. Регистрационный налог уплачивается по плавающей шкале с надбавкой к сумме произведенных выбросов. С 2009 г. реализуется правительственная Программа установки зарядных станций. Закупка электрического транспорта для муниципальных нужд
Великобритания	Годовые налоги уменьшают на сумму, составляющую до 1/4 стоимости машины (но не более $7800), при покупке коммерческого электромобиля налоговая льгота до 20 % (не более $12 500). В Лондоне бесплатная парковка в определенных местах, а также бесплатная 4-часовая зарядка автомобиля
Португалия	Субсидия в размере 5000 евро, освобождение от регистрационного сбора
Дания	Льготы по налогу на доходы, не платят сбор при регистрации, бесплатная парковка в Копенгагене
США	Дотация в размере 25 % стоимости машины (не более $7500), налоговые льготы на сумму в размере 50 % от цены "зарядки" (до $2 тыс.)
Япония	Отменен единовременный налог на покупку, и ежегодный транспортный сбор. В результате стоимость автомобиля снижается в среднем на 45 %
Нидерланды	Освобождены от уплаты налога при регистрации и сбора за пользование дорогами. Отдельные места в паркингах с зарядкой
Германия	Субсидии в 4 тыс. евро при покупке электромобиля и 3 тыс. при покупке гибрида
Франция	Эко-бонусы покупателям транспорта с низкими выбросами — до 6300 евро. Компенсацию в размере до €10 тыс. при замене автомобиля старше 13 лет электромобилем, и €6,5 тыс. — гибридом
Украина	Налоговая скидка в размере стоимости электромобиля, отменен НДС и акциз в размере 109 евро на импорт электрокара до 1 января 2020 г.
Эстония	Дотация в размере 50 % стоимости автомобиля (не более 18 тыс. евро), 1 тыс. евро для приобретения и монтажа зарядного устройства
Россия	Субсидии производителям электротранспорта (КАМАЗ и ГАЗ) — по 900 млн руб. ежегодно до 2025 г. Бесплатная парковка в Москве и Санкт-Петербурге

лидером по запасам нефти и газа в Европе, а доля углеводородов в экспорте составляет около 40 %. В 2018 г. доля электромобилей в объеме продаж легковых машин в этой нефтедобывающей стране достигла рекордных 49,1 %, а в 2014 г. она была лишь 12 %. Продажи дизельных автомобилей продолжают падать. Если в 2017 г. их доля составила 23,1 %, то в 2018 г. она снизилась до 17,7 % [15]. Парк электромобилей страны уже достиг 200 тыс. (6 % парка). В стране огромная сеть бесплатных зарядных станций — порядка 10 тыс. пунктов. 80 % станций не являются скоростными. Такие зарядные станции, в отличие от более мощных, являются бесплатными. На миллион жителей Норвегии приходится 7,3 электрозаправок, тогда как в США, например, этот показатель равен 2,1, в Дании — 1,9. Кроме того, у 96 % владельцев электрокар дома имеются персональные зарядные станции. Быть владельцем электромобиля в Норвегии выгодно. По подсчетам экспертов Gronn Bil, используя электромобиль, житель Осло экономит в год в среднем 3336 евро. Общий объем государственных субсидий в поддержку электромобилей оценивается в 5 млрд долларов. Пример Норвегии показывает, что большие запасы ископаемого топлива и суровый климат не являются преградой для развития электрического транспорта.

Среди других стран можно отметить Китай, планирующий довести к 2025 г. долю электромобилей до 20 % в общем объеме продаж. Для автопроизводителей установлена норма: уже в 2018 г. электромобили или гибриды должны составить не менее 8 % годового объема производства фирм. Спустя еще год планка поднимется до 10 %, а в 2020-м — до 12 %. Компании, не выполнившие эти требования, ждут штрафы. Благодаря государственным субсидиям Китай в 2015 г. по объему продаж электромобилей вышел в мировые лидеры. Каждый второй потенциальный покупатель автомобиля в Китае отдает предпочтение электромобилю, что подталкивает автомобильную промышленность приспосабливаться к рыночному спросу. В 2018 г. продажи электромобилей возросли на 60 % и превысили 1,26 млн единиц, плюс еще 275 тыс. электрических автобусов и грузовиков (рис. 7). Число зарядных станций в Китае превысило 280 тыс. штук. За 2018 г. плотность зарядных станций для электромобилей удвоилась: 5,7 электрозаправок на 100 км дорожной сети против 2,5 на 100 км годом ранее.

Китайские производители выпускают и продают на мировом рынке более 100 моделей электромобилей. В первой двадцатке самых продаваемых моделей электрокаров 11 китайского производства, причем 5 одного производителя — BYD, 3 — BAIC. 96 % проданных в КНР электромобилей — местные. Из произведенных электромобилей 63 %, из электробусов 99 % продаются на внутреннем рынке. На долю 6 крупнейших городов (Пекин, Шанхай, Шэньчжэнь, Тяньцзинь, Ханчжоу и Гуанчжоу) приходится 20 % мировых продаж электромобилей. Из продаваемых электрокаров более 75 % это чистые электромобили. Доля электрифицированных машин в продажах в 2018 г. достиг 5 %. Импортные электрические машины облагаются пошлинами, которые недавно были повышены до 40 %, на них также не распространяются меры поддержки.

В Китае сейчас находится 6 из 10 крупнейших мировых компаний, которые освоили массовое производство электромобилей. Более 40 % выпускаемых в мире электромобилей производится в Китае, причем из топ-30 моделей китайские бренды занимают 45 % объема выпуска. Пекин поставил грандиозную задачу: к 2025 г. продавать не менее 7 млн новых электромобилей в год, а к 2040 г. вообще запретить продажи бензиновых и дизельных машин.

Сильный импульс развитию электрического транспорта дают строгие цели снижения выбросов CO_2. Целевой показатель выбросов автомобилей в Китае в 2015 г. был 200 г/км пробега, на 2020 г. он снижен до 119 г/км. В США и странах ЕС целевые показатели выбросов на 2020 г. снижены до 124 и 95 г/км соответственно, т. е. экологические нормативы автомобилям в Китае будут выше, чем в США. Китай, таким образом, стимулирует свою промышленность на производство "зеленых" автомобилей.

В крупных китайских городах вследствие крайне загрязненного воздуха ограничена регистрация автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, поэтому для многих покупателей электромобили становятся альтернативой, тем более что государство предоставляет еще и финансовые льготы. Одна из мер стимулирования электротранспорта — это возможность зарегистрировать купленный электромобиль без очереди. Дело в том, что регистрационные знаки в Китае платные, а стоимость их приобретения зависит от провинции и колеблется от 400 тыс. до 1 млн руб. Так, в Шанхае с 1994 г. стоимость номерных знаков составляет около $14 тыс. Кроме того, установлена очередь на регистрацию, которая длится в среднем 2—3 года. Так, в 2017 г. в Пекине среди 2,9 млн человек, подавших заявку, было разыграно всего лишь 40 тыс. номерных знаков для бензиновых и

дизельных автомобилей. В Китае введена система государственных и провинциальных субсидий покупателям "зеленых" автомобилей, размер которых достигает до 50 тыс. юаней (7700 $). Покупатель электромобиля получает компенсацию в размере около 35 % его розничной стоимости. В Пекине все новые такси должны быть электрическими. В городе установлены 100 тыс. пунктов зарядки аккумуляторов [16]. Государство стимулирует муниципалитеты поддерживать развитие зарядной инфраструктуры путем субсидирования строительства зарядных станций, в рамках реализации градостроительной политики, политики в области землепользования, а также посредством инструментов регулирования цен на электроэнергию. Госсовет Китая поставил задачу построить как минимум одну зарядную станцию на каждые 2 тыс. электромобилей, а к 2020 г. расширить зарядную инфраструктуру для обеспечения потребностей порядка 5 млн электрокаров. Количество зарядных станций в Китае уже превысило 500 тыс. штук. Буквально за 3—5 лет Китаю удалось запустить процесс электрификации транспорта, охватив все его аспекты: производство компонентов и самих и электромобилей, создание сети зарядных станций, сервис и утилизацию аккумуляторов.

Заключение

По аналогии с другими инновационными технологиями, по мере развития конструкций, технологий и инфраструктуры, переход на электрический транспорт приобрел в мире лавинообразный характер. В мире сейчас продается более 2 млн электромобилей в год, что составляет 2,2 % продаж. Темпы роста продаж электромобилей в среднем составляют 60—70 % к предыдущему году. Причем в объеме продаж доля чисто электрических автомобилей дошла 70 %. Определяющими факторами темпов роста производства электромобилей являются тенденции развития технологий аккумуляторных батарей и государственные субсидии и льготы покупателям и производителям электромобилей. При нынешних тенденциях развития тяговых аккумуляторов к 2020 г. цены электромобилей снизятся до уровня цен автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями. Электромобиль ввиду своей высокой технологичности, экологичности способствует сдвигу всей экономики в сторону энергоэффективных, наукоемких технологий, что должно быть принято во внимание при выборе стратегии развития транспорта будущего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Дворецков А. С.** 2.1 млн электромобилей продано в мире в 2018 году. URL: http://www.e-vesti.ru/ru/2-1-mln-elektromobilej-prodano-v-mire-v-2018-godu (дата обращения: 7.05.2019 г.).
2. **Общее** количество электромобилей в мире превысило отметку 2 млн экземпляров. URL: https://itc.ua/blogs/obshhee-kolichestvo-elektromobiley-v-mire-prevyisilo-otmetku-2-mln-ekzemplyarov-iz-kotoryih-1-2-mln-chistyih-elektromobiley-i-0-8-mln-podklyuchaemyih-gibridov (дата обращения: 10.11.2018 г.).
3. **Гоголадзе О.** Рынок электромобилей раскручивается, как маховик. URL: https://hightech.plus/2018/08/31/rinok-elektromobilei-raskruchivaetsya-kak-mahovik (дата обращения: 30.05.2019 г.).
4. **Статистика** продаж электромобилей. URL: https://zen.yandex.ru/media/iap_zts/statistika-prodaj-elektromobilei-na-avgust-2018-goda-v-evrope-ssha-kitae-i-rossii-5b85865aecb00d00aa4a3d0c (дата обращения: 30.05.2019 г.).
5. **Рост по всем фронтам:** продажи электромобилей и гибридов. URL: https://hevcars.com.ua/reviews/globalnyie-prodazhi-elektrokarov-v-pervom-kvartale-2018-goda (дата обращения: 23.11.2018 г.).
6. **Сидорович В.** 80 % городских автобусов в мире будут электрическими к 2040 году. URL: http://renen.ru/80-of-city-buses-in-the-world-will-be-electric-by-2040/ (дата обращения: 6.12.2018 г.).
7. **Гоголадзе О.** Число электромобилей в мире превысило 3 миллиона. URL: https://hightech.plus/2018/05/31/cherez-dva-goda-kolichestvo-elektromobilei-na-dorogah-utroitsya (дата обращения: 18.10.1018 г.).
8. **Электромобили** (мировой рынок). URL: http://renen.ru/80-of-city-buses-in-the-world-will-be-electric-by-2040/ (дата обращения: 6.03.2019 г.).
9. **Автопроизводители** уже инвестировали в электромобили более $90 млрд. http://www.tadviser.ru/index.php (дата обращения: 16.05.2019 г.).
10. **Электрические автобусы** в городах: сравнительная экономика. URL: http://renen.ru/electric-buses-in-the-cities-comparative-economics/ (дата обращения: 8.12.2018 г.).
11. **Четыре мифа** об электромобилях и веке бензина. URL: https://republic.ru/biz/1106503 (дата обращения: 28.10.2017 г.).
12. **Потребление** литий-ионных батарей в России. Потребительский сектор и батареи для транспорта. Виденье и перспективы. URL: http://alexmasanov.ru/blog/litium-ion-batteryin-russia (дата обращения: 16.10.2018 г.).
13. **Гайдукевич Д.** Аккумуляторы для автомобилей: заявлено о революционном прорыве. URL: https://auto.mail.ru/article/72409-akkumulyatory_dlya_avtomobilei_zayavleno_o_revolyucionnom_proryve (дата обращения: 28.04.2019 г.).
14. **Иванов С.** Нефтяной гигант BP инвестирует $20 миллионов в технологию ультрабыстрой зарядки электрокаров. URL: http://evmode.ru/2018/05/23/neftyanoy (дата обращения: 7.05.2019 г.).
15. **Сидорович В.** Почти половина автомобилей, проданных в Норвегии в 2018 году, — подключаемые электрические. URL: http://renen.ru/almost-half-of-cars-sold-in-norway-in-2018-are-plug-in-electric/ (дата обращения: 14.05.2019 г.).
16. **Цзянь Я.** Должен ли будет Пекин доплачивать упрямым потребителям, чтобы они покупали электромобили? // Automotive News, 12.05.2017.
17. **Климов К.** Электробусный бум. URL: http://www.gruzovikpress.ru/article/13760 (дата обращения: 15.05.2019 г.).

УДК 621.436, 662.754, 665.11

В. А. Марков, д-р техн. наук, профессор, МГТУ им. Н. Э. Баумана, e-mail: vladimir.markov58@yandex.ru,
В. Г. Камалтдинов, д-р техн. наук, профессор, Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ), e-mail: vkamaltdinov@yandex.ru, **А. Д. Денисов,** ст. преподаватель, Коломенский институт (филиал) ФГБОУ ВО "Московский политехнический университет", e-mail: dad_888@mail.ru,
Л. И. Быковская, канд. техн. наук, доцент, МГТУ им. Н. Э. Баумана, e-mail: lbykovskaya@yandex.ru

ЭМУЛЬГИРОВАННЫЕ БИОТОПЛИВА ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

В статье рассмотрена возможность работы дизельного двигателя при его питании эмульгированными биотопливами. Приведены результаты экспериментальных исследований дизеля типа Д-245 (4 ЧН 11/12,5), работающего на этих топливах. Исследованы эмульсии нефтяного дизельного топлива, рапсового масла и воды. По результатам испытаний проведена оценка эффективности использования этих эмульсий в качестве моторного топлива для дизелей.

Ключевые слова: *дизельный двигатель, нефтяное дизельное топливо, рапсовое масло, эмульгированное топливо, многокомпонентная эмульсия, показатели токсичности отработавших газов.*

The article considers an opportunity of diesel engine operation when it is supplied with emulsified biofuels. The results of experimental studies of diesel type D-245 (4 ChN 11/12.5) operating on these fuels are presented. Emulsions of petroleum diesel fuel, rapeseed oil and water are studied. According to the test results the efficiency of using these emulsions as a motor fuel for diesel engines was evaluated.

Keywords: *diesel engine, petroleum diesel fuel, rapeseed oil, emulsified fuel, multicomponent emulsion, indicators of toxicity of the exhaust gases.*

В настоящее время тепловые двигатели обеспечивают производство около 80 % всей энергии, вырабатываемой в мире. Они потребляют около 70 % производимого в стране жидкого нефтяного топлива. При этом около 80 % энергии, создаваемой тепловыми двигателями, производится поршневыми и комбинированными двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Повсеместное применение двигателей внутреннего сгорания объясняется широкими возможностями использования этих двигателей в самых различных областях — на автомобильном и железнодорожном транспорте, в сельскохозяйственных машинах, в строительно-дорожных и лесопромышленных машинах, в судостроении, в авиации, в стационарных энергетических установках различного назначения (двигатель-генераторные установки, компрессорные установки, газоперекачивающие станции и др.).

Как основной источник энергии для транспортных средств ДВС является и основным потребителем моторных топлив, при сгорании которых образуются вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу. Двигатели внутреннего сгорания играют существенную роль в загрязнении окружающей среды — они являются одним из главных источников токсичных веществ, загрязняющих атмосферу, водоемы, почву. В частности, доля автомобильного транспорта в выбросе вредных веществ в атмосферу составляет в США 60,6 %, в Англии — 33,5 %, во Франции — 32 %. Особенно тяжелая экологическая обстановка складывается в крупных городах. Например, в Москве годовые суммарные выбросы вредных веществ в автотранспортом комплексе достигают 1,7 млн т [1]. Поэтому одним из приоритетных направлений совершенствования двигателей внутреннего сгорания является улучшение их экологических показателей, в первую очередь — показателей токсичности отработавших газов (ОГ).

Необходимо отметить, что мировые и национальные запасы нефтяных месторождений непрерывно сокращаются, вновь открываемые месторождения ископаемых углеводородов уже не компенсируют истощение имеющихся нефтяных ресурсов. Большие объемы нефти, добываемой в России, экспортируются в страны Европы и Азии. Часть добываемой нефти используется в нефтехимической промышленности. Поэтому на современном этапе развития двигателестроения проводятся интенсивные поиски энергоносителей, способных заменить нефтяные моторные топлива. Все большее распространение получают различные альтернативные моторные топлива [1, 2]. В качестве перспективных альтернативных

топлив рассматриваются синтетические топлива, получаемые из природного газа, каменного угля, горючих сланцев и других ископаемых ресурсов, газомоторные топлива — природный газ, водород, биогаз, спиртовые топлива, эфиры и др. Наиболее перспективны альтернативные моторные топлива, вырабатываемые из возобновляемых сырьевых ресурсов.

Значительной сырьевой базой для производства альтернативных моторных топлив является биомасса. Ежегодно в мире образуется 170—200 млрд т растительной биомассы (в пересчете на сухую массу), что энергетически эквивалентно 70—80 млрд т нефти [1]. В настоящее время для нужд энергетики используется лишь небольшая ее часть. Применительно к дизельным двигателям перспективным сырьевым ресурсом являются растительные масла. В настоящее время ежегодно в мире производится более 100 млн т различных растительных масел. Около четверти всего объема вырабатываемых растительных масел приходится на рапсовое масло [3, 4]. Причем для производства моторных топлив могут быть использованы технические, низкосортные, просроченные и фритюрные растительные масла [5, 6].

В качестве топлива для дизелей нашли применение различные растительные масла и их производные — метиловый, этиловый и бутиловый эфиры [7, 8]. Несмотря на проблемы, возникающие при работе дизелей на растительных маслах (их высокая вязкость, а также возникающие при длительной работе на этих маслах коксование распылителей и деталей, образующих камеру сгорания, нарушение подвижности поршневых колец), продолжаются исследования работы дизелей на этих биотопливах и их смесях с другими топливами [1, 3, 9—11].

Одним из важных аспектов использования растительных масел и топлив на их основе в качестве моторного топлива является возможность улучшения показателей токсичности ОГ дизелей, работающих на этих топливах [12, 13]. Это обусловлено значительным содержанием в молекулах растительных масел атомов кислорода (10—12 %), участвующих в процессах окисления (горения) топлива, и отсутствием в них серы и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Поэтому при работе дизелей на растительных маслах или произведенных из них топлив в отработавших газах содержится очень небольшое количество продуктов неполного сгорания топлива (в первую очередь сажи), оксидов серы, ПАУ и ряда других вредных веществ. Дополнительное снижение выбросов сажи, а также уменьшение выбросов оксидов азота может быть достигнуто при добавлении в биотоплива воды. Использование водотопливных эмульсий относится к немногочисленным методам снижения токсичности отработавших газов, позволяющим одновременно уменьшить выбросы оксидов азота и дымность ОГ [2, 12]. В связи с этим целесообразным представляется использование эмульсий воды и биотоплив (растительные масла и их производные). Эти биотоплива и в чистом виде отличаются хорошими экологическими качествами, а их эмульсии с водой обладают еще лучшими экологическими характеристиками. К тому же добавка воды в биотопливо позволяет решить проблему коксования деталей, образующих камеру сгорания дизеля и закоксовывание распыливающих отверстий форсунок. Это подтверждается проведенными исследованиями дизелей на эмульсиях растительных масел и их производных с водой [14—16]. Однако в этих исследованиях недостаточное внимание уделено вопросам влияния свойств этих эмульсий на показатели токсичности ОГ.

Следует отметить, что в связи с поэтапным введением все более жестких норм на выбросы вредных веществ с ОГ дизелей транспортного и автотракторного назначения и необходимостью выполнения ограничений на токсичность их ОГ экологические показатели двигателей внутреннего сгорания становятся приоритетными. Поэтому реализация мероприятий по снижению токсичных выбросов зачастую сопровождается ухудшением показателей топливной экономичности. Примерами реализации таких мероприятий являются уменьшение угла опережения впрыскивания топлива — УОВТ (позднее впрыскивание) и организация рециркуляции ОГ с целью снижения выброса оксидов азота, которые часто сопровождаются увеличением расхода топлива.

Среди нормируемых газообразных токсичных компонентов ОГ дизелей (оксиды азота NO_x, монооксид углерода CO, несгоревшие углеводороды CH_x) наиболее значимыми являются оксиды азота NO_x. Их доля в суммарных токсичных выбросах дизелей составляет от 30 до 80 % по массе и от 60 до 95 % по эквивалентной токсичности [12]. Другим важнейшим токсичным компонентом ОГ дизелей считаются твердые частицы, основным компонентом которых является сажа (углерод C). Причем, выбросы твердых частиц хорошо коррелируются с дымностью ОГ — известны корреляционные зависимости, связывающие выброс твердых частиц с дымностью ОГ. Высокая потен-

циальная опасность твердых частиц обусловлена не их основным компонентом — углеродом С, а способностью аккумулировать на своей поверхности многие известные канцерогены и мутагены, а также незначительными размерами частиц, позволяющими им проникать в органы дыхания человека и накапливаться в них. Еще два нормируемых токсичных компонента — монооксид углерода СО и легкие несгоревшие углеводороды CH_x имеют значительно меньшую токсикологическую значимость. Так, в соответствии с данными работы [12] токсикологическая значимость СО, NO_x, CH_x, твердых частиц и оксидов серы SO_x оценивается как отношение 1:41,1:3,16:200:22. Кроме того, выброс СО и CH_x значительно снижается при использовании средств очистки ОГ (установкой нейтрализаторов) [12]. Таким образом, при оценке токсичности ОГ необходимо использовать, в первую очередь, данные по выбросам оксидов азота (например, их удельный массовый выброс e_{NO_x}) и дымности ОГ (например, дымность по шкале Хартриджа K_X).

Для оценки возможности улучшения показателей топливной экономичности и токсичности ОГ при использовании двухкомпонентных и многокомпонентных эмульгированных биотоплив проведены экспериментальные исследования дизеля типа Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5), выпускаемого Минским моторным заводом и устанавливаемого на малотоннажные грузовые автомобили ЗИЛ-5301 "Бычок". В этом дизеле, имеющем полуразделенную камеру сгорания типа ЦНИДИ, организовано объемно-пленочное смесеобразование. Дизель Д-245.12С имел топливную систему, которая включала топливный насос высокого давления (ТНВД) фирмы Motorpal типа PP4M10U1f с диаметром плунжеров $d_{пл}$ = 10 мм и их полным ходом $h_{пл}$ = 10 мм, топливопроводы высокого давления длиной $L_т$ = 540 мм и форсунки ФДМ-22, которые были отрегулированы на давление начала впрыскивания $p_{фо}$ = 21,0 МПа.

Моторный стенд был оборудован комплектом необходимой измерительной аппаратуры. Дымность ОГ измерялась с помощью дымомера МК-3 фирмы Hartridge (Великобритания) с погрешностью измерения ±1 %, а концентрации в ОГ оксидов азота NO*x*, монооксида углерода СО, легких несгоревших углеводородов CH_x в ОГ — газоанализатором SAE-7532 японской фирмы Yanaco с погрешностями измерения указанных компонентов ±1 %.

Дизель испытывался на чистом дизельном топливе (ДТ) и на эмульгированных топливах. Исследовано два вида многокомпонентных эмульсий. Первая из них была получена путем смешивания двух объемных частей нефтяного дизельного топлива (ДТ) марки Л по ГОСТ 305—2013 и одной объемной части эмульсии, содержащей 70 % (об.) рапсового масла (РМ) и 30 % воды. В результате эмульсия № 1 содержала 67 % ДТ (об.), 23 % РМ и 10 % воды. Вторая многокомпонентная эмульсия представляла собой смесь четырех объемных частей дизельного топлива марки Л по ГОСТ 305—2013 и трех объемных частей эмульсии, содержащей 70 % (об.) рапсового масла и 30 % воды. Эта эмульсия № 2 содержала 57 % ДТ (об.), 30 % РМ и 13 % воды. Необходимо отметить, что указанная исходная эмульсия РМ и воды хорошо смешивалась с нефтяным дизельным топливом без привлечения дополнительных устройств для смешивания этих компонентов. Физико-химические свойства исследуемых топлив представлены в табл. 1 [17, 18].

Следует отметить, что добавка воды в смесь нефтяного дизельного топлива и рапсового масла снижает вязкость такого эмульгированного биотоплива. Это позволяет приблизить свойства эмульгированного биотоплива к свойствам традиционного нефтяного ДТ. Это, в свою очередь, облегчает организацию процессов топливоподачи, распыливания топлива, смесеобразования и последующего сгорания.

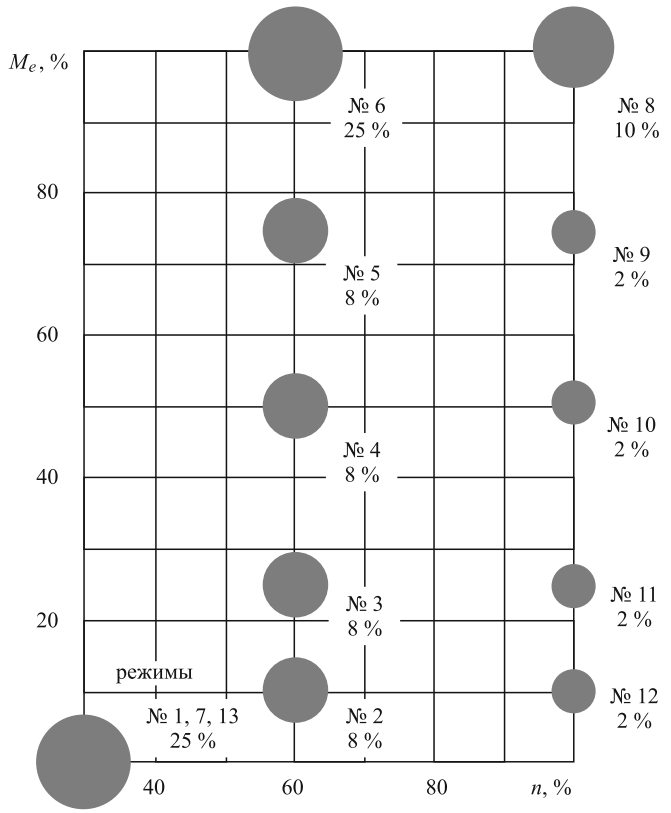
На первом этапе экспериментальных исследований дизеля типа Д-245.12С проведены его испытания на режимах внешней скоростной характеристики. На втором этапе испытаний исследованы нагрузочные режимы 13-режимного испытательного цикла ЕСЕ R49 Правил 49 ЕЭК ООН (рис. 1). Полученные экспериментальные данные по дизелю типа Д-245.12С, работающему на режимах 13-режимного цикла, использованы для определения удельных массовых выбросов оксидов азота e_{NO_x}, монооксида углерода e_{CO} и несгоревших углеводородов e_{CH_x}, а также условного среднего на режимах этого цикла удельного эффективного расхода топлива $g_{e\ усл}$ и условного эффективного КПД дизеля $\eta_{e\ усл}$. В табл. 2 приведены результаты проведенных исследований.

Данные табл. 2 подтверждают возможность улучшения экологических показателей транспортного дизеля при его работе на исследуемых многокомпонентных эмульгированных биотопливах. При этом в качестве основных экологических показателей рассматриваются выбросы оксидов азота e_{NO_x} и дымность ОГ K_X (выброс сажи С).

Таблица 1

Физико-химические свойства нефтяного дизельного топлива, воды и эмульгированных топлив

Физико-химические свойства	Топлива				
	ДТ	РМ	Вода	Эмульсия № 1 (67 % ДТ, 23 % РМ и 10 % воды)	Эмульсия № 2 (57 % ДТ, 30 % РМ и 13 % воды)
Плотность при 20 °С, кг/м^3	830	916	998,2	866,6	877,7
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм^2/с	3,8	75,0	1,006	8,4	9,5
Коэффициент поверхностного натяжения при 20 °С, мН/м	27,1	33,2	72,7	—	—
Теплота сгорания низшая, МДж/кг	42,5	37,3	—	36,75	35,07
Цетановое число	45	36	—	—	—
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	14,3	12,5	—	12,46	11,92
Содержание, % по массе					
C	87,0	77,0		74,8	71,4
H	12,6	12,0		11,0	10,5
O	0,4	11,0		2,7	3,4
H_2O	0	0	100	11,5	14,7
Примечание: "—" — свойства не определялись; для смесей ДТ, РМ и воды указано объемное процентное содержание компонентов.					



Именно эти два токсичных компонента ОГ дизелей являются наиболее токсикологически значимыми [12].

Благоприятное сочетание показателей топливной экономичности и токсичности ОГ дизеля типа Д-245.12С получено при использовании эмульсии, содержащей 57 % нефтяного дизельного топлива, 30 % рапсового масла и 13 % воды (по объему). При работе дизеля на режимах 13-режимного цикла и переходе с ДТ на эту эмульсию удельный массовый выброс оксидов азота e_{NO_x} уменьшился с 6,610 до 5,552 г/(кВт·ч). Одновременно на режиме максимальной мощности дымность ОГ

Рис. 1. Стационарный европейский 13-режимный цикл (нормы ECE R49), используемый для оценки токсичности ОГ дизелей автомобилей средней и большой грузоподъемности — с полной массой более 3,5 т. Возле каждого режима, обозначенного кружком, показан его номер и приведена доля времени каждого режима в процентах общего времени эксплуатации:

n — число оборотов вала двигателя, характеризующее скоростной режим; M_e — крутящий момент на валу двигателя, характеризующий нагрузочный режим; параметры n и M_e выражены в процентах от полных скоростного и нагрузочного режимов

Таблица 2

Показатели дизеля типа Д-245.12С, работающего на нефтяном дизельном топливе и на многокомпонентных эмульгированных биотопливах

Показатели дизеля	Вид топлива		
	ДТ	Эмульсия № 1 (67 % ДТ, 23 % РМ и 10 % воды)	Эмульсия № 2 (57 % ДТ, 30 % РМ и 13 % воды)
Часовой расход топлива $G_т$, кг/ч	17,42/12,25	18,07/12,01	17,97/12,20
Крутящий момент M_e, Н·м	271/355	254/327	238/315
Дымность ОГ K_X, % по шкале Хартриджа	16,0/28,0	10,0/19,0	7,5/15,5
Удельный эффективный расход топлива g_e, г/(кВт·ч)	255,5/219,7	283,1/233,9	300,2/246,3
Эффективный кпд дизеля η_e	0,332/0,386	0,346/0,419	0,342/0,417
Условные (средние) показатели топливной экономичности дизеля на режимах 13-режимного цикла: эффективный расход топлива $g_{e\,усл}$, г/(кВт·ч) эффективный кпд $\eta_{e\,усл}$	 248,12 0,341	 260,79 0,376	 273,82 0,374
Интегральные удельные выбросы токсичных компонентов на режимах 13-режимного цикла, г/(кВт·ч): оксиды азота e_{NO_x} монооксид углерода, e_{CO} несгоревшие углеводороды, e_{CH_x}	 6,610 3,612 1,638	 6,153 2,988 2,543	 5,552 3,316 2,071

Примечание: в числителе указаны параметры дизеля на режиме максимальной мощности, в знаменателе — на режиме максимального крутящего момента.

сократилась с 16,0 до 7,5 % по шкале Хартриджа, а на режиме максимального крутящего момента — с 28,0 до 15,5 % по шкале Хартриджа. При этом условный эффективный кпд дизеля $\eta_{e\,усл}$ повысился с 0,341 до 0,374, или на 9,7 %, что свидетельствует о повышении эффективности процесса сгорания эмульгированного биотоплива.

Рост эффективности процесса сгорания (увеличение эффективного кпд дизеля η_e) и снижение дымности ОГ K_X при работе на эмульгированных топливах объясняется улучшением качества процесса смесеобразования за счет возникновения так называемых "микровзрывов", наблюдающихся при повышенных температурах в камере сгорания дизеля [1]. Их появление обусловлено тем, что капли эмульгированного топлива состоят из частиц топлива, внутри которых располагается большое количество хаотически движущихся включений воды. При температурах, превышающих температуру кипения воды (при $t > 100$ °С), эти включения быстро испаряются, что приводит к микротурбулизации топливовоздушной смеси, снижению расхода топлива, уменьшению содержания в ОГ сажевых частиц. Кроме того, присутствие значительного количества паров воды в зонах камеры сгорания с недостатком кислорода препятствует крекингу топлива при высоких температурах, а также способствует газификации образовавшегося ранее углерода, что также приводит к значительному уменьшению сажеобразования.

Наблюдаемое при подаче воды в цилиндры дизеля снижение температур сгорания, вызванное повышенной теплотой парообразования воды ($Q_П$ = 2260 кДж/кг при t = 100 °С; у дизельных топлив — $Q_П$ = 220—300 кДж/кг), благоприятно сказывается на выбросах с ОГ оксидов азота. Отмеченный при испытаниях дизеля типа Д-245.12С рост выбросов несгоревших углеводородов может быть легко устранен при установке в выпускной системе дизеля каталитического нейтрализатора, эффективно очищающего ОГ от содержащихся в них монооксида углерода и несгоревших углеводородов.

Для оценки влияния наличия воды в исследуемых топливах на экологические показатели дизеля был проведен сравнительный анализ данных, полученных для смесей нефтяного дизельного топлива и для многокомпонентных эмульгированных биотоплив. Результаты этого анализа представлены в табл. 3 и на рис. 2. Из приведенных

Таблица 3

Экологические показатели дизеля типа Д-245.12С, работающего на нефтяном дизельном топливе, смесях нефтяного дизельного топлива с рапсовым маслом и на многокомпонентных эмульгированных биотопливах

Показатели дизеля	Вид топлива					
	ДТ	Смесь 90 % ДТ и 10 % РМ	Смесь 80 % ДТ и 20 % РМ	Смесь 70 % ДТ и 30 % РМ	Эмульсия № 1 (67 % ДТ, 23 % РМ, 10 % воды)	Эмульсия № 2 (57 % ДТ, 30 % РМ, 13 % воды)
Интегральные удельные выбросы оксидов азота eNO_x на режимах 13-режимного цикла, г/(кВт·ч)	6,610	6, 505	6,357	6,168	6,153	5,552
Дымность ОГ K_X, % по шкале Хартриджа	16,0	15,0	13,5	12,0	10,0	7,5

данных следует, что снижение выбросов оксидов азота с ОГ исследуемого дизеля, работающего на многокомпонентных эмульсиях, обусловлен наличием в их составе рапсового масла и воды. При этом добавление в нефтяное дизельное топливо 30 % РМ приводит к снижению выбросов оксидов азота с 6,610 до 6,186 г/(кВт·ч), т. е. на 6,4 %, а перевод дизеля с нефтяного дизельного топлива на эмульсию № 2 сопровождается уменьшением выбросов NO_x с 6,610 до 5,552 г/(кВт·ч), т. е. на 16,0 %. Таким образом, наличие воды в многокомпонентном эмульгированном биотопливе оказывает на эмиссию оксидов азота существенно большее влияние, чем наличие в нем рапсового масла.

В меньшей степени это относится к дымности ОГ. При работе дизеля на режиме максимальной мощности его перевод с нефтяного дизельного топлива на смесь 70 % ДТ и 30 % РМ сопровождается снижением дымности с 16,0 до 12,0 % по шкале Хартриджа, т. е. на 25 %. Замена нефтяного ДТ на эмульсию № 2 приводит на этом режиме к уменьшению дымности с 16,0 до 7,5 % по шкале Хартриджа, т. е. на 53,1 %. Таким образом, влияние содержания в эмульсии № 2 рапсового масла и воды на дымность ОГ оказалось соизмеримым.

В целом, проведенный комплекс экспериментальных и расчетных исследований подтвердил возможность и эффективность использования многокомпонентных эмульгированных топлив, содержащих нефтяное дизельное топливо, рапсовое масло и воду в транспортных дизелях. Адаптация дизеля типа Д-245.12С на этих эмульсиях позволила повысить эффективный кпд дизеля и улучшить экологические показатели двигателя. Использование этих топлив не только обеспечило улучшение показателей токсич-

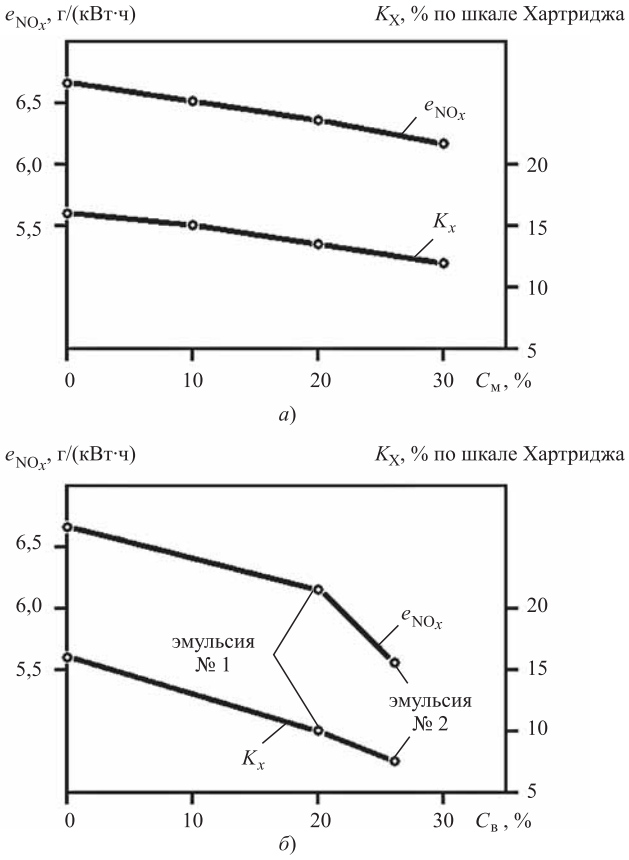


Рис. 2. Зависимость удельных массовых выбросов оксидов азота e_{NO_x} на режимах 13-режимного цикла норм ECE R49 и дымности ОГ K_X на режиме максимальной мощности дизеля типа Д-245.12 от состава применяемого топлива:

а — при работе дизеля на смесях нефтяного дизельного топлива с рапсовым маслом; *б* — при работе дизеля на эмульсиях нефтяного дизельного топлива, рапсового масла и воды; $C_м$ — объемное содержание рапсового масла в смесевом топливе; $C_м$ — объемное содержание воды в эмульгированном топливе

ности ОГ двигателя, но и позволило приблизить свойства биотоплив к свойствам традиционного нефтяного ДТ. В частности, добавка воды в смесь нефтяного ДТ и рапсового масла снижает вязкость такого эмульгированного биотоплива. Это, в свою очередь, облегчает организацию процессов топливоподачи, распыливания топлива, смесеобразования и последующего сгорания.

Наличие воды и рапсового масла в исследованных многокомпонентных эмульгированных биотопливах позволяет значительно улучшить экологические показатели дизеля. При испытаниях дизеля отмечено снижение выбросов наиболее значимых токсичных компонентов ОГ — оксидов азота и дымности отработавших газов. Причем вода, содержащаяся в многокомпонентном эмульгированном биотопливе, оказывает на эмиссию оксидов азота существенно большее влияние, чем наличие в нем рапсового масла. Влияние содержания в исследованных эмульсиях рапсового масла и воды на дымность ОГ оказалось соизмеримым.

Следует также отметить, что адаптация двигателей к работе на многокомпонентных биотопливах решает проблему использования местных сырьевых ресурсов в качестве моторного топлива. Так, в сельскохозяйственных комплексах, специализирующихся на животноводстве, при производстве жмыха для корма животных образуется избыток растительных масел, которые можно использовать как компонент моторного топлива. Это позволяет комплексно использовать сельскохозяйственную продукцию и упрощает снабжение транспортных средств и сельскохозяйственной техники необходимыми моторными топливами [19, 20].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Альтернативные топлива** для двигателей внутреннего сгорания / А. А. Александров, И. А. Архаров, В. А. Марков и др. Под ред. А. А. Александрова, В. А. Маркова. — М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2012. — 791 с.
2. **Льотко В., Луканин В. Н., Хачиян А. С.** Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. — М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. — 311 с.
3. **Марков В. А., Девянин С. Н., Семенов В. Г., Шахов А. В., Багров В. В.** Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях. — М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2011. — 536 с.
4. **Марков В. А., Девянин С. Н., Зыков С. А., Гайдар С. М.** Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания. М.: НИЦ "Инженер" (Союз НИО), 2016. 292 с.
5. **Hamasaki K., Tajima H., Takasaki K.** et al. Utilization of Waste Vegetable Oil Methyl Ester for Diesel Fuel // SAE Technical Paper Series. — 2001. — No. 2001-01-2021. — P. 1—6.
6. **Morimune T., Yamaguchi H., Konishi K.** Exhaust Emissions and Performance of Diesel Engine Operating on Waste Food-Oil // Transactions of the JSME. Ser. B. 2000. Vol. 66. № 641. P. 294—299.
7. **Васильев И. П.** Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля. — Луганск: Изд-во Восточноукраинского университета им. В. Даля, 2009. — 240 с.
8. **Техника и технологии** производства и переработки растительных масел / С. А. Нагорнов, Д. С. Дворецкий, С. В. Романцова и др. — Тамбов: Издательство ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. — 96 с.
9. **Babu A. K., Devaradjane G.** Vegetable Oils and their Derivatives as Fuels for CI Engines: an Overview // SAE Technical Paper Series. — 2003. — No. 2003-01-0767. — P. 1—18.
10. **Yoshimoto Y., Onodera M., Tamaki H.** Performance and Emission Characteristics of Diesel Engines Fueled by Vegetable Oils // SAE Technical Paper Series. — 2001. — No. 2001-01-1807/4227. — P. 1—8.
11. **Spessert B. M., Arendt I., Schlelcher A.** Influence of RME and Vegetable Oils on Exhaust Gas and Noise Emissions of Small Industrial Diesel Engines // SAE Technical Paper Series. — 2004. — No. 2004-32-0070. — P. 1—15.
12. **Марков В. А., Баширов Р. М., Габитов И. И.** Токсичность отработавших газов дизелей. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 376 с.
13. **Парсаданов И. В.** Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе комплексного топливно-экологического критерия. — Харьков: Изд-во ХПИ, 2003. — 244 с.
14. **Yoshimoto Y., Onodera M., Tamaki H.** Performance of a Diesel Engine Using Transesterified Fuel from Vegetable Oil (Effects of Water Emulsification) // Transactions of the JSME. Ser. B. — 2001. — Vol. 67. — No. 653. — P. 264—271.
15. **Kinoshita E., Hamasaki K., Kitte M., Kameda A.** Diesel Combustion Characteristics of Emulsified Palm Oil Methyl Ester // Transactions of the JSME. Ser. B. — 2007. — Vol. 73. — No. 733. — P. 1965—1971.
16. **Yoshimoto Y., Tamaki H.** Reduction of NO_x and Smoke Emissions in a Diesel Engine Fueled by Biodiesel Emulsion Combined with EGR // SAE Technical Paper Series. — 2001. — No. 2001-01-0649. — P. 1—9.
17. **Марков В. А., Зыков С. А., Лобода С. С.** Использование многокомпонентных эмульгированных биотоплив в дизелях. Часть 1 // Грузовик. — 2017. — № 6. — С. 16—20.
18. **Марков В. А., Зыков С. А., Лобода С. С.** Использование многокомпонентных эмульгированных биотоплив в дизелях. Часть 2 // Грузовик. — 2017. — № 7. — С. 41—46.
19. **Девянин С. Н., Марков В. А., Семенов В. Г.** Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. — М.: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. — 340 с.
20. **Девянин С. Н., Марков В. А., Семенов В. Г.** Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. — Харьков: Изд-во "Новое слово", 2007. — 452 с.

УДК 629.331
И. В. Денисов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО "Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых", e-mail: denisoviv@mail.ru,
А. А. Смирнов, магистр, г. Ковров, e-mail: AlexiFoX@yandex.ru

ДЕФЕКТЫ КУЗОВА И ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ LADA KALINA И LADA PRIORA

В настоящей статье выполнен анализ дефектов кузова и дополнительного оборудования автомобилей Lada Kalina и Lada Priora в гарантийный период эксплуатации. Установлена номенклатура отказавших элементов, для которых рассчитаны наработки на отказ и определены основные числовые характеристики распределений случайной величины. Полученные результаты являются основанием для проведения работы по повышению качества выпускаемой продукции ПАО "АвтоВАЗ" и его поставщиков, а также устранения указанных дефектов автомобилей на предприятиях сервисно-сбытовой сети.

Ключевые слова: *автомобиль, кузов, дефекты, гарантийный период, Lada Kalina, Lada Priora.*

This article analyzes the defects in the bodywork and additional equipment of the Lada Kalina and Lada Priora cars during the warranty period of operation. The nomenclature of the faulty elements for which the fault life is calculated and the basic numerical characteristics of the distributions of the random variable are determined. The obtained results are the basis for carrying out work to improve the quality of the AvtoVAZ plant's products and suppliers, and also to eliminate the specified defects in vehicles at the service and distribution network enterprises.

Keywords: *car, car body, defects, warranty period, Lada Kalina, Lada Priora.*

Конструкция современных легковых автомобилей имеет кузов несущей компоновки, изготовленный из высокопрочных сталей, способных воспринимать высокие нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации транспортных машин. Обеспечение пассивной безопасности, а также требования к ресурсу кузова являются основанием к решению сложной задачи проектирования пространственно-жесткой конструкции силового каркаса. Следует отметить, что техническое состояние автомобильных кузовов оказывает влияние и на параметры устойчивости и управляемости транспортных машин. Все эти факторы должны быть учтены конструктором при проектировании изделия, чтобы дать возможность в полной мере реализовать эксплуатационные свойства, установленные и заложенные заводом-изготовителем автотранспортных средств в ресурс.

На автомобилях Lada Priora кузов выполнен цельнометаллическим, несущей компоновки и изготовлен из стальных листов толщиной 0,8 мм [20]. Все элементы конструкции закреплены между собой сваркой, имеют катафорезную обработку и герметизацию сварных швов мастикой. Кузов окрашивают, скрытые полости покрывают консервантом. Также для повышения коррозионной стойкости днище и замкнутые коробчатые полости порогов, лонжеронов, поперечин обрабатывают битумными мастиками [18]. Кроме того, большая часть кузовных панелей оцинкована. С внутренней стороны оцинкованы передняя и средняя панели пола, боковины кузова, усилители стоек ветрового окна, с внешней стороны — панели крышки багажника и дверей, передние и задние крылья, а также другие детали [1].

Для удовлетворения требований по пассивной безопасности кузов Lada Priora имеет программируемые зоны деформации, ребра жесткости и брусья безопасности в дверях. Дополнительно автомобиль комплектуется подушками и преднатяжителями передних ремней безопасности [1], которые срабатывают в момент аварии при значительных скоростях движения транспортной машины.

Значительное количество автомобилей рассматриваемой марки в автопарке Российской Федерации является благоприятным фактором для исследования их эксплуатационной надежности, выявления номенклатуры деталей, узлов и агрегатов с низким уровнем ресурса и разработки рекомендаций по предотвращению предотказного состояния и линейных отказов. Ввиду того, что

автомобиль Lada Priora является модернизированной версией автомобиля ВАЗ-2110, на начальном этапе исследований был проведен литературный обзор. Из открытых источников стало известно о работе [19], авторы которой анализировали эксплуатационные отказы кузовов ВАЗ-2112. В результате было установлено, что за срок эксплуатации автомобилей 3—5 лет и при пробеге 50 тыс. км наблюдалось наибольшее количество отказов по таким деталям кузова, как замки дверей и багажника (26,2 %), трос замка капота (24,7 %), ограничители открывания дверей (20,6 %). При этом необходимо отметить, что случаев замены кузовных деталей по причине их коррозии не было.

Недостаточное количество работ по исследованию надежности автомобильных кузовов в эксплуатации послужило причиной для сбора сведений по дефектам автомобильной техники на предприятиях сервисно-сбытовой сети. Результатом стали публикации цикла статей, посвященных анализу рекламаций транспортных машин, выпускаемых ПАО "АвтоВАЗ", возникающих в гарантийный период эксплуатации [2—17]. В работе [2] авторы настоящей статьи проводили анализ дефектов кузова автомобиля Lada Kalina. Имеющиеся сведения по дефектам Lada Priora вызвали интерес к проведению сравнительного анализа отказов кузова и дополнительного оборудования рассматриваемых автомобилей.

Таким образом, цель настоящего исследования состоит в анализе сведений об эксплуатационной надежности автотранспортных средств и установлении основных дефектов кузовов автомобилей Lada Priora и Lada Kalina.

Анализ сводной ведомости гарантийных рекламаций [15] позволяет установить, что выборка дефектов насчитывает 1026 записей по отказам кузовов Lada Priora и их элементов. В общем объеме, составляющем 5528 неисправностей, доля неисправностей кузова равняется 18,6 %. Следует отметить, что при сравнении данный автомобиль имеет большее количество рекламаций по кузову, чем у Lada Kalina, но многие из них относятся к дополнительному оборудованию, например, к зеркалам заднего вида, декоративным накладкам, молдингам, ручкам дверей и др.

В таблице показаны результаты анализа гарантийных отказов кузова и дополнительного оборудования рассматриваемых автомобилей. Дефекты кузова Lada Kalina с указанием причин их возникновения подробно рассмотрены в работе [2], и в рамках настоящей публикации они представляют интерес только в части повторяемости у автомобиля Lada Priora. Из таблицы видно, что дефекты боковых зеркал заднего вида моделей 2170-8201050, 2170-8201051 и их модификаций носят массовый характер. Отказы могут быть вызваны неисправностью электродвигателей привода регулировки положения зеркал, нарушением функционирования электроподогрева, потерей работоспособности повторителей указателя поворота. На рис. 1 представлены гистограммы распределения дефектов боковых зеркал заднего вида по наработке. Отдельным дефектом боковых зеркал заднего вида являлось отслоение отражающей пленки стекла зеркального элемента.

Как следует из таблицы, с 2012 г. на предприятиях сервисно-сбытовой сети ПАО "АвтоВАЗ" стали фиксироваться дефекты боковых зеркал моделей 2170-8201050, 2170-8201051 и их модификаций, заключающиеся в отслоении отражающей пленки

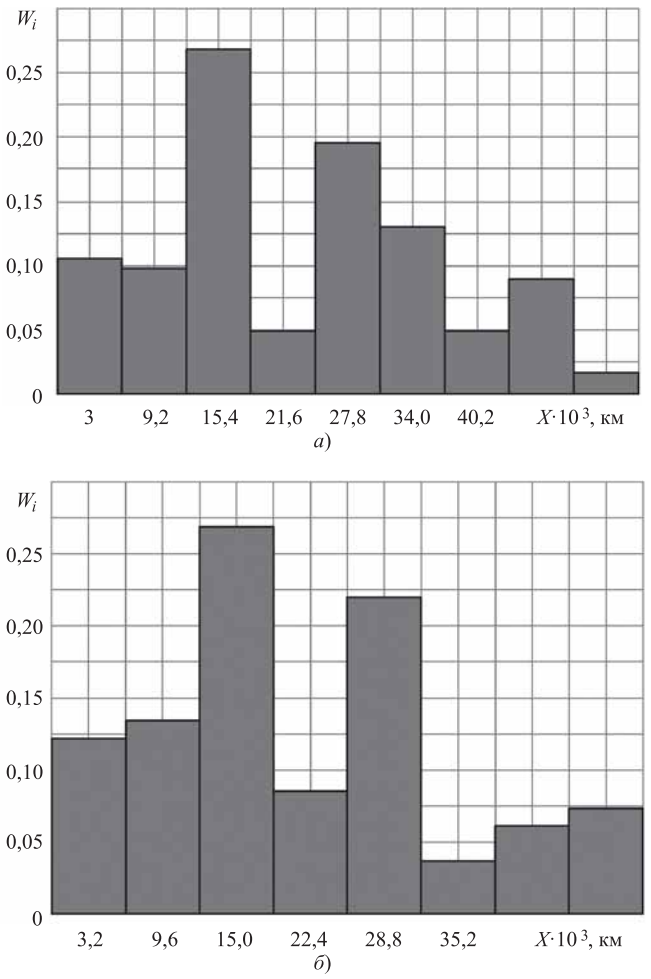


Рис. 1. Гистограммы распределения значений наработок на отказ боковых зеркал заднего вида:

а — левых (модель 2170-8201051); *б* — правых (модель 2170-8201050)

Сводный перечень гарантийных отказов кузова и дополнительного оборудования автомобилей Lada Kalina и Lada Priora

№ п/п	Lada Kalina					Lada Priora				
	Наименование дефекта	Кол-во	$\bar{X}$, тыс. км	υ	σ	Наименование дефекта	Кол-во	$\bar{X}$, тыс. км	υ	σ
1	Дефект накладки крышки багажника	107	11,7	1,05	12,3	Дефект наружного зеркала левого (модель 2170-8201051)	123	23,3	0,57	13,2
2	Разрушение привода замка крышки багажника	44	15,6	0,8	12,5	Дефект наружного зеркала правого (модель 2170-8201050)	82	21,3	0,6	12,9
3	Дефект ограничителя двери	29	16,2	0,9	14,7	Дефект накладки рамы ветрового окна левого	70	21,3	0,59	12,6
4	Дефект замка левой передней двери	27	11,9	0,73	8,7	Излом наружной ручки правой двери	65	19,4	0,7	13,6
5	Дефект молдинга передней двери	27	18,0	0,78	14,0	Протир ЛКП накладкой	63	25,2	0,54	13,6
6	Отклеивание молдинга передней двери	26	7,2	1,35	9,7	Излом наружной ручки левой двери	61	19,2	0,68	13,1
7	Дефект молдинга задней двери	24	18,4	0,75	13,9	Дефект накладки рамы ветрового окна правого	58	19,4	0,66	12,9
8	Дефект уплотнителя двери	24	17,6	0,67	11,7	Отслоение зеркального элемента левого зеркала (модель 2170-8201005)	50	24,2	0,52	12,6
9	Дефект газового упора крышки багажника	23	8,6	1,4	12,0	Отслоение зеркального элемента правого зеркала (модель 2170-8201004)	44	27,1	13,6	0,5
10	Не выдержаны лицевые зазоры	23	11,2	0,89	9,9	Не выдержаны лицевые зазоры	40	13,4	0,86	11,6
11	Отклеивание молдинга задней двери	22	8,0	1,78	14,3	Отслоение покрытия накладки	32	16,5	0,58	9,6
12	Отслоение зеркального элемента	19	26,6	0,5	13,3	Дефект декоративной накладки	31	14,7	0,84	12,4
13	Коррозия элементов кузова	15	18,5	0,6	11,1	Дефект накладки рамы ветрового окна	29	19,0	0,65	12,3
14	Не работает замок двери крышки багажника	12	8,8	0,76	6,7	Отслоение покрытия молдинга капота	27	16,3	0,69	11,3
15	Прочие дефекты	107	—	—	—	Прочие дефекты	251	—	—	—

зеркального элемента. Следует отметить, что указанные дефекты были зафиксированы и у автомобиля Lada Kalina, что свидетельствует о поставке на главный сборочный конвейер изделий низкого качества, которые заменяют при плановых работах по техническому обслуживанию в дилерских сервисных центрах (рис. 2).

Автолюбители, во владении которых находились автомобили ВАЗ-2170, отмечали коробление пластиковой накладки рамы ветрового окна. Конструктивно она исполнена из двух монолитных секций и имеет крепление с помощью винтов к кузову. При значительных колебаниях температуры окружающей среды ABS пластик, из которого изготовлен рассматриваемый элемент, деформировался, при этом наблюдалось появление зазоров между лобовым стеклом и накладкой. Эстетический дефект мог стать причиной отказа мотор-редуктора привода стеклоочистителей, поскольку в образующиеся зазоры поступала влага и дорожная пыль. Гистограммы распределения возникновения дефекта пластиковой накладки рамы ветрового окна представлены на рис. 3.

Для решения проблемы завод-изготовитель предлагал потребителю увеличить число точек

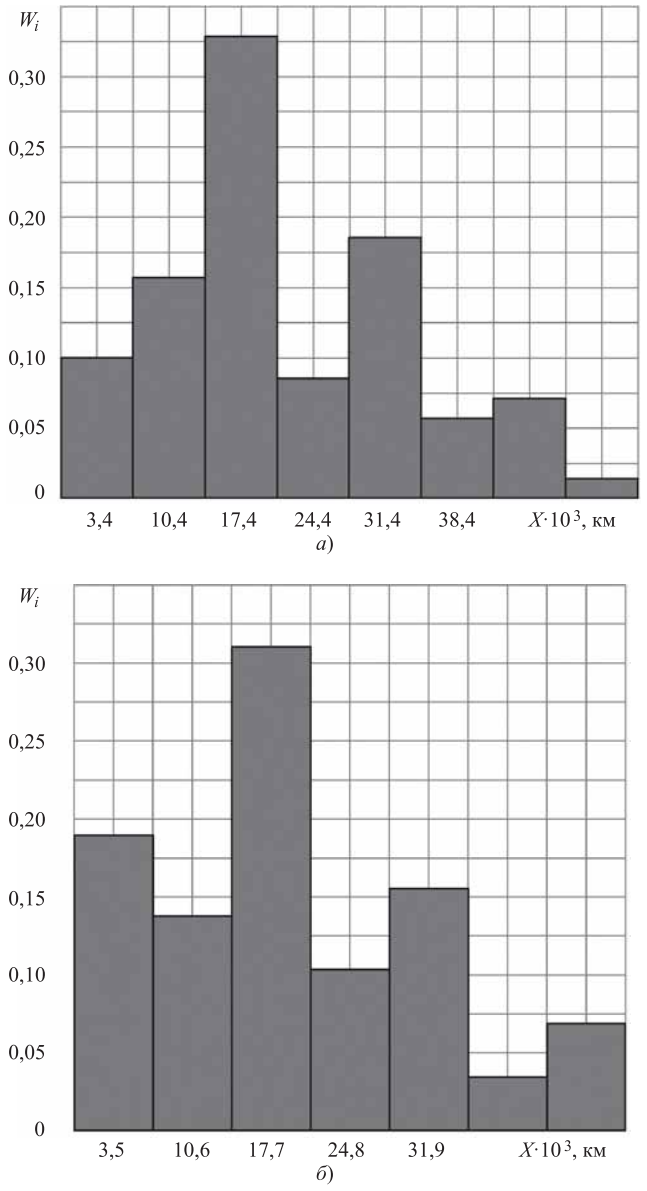


Рис. 2. Гистограммы распределения отслоения зеркального элемента зеркал заднего вида:

а — правых (модель 2170-8201004); *б* — левых (модель 2170-8201005)

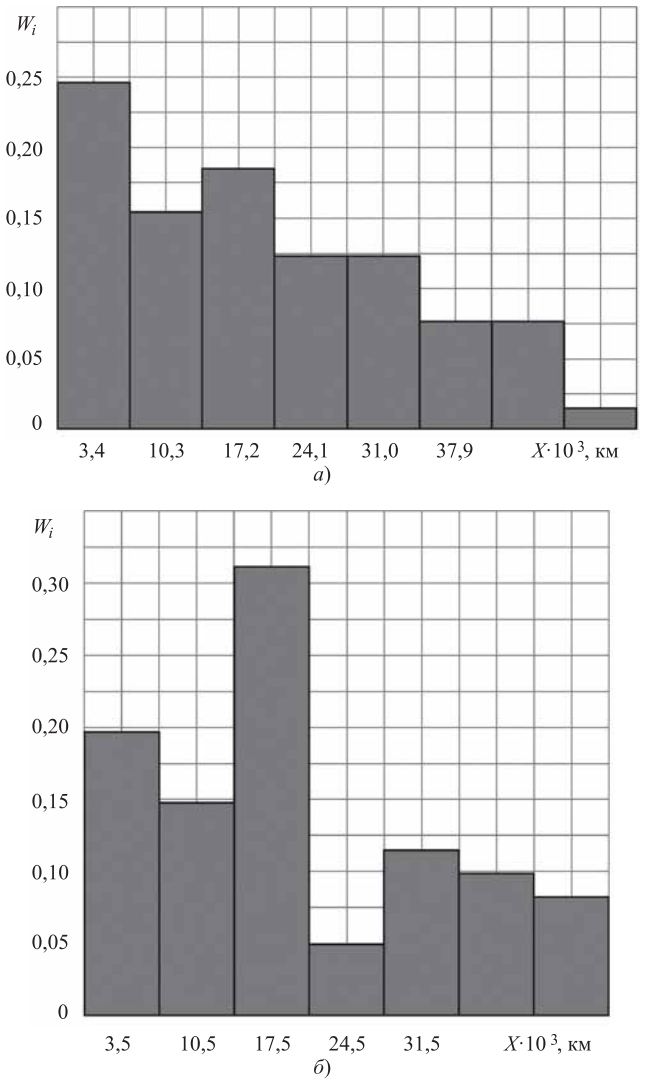


Рис. 3. Гистограммы распределения значений наработок на отказ пластиковых накладок рамы ветрового окна:

а — левых; *б* — правых

крепления элемента к кузову за счет двухстороннего скотча и саморезами, а затем произвел модернизацию его конструкции, усилив ее дополнительными ребрами жесткости.

Выпуск в эксплуатацию автомобилей с евроручками дверей кузова выявил их слабую конструкцию. Под воздействием внешних факторов и чрезмерного приложения мускульной силы человека наблюдался излом ручек. Основная причина дефекта была связана с несоответствием конструкции изделия прочностным свойствам материала. Гистограммы распределения возникновения дефекта ручек дверей кузова представлены на рис. 4.

На автомобилях Lada Kalina и Lada Priora некачественная сборка и плохая регулировка подвижных элементов кузова являются причинами возникновения чрезмерно больших зазоров между лицевыми панелями кузова. В эксплуатации не выдержанные зазоры затрудняют открывание и закрывание капота, дверей и крышки багажника и приводят к взаимному контакту указанных элементов с кузовом, вследствие чего происходит износ (протир) лакокрасочного покрытия и последующая коррозия. В частности, на ВАЗ-21713 и ВАЗ-21723 наблюдался протир лакокрасочного покрытия накладкой с каталожным номером 21720-6301264-00 ввиду перекоса задней двери в проеме, который вызывал контакт накладки с кузовом при движении транспортной машины.

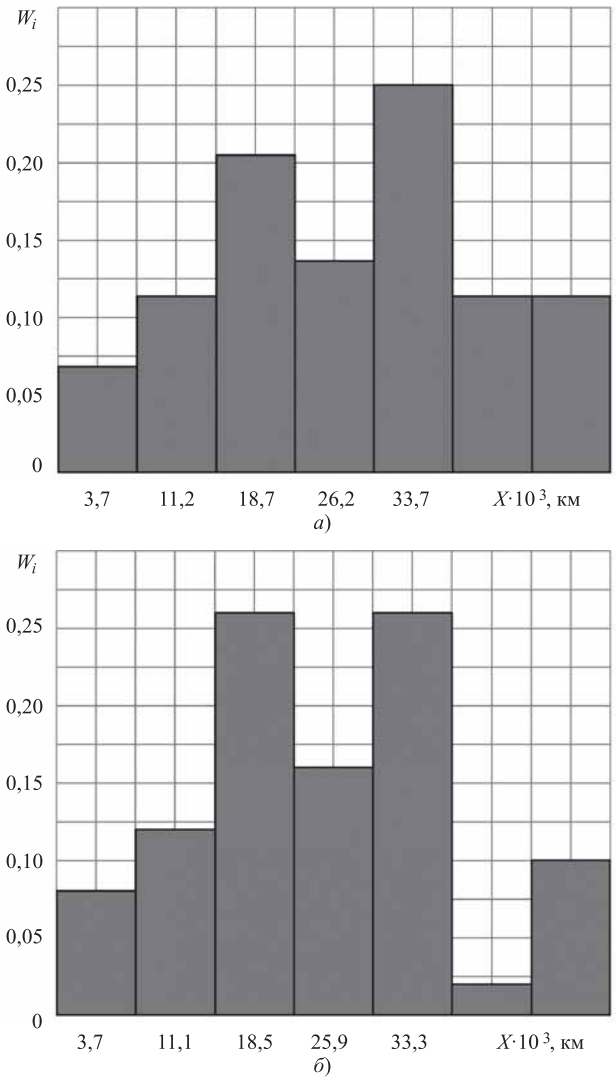


Рис. 4. Гистограммы распределения возникновения дефекта ручек дверей кузова:

а — правых; *б* — левых

Среди дефектов кузова автомобиля Lada Priora, отнесенных в группу "Прочие", необходимо отметить отказы: накладки рамы ветрового окна, цилиндров выключателя замков дверей, замков правой и левой передних и задних дверей, газового упора крышки багажника, ограничителей и уплотнителей дверей, отслоение и трещины лакокрасочного покрытия, отслоение покрытия заводского знака, разрушения ветрового стекла.

Как следует из представленных выше материалов исследования, номенклатуры массовых дефектов элементов кузова отличаются у автомобилей Lada Kalina и Lada Priora. Вместе с тем рассматриваемые автомобили объединяют дефекты: зеркального элемента, лакокрасочного покрытия, лицевых зазоров наружных панелей, а также декоративных молдингов.

Собственникам автомобилей Lada Kalina и Lada Priora рекомендуется в процессе эксплуатации осуществлять наблюдение за указанными элементами и при необходимости превентивно устранять дефекты с целью сохранения ресурса кузова. Для мастеров-приемщиков предприятий автомобильного сервиса результаты настоящего исследования необходимы для выявления неисправностей кузова транспортных машин и корректирования объема технических воздействий по техническому обслуживанию и ремонту.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Горлин П. А.** Lada Priora. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту [Текст] / П. А. Горлин, М. В. Григорьев. — М.: ИД Третий Рим, 2007. — 308 с. — ISBN 978-5-88924-405-9.
2. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Анализ дефектов кузова автомобиля "Лада Калина" // Бюллетень транспортной информации. — 2018. — № 4 (274). — С. 20—24.

3. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Исследование надежности автомобиля Lada Kalina в гарантийный период эксплуатации // Автотранспортное предприятие. — 2016. — № 10. — С. 33—35.
4. **Денисов И. В.** Исследование надежности генераторной установки автомобиля "Лада Калина" в гарантийный период эксплуатации // Бюллетень транспортной информации. — 2017. — № 6 (264). — С. 19—22.
5. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Исследование надежности датчика скорости автомобиля Lada Kalina в гарантийный период эксплуатации // Электроника и электрооборудование транспорта. — 2017. — № 2. — С. 40—43.
6. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Исследование надежности добавочного резистора электрического вентилятора охлаждения радиатора автомобиля "Лада Калина" в гарантийный период эксплуатации // Бюллетень транспортной информации. — 2017. — № 3 (261). — С. 29—32.
7. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Исследование надежности индивидуальной катушки зажигания автомобиля Lada Kalina в гарантийный период эксплуатации // Грузовик. — 2018. — № 5. — С. 12—14.
8. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Исследование надежности трансмиссии автомобиля Lada Kalina // Транспортные системы Сибири. Развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства: межд. науч.-практ. конф.: сб. науч. тр.: в 2 ч. Ч. 2. — Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. — С. 443—448. ISBN 978-5-7638-3458-1.
9. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Исследование надежности фрикционной накладки ведомого диска сцепления автомобиля Lada Kalina в гарантийный период эксплуатации // Грузовик. — 2016. — № 11. — С. 12—15.
10. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Исследование эксплуатационной надежности каталитического нейтрализатора отработавших газов автомобиля Lada Kalina в гарантийный период эксплуатации // Проблемы функционирования систем транспорта: мат. межд. науч.-практ. конф. студ., асп. и молод. уч.: в 2 т. Т. 2. — Тюмень: ТИУ, 2016. — С.123-128. ISBN 978-5-9961-1339-2.
11. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Исследование эксплуатационной надежности пульта дистанционного управления электропакетом автомобиля Lada Kalina в гарантийный период эксплуатации // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств: материалы XIX межд. науч.-практ. конф. — Владимир: Аркаим, 2017. — С. 46—50.
12. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Исследование эксплуатационной надежности систем автомобиля Lada Kalina, влияющих на безопасность дорожного движения // Надежность. — 2017. — № 4. Т. 17. — С. 31—35.
13. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Исследование эксплуатационной надежности тормозной системы автомобиля Lada Kalina // Организация и безопасность дорожного движения: мат. IX всеросс. науч.-практ. конф. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2016. — С. 118—121. ISBN 978-5-9961-1200-5.
14. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Исследование эксплуатационной надежности электромеханического усилителя рулевого управления автомобиля ВАЗ-21703 и его модификаций // Бюллетень транспортной информации. — 2014. — № 8 (230). — С. 24—27.
15. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Надежность автомобилей в гарантийный период их эксплуатации // Автомобильная промышленность, 2015. — № 11. — С. 1—4.
16. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Надежность электрооборудования автомобиля Lada Kalina в гарантийный период эксплуатации // Электроника и электрооборудование транспорта. — 2018. — № 1. — С. 44—47.
17. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Надежность электрооборудования автомобиля Lada Priora в гарантийный период эксплуатации // Автотранспортное предприятие, 2016. — № 7. — С. 35—38.
18. **Руководство по эксплуатации** автомобиля LADA PRIORA и его модификаций (состояние на 22.10.2008) / сост. Н. В. Казаков, А. В. Мингачев. — Тольятти: ДИС ОАО "АВТОВАЗ", 2008. — 95 с.
19. **Юсупова О. В., Булатов С. В.** Определение зависимости затрат на запасные части автомобилей ВАЗ от сроков эксплуатации // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2015. — № 4. — С. 148—153.
20. **Lada Priora ВАЗ-2170** с двигателем 1,6i. Устройство, эксплуатация, обслуживание, ремонт. Иллюстрированное руководство. — М.: ООО "Книжное издательство "За рулем", 2012. — 296 с. ISBN 978-5-9698-0394-7.

УДК 629.331

А. А. Чистоклетов, магистрант, e-mail: blade9595@mail.ru, **А. М. Щелудяков,** канд. техн. наук, доцент кафедры, e-mail: sam@pstu.ru, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ПЛАВНОСТИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОБКИ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

В работе произведен сравнительный анализ плавности переключения передач автоматической коробки на примере таких автомобилей, как Chevrolet Aveo, Kia Soul, Ford Focus, Toyota Corolla при их эксплуатации в городских условиях. В результате анализа получена количественная характеристика различных по плавности переключений. Плавность переключения оценивалась с помощью измерения виброускорения.

Ключевые слова: *плавность, коробка передач, виброускорение, эксплуатация.*

In the work, a comparative analysis of the smoothness of the automatic transmission gear shift was made on the example of such cars as Chevrolet Aveo, Kia Soul, Ford Focus, Toyota Corolla when operating in urban environments. As a result of the analysis, a quantitative characteristic of various smooth switchings was obtained. The switching smoothness was estimated by measuring the vibration acceleration.

Keywords: *smoothness, gearbox, vibration acceleration, operation.*

В настоящее время автомобили, оснащенные автоматическими коробками передач, активно замещают автомобили с механической трансмиссией. Наиболее заметно это в Европейских странах, где доля автомобилей с автоматической коробкой передач более 90 %. В России наблюдается значительный рост количества автомобилей с автоматической трансмиссией. На рис. 1 представлен график роста продаж автомобилей с автоматической коробкой передач на Российском рынке за 2010—2016 гг. [6].

Рост популярности автомобилей с АКП можно объяснить тем, что вождение автомобиля становится комфортнее относительно автомобиля с механической трансмиссией в условиях городской эксплуатации. Но современные автоматические коробки передач не являются надежными. Связано это с постоянным усложнением конструкции и экономии производителей на элементах коробки передач. Нередко владельцы автомобилей, срок эксплуатации которых превысил гарантийный период, жалуются на толчки и рывки автомобиля при переключении передач.

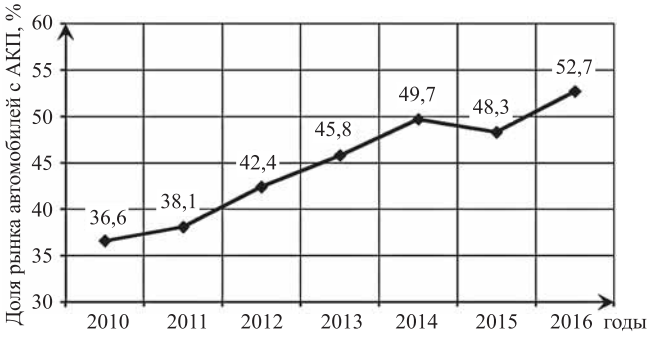


Рис. 1. График роста продаж автомобилей с АКП на Российском рынке

Данные проблемы напрямую относятся к процессу переключения передач. Процесс протекает дефектно. Связано это с тем, что при переключении передач скорость автомобиля должна оставаться постоянной, а обороты двигателя должны измениться, как и передаточное число в коробке переключения передач. При этом кинетическая энергия должна куда-либо преобразоваться.

Если разложить процесс переключения передачи на несколько этапов, то он представляет собой последовательность:

1) происходит выключение выключаемой фрикционной муфты;

2) одновременно осуществляется включение включаемой фрикционной муфты [3].

Из этого следует, что процесс переключения передачи сводится к управлению фрикционами, а именно выбором оптимального времени начала их выключения и включения. Следовательно

к выбору между работой буксования, т. е. нагревом и износом фрикционов и динамическими нагрузками в трансмиссии, плавности переключения передач, долговечности коробки передач [1].

Неправильный выбор времени момента включения или выключения фрикционов приводит к увеличению динамических нагрузок. Более резкое переключение, сопровождающееся толчком, ударом или увеличением работы буксования, вызывает неизбежный износ фрикционов [2]. Оценка плавности переключения передач осуществлялась по величине размаха продольного виброускорения в момент переключения передачи по аналогии с работами Фисенко [4, 5]. Для измерения продольного виброускорения использовался прибор Диана-8 с вибродатчиками типа ВК-310А.

Датчик ВК-310А является направленным, измеряет вибрацию в одном направлении. Важно было произвести измерения продольных колебаний коробки передач автомобиля. Для этого необходимо расположить датчик в направлении движения. Так как источником вибраций является автоматическая коробка передач, датчик был размещен на корпусе коробки [8].

Измерения проводились на одном и том же участке дороги. Во время измерения производился контроль положения педали газа. Водитель удерживал педаль в таком положении, которое обеспечивало открытие дроссельной заслонки на 35—40 %. Данные по положению дроссельной заслонки фиксировались с помощью диагностического оборудования, подключенного через штатный разъем OBD-2.

Синхронизация момента переключения передачи автомобиля с данными, измеренными прибором, производилась посредством видеосъемки всего процесса измерения. Для каждого автомобиля проводилось минимум три измерения. В дальнейшем полученная информация обрабатывалась на компьютере в программном обеспечении "Атлант-ПО".

Графики для автомобилей Chevrolet Aveo представлены на рис. 2. Выделенные области характеризуют момент переключения передач. Цифрами обозначены моменты переключения передач. Результаты расчета среднего значения размаха виброускорения для каждого переключения передач показаны в табл. 1.

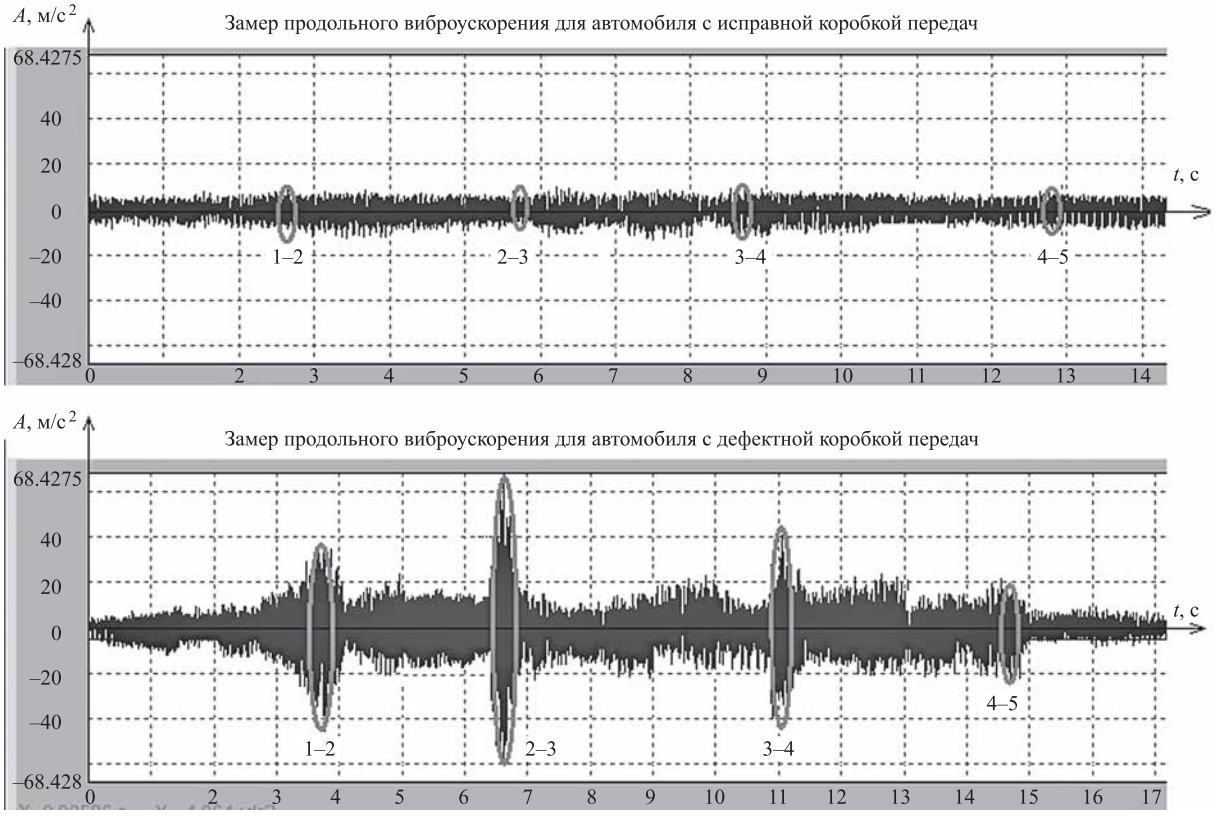


Рис. 2. Графики виброускорения для исправной и дефектной коробки передач

Таблица 1

Среднее значение размахов виброускорения для нескольких автомобилей

Марка автомобиля	Среднее значение размаха продольного виброускорения, м/с^2				
	1-2	2-3	3-4	4-3	3-2
Chevrolet Aveo с дефектной АКП	73	117	40	45	110
Chevrolet Aveo с исправной АКП	25	31	22	24	35
Kia Soul, исправная АКП	24	29	21	16	25
Ford Focus 1, исправная АКП	38	40	26	20	29
Toyota Corolla, исправная АКП	27	32	24	18	27

Для наглядного представления данных и дальнейшего сравнения, табличные данные преобразованы в график на рис. 3. По оси абцисс обозначены номера переключаемых передач в данный момент, по оси ординат среднее значение размаха продольного виброускорения.

Для выявления численной характеристики критерия оценки плавности переключения передач автомобиля были рассчитаны средние значения размаха виброускорения для всех автомобилей с исправными коробками передач, на которых был произведен замер. Результаты отражены в табл. 2 [7].

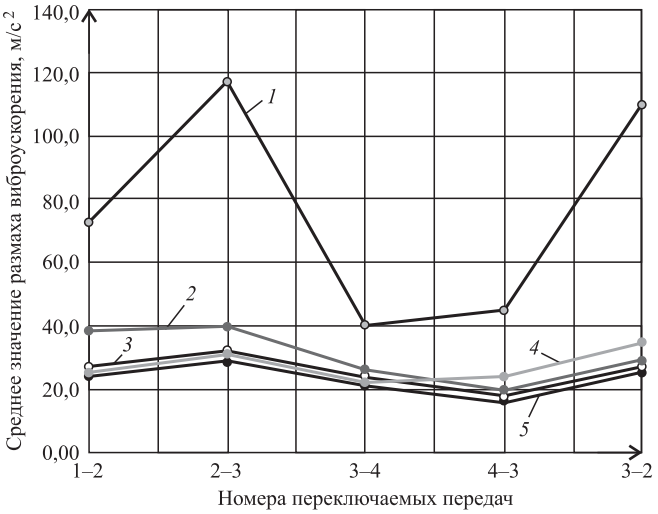


Рис. 3. Сравнение значений размаха виброускорения для нескольких автомобилей:

1 — Aveo, дефект Aveo; *2* — Ford Focus; *3* — Toyota Corolla; *4* — Aveo, исправный; *5* — Kia Soul

Таблица 2

Сравнение усредненных значений размаха виброускорения автомобилей с исправными АКП с автомобилем с дефектной АКП

Марка автомобиля	Среднее значение размаха продольного виброускорения, м/с^2				
	1-2	2-3	3-4	4-3	3-2
Chevrolet Aveo с дефектной АКП	73	117	40	45	110
Среднее значение для автомобилей с исправной АКП	29	33	23	20	29
Во сколько раз превышает размах колебаний автомобиля с дефектной АКП	2,5	3,5	1,7	2,25	3,8

Таблица 3

Рекомендуемые максимальные значения размаха виброускорения

	Значение размаха продольного виброускорения, м/с^2
Максимально допустимое значение для автомобиля с исправной коробкой передач	40...45
Значение, при котором ощущается не плавное переключение	50...55

Анализируя табличные данные, был разработан следующий критерий, основанный на средних значениях размаха виброускорения для автомобилей с исправной коробкой передач в сравнении со значениями для автомобиля с дефектной коробкой передач. Значения отражены в табл. 3.

При использовании данных рекомендованных значений, возможно обозначить состояние коробки передач по количественному критерию оценки плавности переключения передач. При превышении этих значений такое переключение возможно назвать дефектом коробки передач.

Заключение

1. В результате проведения исследования был проработан метод испытания автомобиля по оценке плавности переключения передач с ис-

пользованием параметра размаха продольного виброускорения автомобиля с автоматической коробкой передач.

2. Уточнены способы измерения и обработки сигнала с помощью прибора Диана-8 и программного комплекса "Атлант".

3. Получены предпосылки по связи между критериями плавности и техническим состоянием автоматической коробки передач. Проведенные натурные измерения продольного виброускорения с корпуса коробки передач показали возможность получения объективных данных по процессу переключения передач. Используя полученные результаты возможно проводить объективную оценку различных по плавности переключений.

4. Проведенные измерения продольного виброускорения по оценке плавности переключения передач нескольких автомобилей с использованием датчика измерения продольного виброускорения показали отклонения по величине размаха колебаний продольного виброускорения при переключении с 1 на 2 передачу, со 2 на 3 передачу и на понижение с 3 на 2 передачу для автомобиля Chevrolet Aveo.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Курочкин Ф. Ф.** Совершенствование алгоритма управления процессом переключения передач в автоматической планетарной коробке передач машины // Известия вузов. Машиностроение. — 2008. — № 5. — С. 65—72.
2. **Литвинов А. С., Фаробин Я. Е.** Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств. — М.: Машиностроение. —1989. — 237 с.
3. **Нарбут А. Н.** Автомобили: Рабочие процессы и расчет механизмов и систем: учебник для студ. высш. учеб. заведений. 2-е изд., испр. — М.: Издательский центр "Академия", 2008. — 256 с.
4. **Фисенко И. А., Васильев А. В.** Определение дефектов системы переключения автоматических коробок передач // Труды НАМИ. — 2016. — № 265. — С. 29—34.
5. **Фисенко И. А., Есеновский-Лашков Ю. К., Сковков Е. М.** Оценка плавности переключений гидромеханических передач легковых автомобилей // Автомобильная промышленность. — 1982. — № 5. — С. 17—18.
6. **Фомченков Т.** Сцепление долой // Российская газета. — 2017. — 8 ноября. — С. 10.
7. **Чередниченко Ю. И.** Испытания автомобильных гидромеханических передач. — М.: Машиностроение, 1969. — 195 с.
8. **Основы измерения вибрации.** [Электронный ресурс]. URL: http://www.vibration.ru/osn_vibracii.shtml

ИЗДАТЕЛЬСТВО

"ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ"

принимает подписку на журнал

"ГРУЗОВИК"

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС. СПЕЦТЕХНИКА

на 2019—2020 годы

Подписавшись в издательстве, вы:
1) получаете без задержек журнал с первого номера;
2) экономите на стоимости почтовой доставки;
3) получаете скидку до 5 %.

Наши реквизиты:
E-mail: realiz@mashin.ru
Тел.: 8 (495) 785-60-69.
Отдел продаж, маркетинга, рекламы
WWW.MASHIN.RU

УДК 656.073.7
К. К. Тайсаев, МАДИ
E-mail: tkk2019@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОХРАННОСТИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Активизация требований социальной среды к безопасности и экологичности конструкции автомобиля нашла свое отражение в развитии нормативно-технической базы, определяющей сроки эксплуатации автомобиля. Определено понятие — коэффициент сохранности эффективности как показатель, оценивающий соответствие качества использования автомобиля в условиях постоянно накладываемых ограничений внешней среды эксплуатации. Выбор математической модели функции показателя коэффициента сохранности автомобиля от времени должен производиться с учетом степени неопределенности условий функционирования системы технической эксплуатации автомобиля. Поэтому получение математических моделей, позволяющих достоверно определять и прогнозировать значение коэффициента сохранности эффективности для различных условий эксплуатации автомобиля, является актуальной научно-технической проблемой, а ее решение востребовано практикой.

Ключевые слова: *коэффициент сохранения эффективности, коэффициент неготовности, математическое моделирование, многофакторный эксперимент, многокритериальная задача.*

The activation of the requirements of the social environment to the safety and environmental friendliness of the car design was reflected in the development of the regulatory and technical framework defining the life of the car. The concept is defined — efficiency preservation factor as an indicator assessing compliance of the car use quality under conditions of constant imposed restrictions of the external environment of operation. The selection of the mathematical model of the function of the indicator of the vehicle safety factor from time shall be made taking into account the degree of uncertainty of the operating conditions of the vehicle maintenance system. Therefore, obtaining mathematical models allowing to reliably determine and predict the value of efficiency preservation factor for different operating conditions of a car is a current scientific and technical problem, and its solution is demanded by practice.

Keywords: *efficiency retention factor, non-availability factor, mathematical modeling, multi-factor experiment, multi-criteria problem.*

Введение

Сложная система технической эксплуатации автомобиля (ТЭА) подразумевает множество возможных состояний и требует обязательного выполнения определенного уровня эффективности в заданных условиях эксплуатации. В настоящее время классификация условий, в которых приходится реализовывать решения в системе ТЭА определяется тремя основными группами факторов. 1 группа — транспортные, дорожные, природно-климатические; 2 группа — уровень механизации, квалификации персонала и т. д.; 3 группа — неопределенные факторы внешней среды, возникающие в процессе эксплуатации автомобиля во времени, заранее неизвестные.

Активизация влияния социальной среды к безопасности и экологичности конструкции автомобиля существенно увеличивают значимость 3-й группы факторов, которые могут проявляется в течение одного срока службы автомобиля [1,2]. Данная тенденция нашла свое отражение в развитии нормативно-технической базы, которая определяет сроки эксплуатации автомобиля. Введен в действие ГОСТ 27.002—2015 "Надежность в технике. Термины и определения", в котором впервые вводятся такие понятия как коэффициент неготовности (КНГ) и коэффициент сохранности эффективности (КСЭ).

КНГ (en unavailability factor) трактуется как вероятность состояния, в котором объект может оказаться неработоспособным в данный (конкретный) момент времени. В примечании к документу поясняется, что возможны различия между коэффициентом внутренней неготовности, закладываемом при проектировании изделия для идеальных условий эксплуатации, технического обслуживания (ТО) и ремонта, и коэффициента эксплуатационной неготовности, который определяется для реальных условий ТО и ремонта.

КСЭ (en efficiency ratio) трактуется как отношение значения показателя эффективности использования изделия по назначению за определенный период эксплуатации к номинальному значению этого показателя, который рассчитывается при условии, что отказы объекта в течение того же периода не возникают. То есть, КСЭ указывает на то, что вероятность работоспособного состояния объекта является безусловно необходимым, но не достаточным условием обеспечения его надежности в условиях постоянного повышения требований к эффектив-

ности или накладываемых ограничений внешней среды эксплуатации [3, 4].

Система ТЭА, отвечающая за оценку состояния качества автомобиля, определяющего сроки его эксплуатации, находится в динамическом состоянии, то есть под воздействием переменных и заранее неизвестных факторов внешней среды [5]. В данном случае прогнозируемые при проектировании сроки эксплуатации автомобиля должны корректироваться в реальных условиях не только с учетом традиционных коэффициентов корректирования, но и с учетом изменения информационной составляющей внешней среды, которая, в свою очередь, может изменяться вводимыми в действие новыми нормативно-техническими документами уже в процессе эксплуатации автомобиля. Комплексным показателем, оценивающим степень влияния внешней среды на сроки службы автомобиля, является коэффициент сохранения эффективности.

Решение проблемы

Традиционно качество и эффективность эксплуатации автомобиля определяется комплексным показателем — надежность. Выбор модели надежности, как определение функции показателей надежности от времени, всегда являлся сложной оптимизационной научно-технической задачей. Данная задача может быть положительно решена как стандартными методами математической статистики (в том случае если имеется накопленный статистический материал об отказах или их отсутствии для исследуемых автомобилей), так и с применением математических моделей, отражающих законы распределения случайных величин, случайных процессов или потоков случайных событий с малым числом параметров и т.д. [6, 7]. В случае применения последнего подхода, эффективность решений должна обеспечиваться адекватностью математических методов, выбор которых зависит от степени неопределенности условий функционирования исследуемых процессов в системе ТЭА. Поэтому получение математических моделей, позволяющих достоверно и с высокой точностью определять и прогнозировать величину сохранности эффективности для различных условий эксплуатации автомобиля, является актуальной научно-технической проблемой, а ее решение востребовано практикой.

Для разработки математической модели изменения показателей надежности автомобиля наиболее опробованным подходом считается метод множественного регрессионного анализа (МРА) [8, 9]. В применении данного метода вид математической модели (ММ) и количество членов, входящих в нее, зависят от наличия или отсутствия влияния на оптимизируемый параметр эффекта взаимодействия некоторой группы факторов. В частности, для случая из трех факторов:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + \\ + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3, \quad (1)$$

где x_1, x_2, x_3, - исследуемые факторы; b_0 — свободный член; b_1, b_2, b_3 — коэффициенты, определяющие величину влияния факторов на параметр оптимизации; b_{12}, b_{13} и т. д. — коэффициенты, определяющие величину влияния на параметр оптимизации эффекта парного (тройного) взаимодействия факторов.

Если эффект взаимодействия между факторами ММ отсутствует, то модель упрощается, так как исключаются члены: $b_{12}x_1x_2$, $b_{13}x_1x_3$, $b_{23}x_2x_3$, $b_{123}x_1x_2x_3$. Приведенный вид уравнений ММ, которые связывают параметр показателя надежности с факторами x_1, x_2, x_3, - является уравнениями регрессии. Чем выше численное значение коэффициента, тем большее влияние он оказывает на данный фактор (или взаимодействие факторов) на оптимизируемый параметр. Иногда влияние отдельного фактора на оптимизируемый параметр оценивается не только величиной коэффициента при данном факторе, но и некоторым диапазоном рассеивания значений параметра оптимизации при верхнем и нижнем уровнях исследуемого фактора. Определяемый таким образом вклад фактора называется "эффектом фактора". Он может быть основным или главным фактором. При определении КСЭ эффект фактора особенно значим, так как для его оценки могут привлекаться факторы, определяемыми показателями.

Основой для получения модели регрессионного анализа (МРА) является математическое планирование (МП) эксперимента. МП — год, процедура выбора количества опытов и условий их проведения, необходимых и достаточных для установления достоверной количественной оценки зависимости между факторами, и оптимизируемыми параметрами. Для нахождения оптимального значения параметра эксперименты, как правило, производят в несколько этапов, небольшими сериями, анализируя при этом результаты предшествующих серий для построения новой серии опытов. В целях минимизации числа опытов, при обеспечении необходимой достоверности их результатов, рекомендуют производить активный эксперимент. Его особенностью является управление уровнями факторов. То есть необходимо регулировать принимаемые их значения в течение всего срока проведения эксперимента. Наибольшее распространение получили полнофакторные планы проведения экспериментов. Это такие планы, в которых содержатся все возможные сочетания комбинаций уровней исследуемых факторов. Опыты, производимые по ним, являются полным факторным экспериментом (ПФЭ). Число опытов в ПФЭ может определяться зависимостью:

$$N = p^k, \quad (2)$$

где p — количество уровней, k — число факторов.

Доказано, что основным преимуществом и одновременно недостатком МРА является то, что в основе данного похода к получению ММ всегда должна находиться достаточно большая и необходимая экс-

периментальная база. МП эксперимента позволяет исследовать сложные процессы и явления при значительном числе факторов в ограниченные сроки и по результатам проведения ограниченного числа опытов [10]. Правильно выбрать ММ это значит достоверно определить вид зависимости, связывающей оптимизируемый параметр с исследуемыми факторами. Общий принцип определения ММ это переход от простого к сложному, то есть выбор простейшей функции и проверка обеспечиваемой достоверности и точности. При недостаточной достоверности — усложнение ММ с последующей проверкой. Далее необходимо проводить эту процедуру до тех пор, пока ММ не станет полностью адекватна изучаемому процессу, то есть не будет достоверно описывать изменение величины оптимизируемого параметра с необходимой точностью.

В качестве ММ используют полиномы первой, второй и более высокой степеней, а также уравнения показательного вида. Во всех случаях, когда это возможно, желательно использовать полиномы первой степени, так как чем меньше степень полинома, тем меньше в модели членов, а следовательно, меньше число необходимых опытов. Вид ММ и число членов в ней, кроме степени полинома и количества факторов, зависит от отсутствия или наличия влияния на оптимизируемый параметр эффекта взаимодействия исследуемых факторов. Основным требованием к ММ является то, что она должна с требуемой точностью предсказывать вектор (направление) наискорейшего улучшения оптимизируемого параметра. Для нахождения величины оптимума параметра эксперименты должны производиться в несколько этапов (серий) с последующим анализом результатов предыдущей серии. Затем данная процедура последовательно повторяется до тех пор, пока исследуемая ММ не станет адекватна процессу изменения величины необходимого показателя во времени, то есть не будет достоверно описывать изменение значений оптимизируемого параметра с необходимой точностью.

Выводы

В ходе определения КСЭ основной сложностью применения методов МРА является то, что в основе математического планирования эксперимента всегда должна находиться большая опытная база как обязательная совокупность значительного числа наблюдений эмпирических данных. Эти данные должны быть получены в процессе практической эксплуатации автомобиля и иметь непосредственное отношение к процессу изменения показателей качества, а соответственно величины КСЭ [11]. Тогда неизбежно проявляются негативные элементы в процедуре поиска оптимального решения, значительно увеличивающие его субъективизм, то есть:

1) появляется неопределенность, сгенерированная значительным количеством объектов или процессов, включаемых в исследуемую информационную ситуацию;

2) изменяется значение энтропии в исследуемой системе, как функции от времени проведения исследования.

Альтернативным данному подходу является подход, определяемый методологией решения многокритериальных задач, которые сгруппированы на различных иерархических уровнях в системе поиска оптимального решения (СПР). В этом случае процедура исследования процесса изменения величины КСЭ во времени эксплуатации автомобиля может быть представлена в виде многоуровневой иерархической системы с отдельными событийными или дискретными состояниями. На каждом уровне сформированной системы должны быть смоделированы локальные задачи по формализованным качественным и количественным критериям. В процессе поиска оптимального решения информация, полученная на i-ом уровне, переходит на следующий $(i + 1)$-й уровень, где в дальнейшем применяется для решения задач по критериям, соответствующим уровню в системе и новым дискретным состояниям КСЭ. Естественно, что критерии оптимизационных задач i-го уровня управления должны быть согласованы в соответствии с целеполаганием следующего $(i + 1)$-го уровня. При переходе от уровня к уровню уменьшается количество решаемых задач, но значительно увеличивается их сложность и значимость, а это требует разработки математического инструментария, адекватного информационному состоянию. Таким образом, может быть сформирована иерархическая система для определения значений КСЭ, в которой дискретными состояниями являются определенные этапы (циклы) эксплуатации автомобиля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Звонов В. А., Козлов А. В., Теренченко А. С.** Оценка жизненного цикла — основа совершенствования АТС // Автомобильная промышленность. — 2003. — № 11. — С. 9—12.
2. **Денисов В. Н., Рогалев В. А.** Проблемы экологизации автомобильного транспорта. Изд. 2-ое. — СПб.: МАНЭБ, 2005. — 312 с.
3. **ГОСТ Р 53480—2009.** Национальный стандарт РФ. Надежность в технике. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2010.
4. **ГОСТ 27.002—2015.** Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2016.
5. **Власов В. М., Жанказиев С. В., Круглов С. М.** Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / под общ. ред. В. М. Власова. 13-е изд, стер. — М.: Академия, 2017. — 427 с.
6. **Кузнецов Е. С.** Управление техническими системами: учебн. пособ. — М.: МАДИ, 2003. — 247 с.
7. **Суслов И. Е., Сергеев А. Г., Сущев А. К.** Метрологическое обеспечение прогнозирования технического состояния автотранспортных средств // Автотранспортное предприятие. — 2013. — № 10. — С. 46—49.
8. **Гмурман В. Е.** Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высшая школа, 2001. — 479 с.
9. **Джонсон Н., Лион Ф.** Статистика и планирование в технике и науке: Метод планирования эксперимента / Пер. с англ. — М.: Мир, 1981. — 520 с.
10. **Черноруцкий И. Г.** Методы принятия решений. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 416 с.
11. **Прудовский Б. Д.** Методы решения многокритериальных автотранспортных задач // Вестник гражданских инженеров. — СПб: СПбГАСУ, 2015. — № 2 (49). — С. 154—159.

УДК 536.46
Д. И. Петровский, канд. техн. наук, доцент, **А. А. Волков,** ассистент,
А. М. Лапсарь, магистр, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева
E-mail: avtokon93@yandex.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ ТУГОПЛАВКИХ МАТЕРИАЛОВ

Разработан проточный реактор, в котором синтезируется и охлаждается проточным хладагентом полоса из уплотненной шихты, подаваемая из прокатного стана в открытый с двух сторон реакционный стакан. Проточный реактор позволяет производить порошковые тугоплавкие продукты в режиме непрерывного горения путем объединения всех технологических операций в единую производственную линию.

Ключевые слова: *самораспространяющийся высокотемпературный синтез, хладагент, порошковые тугоплавкие соединения, теплогенерирующий реактор, проточный реактор, тепловыделяющие элементы, продукты синтеза.*

A flow reactor was developed in which a strip of compacted charge fed from the rolling mill to the reaction Cup opened on both sides is synthesized and cooled by the flow refrigerant. Flow reactor allows producing powder of refractory products in continuous combustion by combining all technological operations in a single production line.

Keywords: *self-propagating high-temperature synthesis, refrigerant, powder refractory compounds, heat-generating reactor, flow reactor, fuel elements, synthesis products.*

Введение

Одним из вариантов повышения эффективности технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) является повышение цикличности работы реактора путем охлаждения продуктов синтеза (ПС) газообразным хладагентом в сочетании с усовершенствованием остальных технологических операций: уплотнение СВС-шихты и измельчение ПС прокаткой. Это обеспечивает сокращение времени производственного цикла до 10 и более раз [1]. Тем не менее все технологические операции сохранили дискретность их осуществления, что может несколько снизить ожидаемый эффект, так как они не объединены в общий технологический и производственный процесс получения порошковых тугоплавких соединений.

В связи с тем что изготовление заготовок из СВС-шихты и измельчение ПС осуществляются путем прокатки в валковых станах, все устройства, обеспечивающие изготовление порошковых тугоплавких соединений, могут быть объединены между собой путем введения в производственную линию реактора, в котором горение прокатанной полосы из СВС-шихты осуществляется по мере перемещения этой полосы внутри реактора. Одновременно с процессом горения должно быть осуществлено охлаждение этой полосы за фронтом горения.

Техническое обоснование создания технологии изготовления порошковых тугоплавких продуктов в режиме непрерывного горения

Для осуществления данных операций разработан реактор с охлаждением полосы из ПС проточным газообразным хладагентом, классифицированный как проточный реактор.

Учитывая то, что горение прокатанной полосы из СВС-шихты происходит с одновременным ее охлаждением продуваемым хладагентом (азотом), т. е. при уменьшении температуры горения, проведены испытания в модельном теплогенерирующем реакторе (рис. 1) по оценке полноты горения состава диборида титана TiB_2 в зависимости от интенсивности ее охлаждения в процессе синтеза. Испытания проводились с варьированием массы блока (заряда) из набора "гофрированных" тепловыделяющих элементов (ТВЭ) и расхода хладагента (азота) [2].

Заряд шихты выполнен в виде блока *3* из набора "гофрированных" ТВЭ толщиной 1 мм, средний из которых *5* выступает за торец блока *3* в сторону выходного патрубка *7*. Воспламенитель *6* размещен на конце выступающего ТВЭ (пластины) *5*, что дает возможность оценки влияния газового потока на горение как отдельного ТВЭ, так и все-

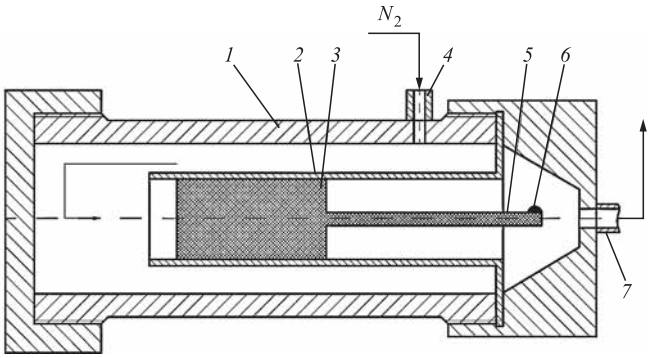


Рис. 1. Схема модельного теплогенерирующего реактора:

1 — корпус; *2* — стакан; *3* — блок ТВЭ; *4* — штуцер для подачи хладагента; *5* — центральная пластина; *6* — воспламенитель; *7* — выходной штуцер

го заряда при одном и том же расходе хладагента. Заряд расположен в корпусе теплогенерирующего реактора (ТГР) внутри тонкостенного стакана *2*.

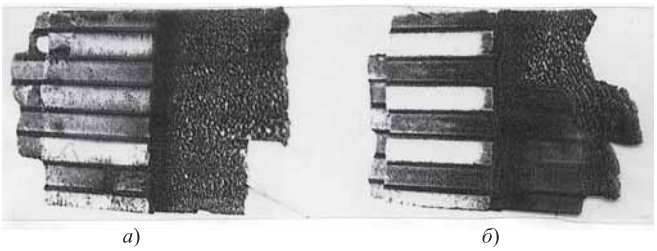
Работа теплогенерирующего реактора осуществляется следующим образом.

Через штуцер *4* подается хладагент (азот) и одновременно (или с некоторым запозданием) воспламеняется ТВЭ *5* от воспламенителя *6*. Хладагент продувается между стенками корпуса *1* и стакана *2* и поступает внутрь стакана *2* со стороны переднего торца, при этом продувка заряда осуществляется навстречу распространению фронта горения (горение во встречном потоке хладагента). В процессе горения блока *3* хладагент охлаждает стакан *2*.

При проведении испытаний расход хладагента изменяли от 0,5 г/с (практически без обдува) до величины, приводящей к загасанию центральной пластины *5* (загасание блоков *3* после их воспламенения от центральной пластины *5* не происходило). Для оценки полноты горения в качестве анализируемых образцов использовали продукты синтеза в сгоревших блоках *3* и в пластинах *5* (в зоне загасания процесса горения). Оценка полноты процесса проводилась по результатам химического (средние значения из двух определений) анализа. Там же приведены расчетные значения количества титана, соответствующего стехиометрическому соотношению диборида титана, определенному по химическому анализу бора. Результаты испытаний приведены в таблице.

Содержание компонентов в продуктах синтеза

№ опыта	Вид	Масса блока (заряда) пластины *M*, г	Расход хладагента *G*, г/с	$\frac{G}{M}$	Содержание компонентов в ПС, %					Характер горения
					Ti	B	$N_{общ}$	N в TiN	O	
1	Блок	50	0,5	0,001	6,75	30,3	0,6	0,5	0,6	Не прерывалось
2	Блок	50	38	0,76	—	—	1,2	1,2	0,9	Не прерывалось
3	Блок	50	38	0,76	—	—	1,13	1,1	0,9	Не прерывалось
4	Блок	30	38	1,27	—	—	1,12	1,1	0,9	Не прерывалось
5	**Блок**	**15**	**38**	**2,53**	**67,9**	**29,55**	**1,5**	**0,9**	**1,1**	**Не прерывалось**
6	Блок	15	38	2,53	—	—	1,25	1,2	0,95	Не прерывалось
7	Пластина	3,5	38	10,86	—	—	1,06	1,1	1,1	Не прерывалось
8	Пластина	3,5	110	31,43			1,0	0,8	0,8	Загасание пластины 5 на расстоянии 0,4 см от блока 2 (рис. 2, *а*)
9	Пластина	3,5	55	15,71	—	—	—	—	—	Загасание пластины 5 непосредственно на расстоянии 0,4 см от блока 3
10	Пластина	3,5	38	10,86	—	—	1,3	1,0	0,5	Не прерывалось
11	Пластина	3,5	38	10,86	—	—	1,38	1,2	0,45	Не прерывалось
12	Пластина	3,5	38	10,86	—	—	1,45	1,3	0,5	Не прерывалось
13	Пластина	3,5	38	10,86	66,6	30,35	1,6	0,9	0,7	Загасание пластины 5 на расстоянии 0,2...2 см от блока 5



а) *б*)

Рис. 2. Вид загасших пластин:
а — опыт № 8; *б* — опыт № 13

Результаты испытаний показали, что при увеличении расхода хладагента процесс горения на пластине *5* может прекратиться. На рис. 2 приведены внешний вид загасших, центральных пластин. Загасание пластины (рис. 2, *а*) произошло в месте соприкосновения ее с блоком *3*, а пластины (рис. 2, *б*) — на расстоянии до 2 см от блока *3*.

Как следует из рис. 2, при интенсивном отводе тепла размер зерен просматривается даже визуально. Тем не менее результаты химического анализа свидетельствуют о том, что конечным продуктом является, в основном, диборид титана, а отклонение по содержанию ПС сопоставимо с количеством примесей в исходном продукте и находится в пределах ошибки измерения. Это может свидетельствовать о том, что полнота горения обеспечивается практически при любой величине потока хладагента, т. е. при любой скорости горения прокатанной пластины *5* (вплоть до загасания). Кроме того, загасание ТВЭ свидетельствует о том, что условия охлаждения ПС соответствуют условиям, реализуемым при "закалке" горящего образца, где скорость загасания процесса горения составляет 10^3—10^4 град/с [3]. Поэтому можно считать, что модельный теплогенерирующий реактор (см. рис. 1) может быть использован для исследования и регулирования процесса структурообразования (структурная макрокинетика): с одной стороны, благодаря варьированию времени выдержки перед пуском хладагента, с другой — путем снижения температуры и скорости горения вследствие обдува встречным потоком хладагента.

Производственно-технологическая схема изготовления порошковых тугоплавких продуктов СВС в режиме непрерывного горения

Результаты исследований по оценке полноты горения подтвердили возможность синтеза тугоплавких соединений не только в режиме последовательного действия, но также в режиме параллельного действия, в том числе на отдельных тонких пластинах. Поэтому для изготовления порошковых тугоплавких продуктов СВС в режиме непрерывного горения путем объединения всех технологических операций в единую производственную линию может быть использован проточный реактор.

Проточный реактор для синтеза тугоплавких продуктов выполнен в виде прямоугольного двустенного, открытого с двух противоположных торцов, контейнера. Наружные стенки проточного реактора образуют корпус и содержат штуцер для подачи в реактор проточного газообразного хладагента; внутренние стенки контейнера выполнены перфорированными и образуют реакционный стакан. Реактор содержит со стороны переднего торца воспламенитель (воспламеняющее устройство) и датчик пламени.

Компоновочная схема изготовления порошковых тугоплавких продуктов СВС в режиме непрерывного горения приведена на рис. 3.

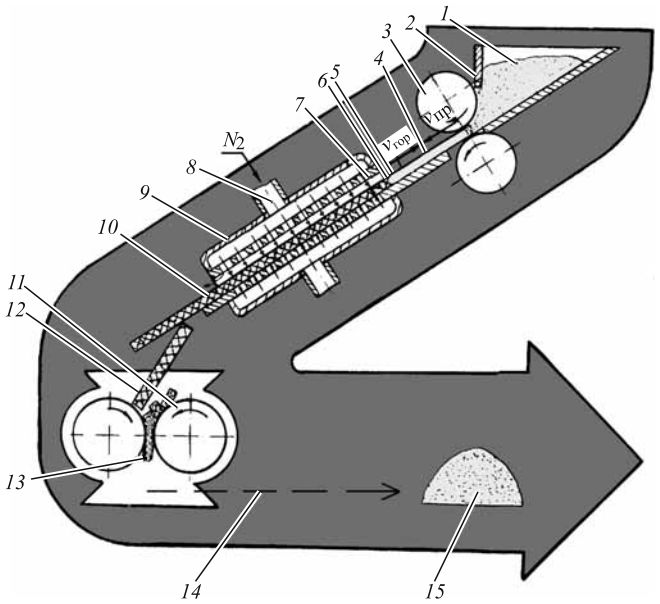


Рис. 3. Производственно-технологическая схема изготовления порошковых тугоплавких ПС в режиме непрерывного горения:
1 — бункер для загрузки шихты СВС из смеси компонентов титан + бор; *2* — шихта СВС; *3* — валки прокатного стана; *4* — прокатанная полоса из шихты СВС; *5* — датчик пламени (показан условно стрелкой); *6* — воспламенитель; *7* — реакционный стакан; *8* — штуцер; *9* — проточный реактор; *10* — прокатанная полоса шихты СВС в процессе горения и охлаждения азотом; *11* — валки измельчающего стана; *12* — куски полосы синтезированного продукта; *13* — измельченная порошковая полоса ПС; *14* — конвейер (показан условно в виде пунктирной стрелки); *15* — конечный порошковый продукт; N_2 — хладагент (азот)

Работа по технологическому процессу (рис. 3) осуществляется следующим образом.

Смешанная шихта *1*, размещенная в бункере *2*, подается самотеком в валки *3* прокатного стана, уплотняется в профилированную полосу *4*, которая инициируется воспламенителем *6* (показан условно) перед входом в проточный реактор. В качестве воспламенителя *5* используется химическое воспламеняющее устройство на основе фтористого окислителя [4, 5]. Это является важным при прокатке большой массы СВС-шихты. В частности, при проведении исследований были изготовлены валки шириной 42 мм и 180 мм. В последнем случае (при ширине валков 180 мм) целесообразно установить несколько воспламеняющихся устройств (поперек прокатываемой полосы). При подходе профилированной полосы *4* к проточному реактору включается датчик пламени *5* и воспламененная полоса шихты подается в сквозную полость реакционного стакана *7*, где осуществляется синтез компонентов шихты. Одновременно осуществляется подача хладагента N_2 (азота) через штуцер *8* в полость между стенками корпуса проточного реактора и реакционного стакана *7*. Через перфорированные стенки реакционного стакана *7* хладагент подается на прокатанную воспламененную полосу продуктов синтеза *10*, двигающуюся внутри проточного реактора, и охлаждает ее. Затем охлажденная полоса продуктов СВС подается в валки *11* измельчающего стана. При прохождении в валках *11* охлажденная полоса продуктов синтеза вальцуется с измельчением в порошковый продукт *15* для использования по прямому назначению (например, для рассеивания по фракциям). В случае необходимости повышения степени измельчения осуществляют рассогласование окружных скоростей валков *11* и (или) путем повторного пропускания измельченных продуктов через валки измельчающего стана (например, в четырехвалковом стане). Измельченный СВС-продукт выгружается из измельчающего устройства и подается (например, конвейером *14*) для дальнейшего использования (например, для рассеивания по фракциям) конечного продукта *15*.

При превышении скорости горения ($V_{гор}$) полосы *10* относительно скорости ее прокатки ($V_{пр}$) в валках *3*, горение полосы *10* при $V_{гор} > V_{пр}$ распространяется в сторону бункера *2*. В этом случае датчик пламени *5* фиксирует высокотемпературный фронт горения и передает команду на устройство регулирования скорости вращения валков *3*, которое выравнивает скорость прокатки для предотвращения перехода горения в бункер *2*.

Выводы

1. Анализ результатов испытаний по оценке полноты горения продуктов синтеза показал, что полнота горения обеспечивается практически при любой величине потока хладагента, т. е. при любой скорости горения прокатной пластины. Данный факт подтвердил возможность синтеза тугоплавких соединений не только в режиме последовательного действия, но также в режиме параллельного действия, в том числе на отдельных тонких пластинках.

2. Проточный реактор может быть использован для производства порошковых тугоплавких продуктов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в режиме непрерывного горения путем объединения всех технологических операций в единую производственную линию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гайдар С. М., Жигарев В. Д., Волков А. А., Карелина М. Ю.** Технология изготовления порошковых тугоплавких продуктов с замкнутой системой охлаждения // Технология металлов. — 2017. — № 6. — С. 28—35.
2. **Жигарев В. Д.** Экспериментальные исследования внутрикамерных характеристик высокотемпературного СВС-теплогенератора // Конверсия в машиностроении. — 2001. — № 5. — С. 88—92.
3. **Гайдар С. М., Жигарев В. Д., Кравченко И. Н., Овчинников В. А.** Термодинамические расчеты процесса охлаждения продуктов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в теплогенерирующем реакторе // Технология металлов. — 2016. — № 7. — С. 28—40.
4. **Гайдар С. М., Карелина М. Ю., Жигарев В. Д.** Оптимизация самораспространяющегося высокотемпературного синтеза при использовании фторидов галогенов в качестве воспламенителя реагентов // Технология металлов. —2016. —№ 8. — С. 41—43.
5. **Гайдар С. М., Жигарев В. Д., Волков А. А., Карелина М. Ю.** Производство порошковых тугоплавких продуктов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в режиме непрерывного горения // Технология металлов. — 2017. — № 7. — С. 37—41.

УДК 629.33.083.4
Б. А. Крамаренко, советник ректора МАДИ
E-mail: kramarenko.brs@mail.ru

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Государственная система обеспечения безопасности дорожного движения (ОБДД) в рассматриваемом аспекте содержит в своем перечне некоторые составляющие системы технической эксплуатации транспортных средств.

Ключевые слова: *дорожно-транспортное происшествие, транспортное средство, дорога, транспортный риск.*

The State Road safety System (OBDD) in the considered aspect contains in its list some components of systems oftechnical operation of vehicles.

Keywords: *road traffic accident, vehicle, road, transport risk.*

Главенствующее и руководящее положение в сфере обеспечения безопасности дорожного движения при технической эксплуатации транспортных средств занимает Правительственная комиссия по ОБДД (заседание этой комиссии состоялось 29 ноября 2018 г. в МАДИ), которая является координационным органом принятия управленческих решений и согласованных действий федеральных органов исполнительной власти в области ОБДД.

Основу и подчинение Государственной системе ОБДД составляют Государственные заказчики Федеральной целевой программы "Повышение безопасности дорожного движения в 2013—2020 годах": министерство внутренних дел, министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, министерство здравоохранения, министерство науки и высшего образования, министерство промышленности и торговли, министерство транспорта, Федеральное дорожное агентство, Федеральное казенное учреждение "Научно-исследовательский центр проблем безопасности дорожного движения".

В своем суммарном значении составляющие большинство из перечня Государственной системы ОБДД не могут иметь сколько-нибудь значимого влияния на изменение уровня показателей ДТП в силу своих установленных законом полномочий и возможностей. В результате такой деятельности ведомств, составляющих Государственную систему ОБДД, единственным субъектом, который действительно обладает определенными полномочиями в рассматриваемой сфере, является Госавтоинспекция МВД Российской Федерации (ГАИ). Только она способна эффективно принимать действенные меры, эффективно реализовывать их и достичь значимых результатов в деле организации безопасности дорожного движения.

ГАИ при ЦУДОРТРАНСе была создана 5 ноября 1934 г. как ведомство, не наделенное правом налагать взыскания за совершенные нарушения, и позже (3 июля 1936 г.) передана в ГУРКМ НКВД СССР. После этого ГАИ была наделена реальной властью, хотя ее изначальное предназначение заключалось лишь в организации безопасности дорожного движения, контроле за техническим состоянием транспортных средств (ТС), в контроле за качеством их технической эксплуатации, регистрации автомобильного транспорта, подготовке водителей и др.

Госавтоинспекцией МВД России уделяется огромное внимание различным направлениям, способствующим организации БДД. В настоящее время происходит реализация Федеральной целевой программы "Повышение безопасности дорожного движения в 2013—2020 годах" (Программа), Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 "О национальных целях и задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года", Приоритетного проекта "Безопасные и качественные автомобильные дороги".

Средства, предусмотренные Программой, в основном пошли на ОБДД и в том числе на дорожные знаки, освещение, пешеходные переходы, светофоры, ограждения, пропагандистские мероприятия. Конечно, она не дает мгновенного эффекта, но 2019 г. в целом показывает положитель-

ную динамику повышения безопасности дорожного движения. На очередном заседании правительственной комиссии по обеспечению безопасности дорожного движения РФ 29 ноября 2018 г. главный государственный инспектор безопасности дорожного движения России М. Ю. Черников отметил, что Госавтоинспекция ведет комплексную работу с точки зрения обеспечения безопасности на дорогах. На основе данных о состоянии аварийности, возрасте и социальном статусе нарушителей Правил дорожного движения, результатов социологических опросов предусматривается составить индивидуальный портрет каждого субъекта. Он пояснил, что в рамках Федеральной целевой программы "Повышение безопасности дорожного движения в 2013—2020 годах" существует реализация проектов информационного воздействия, разработанных индивидуально для различных регионов РФ.

Руководитель Госавтоинспекции МВД России отметил, что проекты реализации упомянутых выше Федеральной целевой программы, Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204, Приоритетного проекта рассчитаны не на один год и будут направлены на предупреждение опасного управления транспортными средствами, а также обеспечение безопасности пешеходов и других участников дорожного движения. Он подчеркнул, что одна из главных задач службы — функционирование системы пропагандистского воздействия на население, формирование негативного отношения к нарушениям Правил дорожного движения. Данные опросов общественного мнения свидетельствуют, что благодаря этой системе отношение участников дорожного движения к проблемам дорожной безопасности меняется. М. Ю. Черников подчеркнул, что необходимо искать аргументы, формы убеждения, наиболее эффективные для каждого российского региона.

В своем выступлении М. Ю. Черников рассказал о мерах, принимаемых Госавтоинспекцией для изменения ситуации на Российских дорогах. Он, в частности, отметил, что сегодня в обществе растет понимание социальной ответственности за климат на дорогах. Содействие Госавтоинспекции оказывают различные общественные формирования, организации и средства массовой информации.

Scania на фестивале "SPbTransportFest" в Санкт-Петербурге

Scania приняла участие в Первом международном транспортном фестивале "SPbTransportFest", который проходил в Санкт-Петербурге в рамках празднования Дня города. Техника Scania была представлена на выставке инновационной техники и пятом Петербургском международном параде ретротранспорта.

Фестиваль, организованный крупнейшим пассажирским перевозчиком Северо-Западного региона России СПб ГУП "Пассажиравтотранс" при поддержке Правительства Санкт-Петербурга, объединил сразу несколько мероприятий — выставку инновационной техники, парад ретротранспорта и международный конкурс профессионального мастерства водителей автобусов.

В выставке приняла участие инновационная техника, отличительной особенностью которой является экологичность, энергоэффективность и комфорт. Ведущие производители продемонстрировали новые технические решения для автобусов, электротранспорта и спецтехники.

Партнеры Scania предоставили для экспозиции выставки свой пассажирский транспорт. Компания "Совавто-С.Петербург" — автобус Scania K400IB 6×2*4 Touring, а международный перевозчик LUX Express — автобус Scania Irizar i8.

Автобус дальнего следования Scania K400IB 6×2*4 Touring зарекомендовал себя среди перевозчиков как надежный и комфортный транспорт. В нем предусмотрено 57 мест для пассажиров, туалетная кабина, багажное отделение объемом до 10 м^3, одно спальное место и эргономичное рабочее пространство для водителя.

Междугородный лайнер Scania Irizar i8 был признан автобусом 2018 г. в Европе по версии выставки Busworld Europe. Данный автобус рассчитан на 45 мест для пассажиров, 15 из них расположены в отдельной зоне бизнес-класса. Этой моделью автобуса располагает только компания LUX Express и футбольный клуб "Реал Мадрид".

"Автобусы Scania высоко ценятся среди перевозчиков за комфорт, управляемость, надежность и экономичность владения, которая достигается благодаря сервисным контрактам, системе мониторинга автопарка FMS, обучению водителей в школе водительского мастерства Scania. Все это помогает сделать бизнес наших клиентов еще более рентабельным и эффективным", — прокомментировал директор департамента продаж автобусов и двигателей ООО "Скания-Русь" Александр Баженов.

Кроме автобусов, Scania представила на выставке автомобиль, работающий на сжатом природном газе Scania R410 4×2. Тягач укомплектован новейшим 13-литровым газовым двигателем мощностью 410 л.с. с низким объемом вредных выбросов. По уровню выхлопных газов он превосходит перспективные нормы Евро 6. Также в выхлопе практически отсутствует сажа, которая является основной причиной пыли в крупных городах.

В рамках фестиваля "SPbTransportFest" на улицы Санкт-Петербурга вышло более 250 исторических автобусов, троллейбусов, трамваев, грузовых и легковых автомобилей из частных коллекций и музеев транспортных компаний Санкт-Петербурга, Москвы, других регионов России и стран зарубежья.

Пресс-служба ООО "Скания-Русь"

УДК 625.7/.8
Н. В. Щеголева, канд. техн. наук, доцент, СГТУ имени Гагарина Ю. А.,
А. В. Кочетков, д-р техн. наук, профессор, **В. В. Задворнов,** аспирант,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
И. Г. Шашков, канд. техн. наук, Военно-воздушная академия имени профессора
Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина, г. Воронеж; **И. А. Чижиков,** канд. техн. наук, доцент,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
E-mail: soni.81@mail.ru

МЕТОДИКА РАСЧЕТА РИСКА ПРИЧИНЕНИЯ ВРЕДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРИМЫКАНИЙ К АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ. ЧАСТЬ 1

При применении инноваций или повторных эффективных технических решений дорожного хозяйства в проектной документации рекомендуется использование оценки риска причинения ущерба. Это дает возможность экспертным организациям обоснованно давать положительные заключения на проектную документацию. Разработана методика расчета риска причинения вреда при проектировании примыканий к автомобильной дороге с учетом основополагающих работ В. В. Столярова. Рассмотрен типовой пример исследования на основе оценки и расчета риска причинения вреда. Исследование проводится с учетом Федерального закона "О техническом регулировании" и статьи 15, п. 6 Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" на основе оценки степени риска недостижения целей и требований этого Федерального закона.

Ключевые слова: *риск, оценка, расчет, дорожное хозяйство, проектная документация, автомобильная дорога, автомобиль, примыкание, скоростной режим, безопасность, дорожное движение, инновации, экспертные организации.*

At application of innovations or repeated effective technical solutions of road economy in project documentation use of an assessment of risk of causing damage is recommended. It gives the chance to the expert organizations reasonably to draw the positive conclusions on project documentation. The method of calculation of risk of infliction of harm at design of adjunctions to the highway taking into account fundamental works of V. V. Stolyarov is developed. A standard example of research on the basis of an assessment and calculation of risk of infliction of harm is reviewed. Research is conducted taking into account the Federal law "On technical regulation" and article 15, item 6 of the Federal law "Technical regulations about safety of buildings and constructions" on the basis of an assessment of degree of risk of not achievement of the objectives and requirements of this Federal law.

Keywords: *risk, assessment, calculation, road economy, project documentation, highway, car, adjunction, high-speed mode, safety, traffic, innovations, expert organizations.*

Введение

При применении инноваций или повторных эффективных технических решений дорожного хозяйства в проектной документации рекомендуется использование оценки риска причинения ущерба [1—7]. Это дает возможность экспертным организациям обоснованно давать положительные заключения на проектную документацию. Разработана методика расчета риска причинения вреда при проектировании примыканий к автомобильной дороге с учетом основополагающих работ В. В. Столярова [8—14].

Исследована проектная документация: фрагмент плана М1:500 № 66.2014-1-189 "Строительство и реконструкция автомобильной дороги М-7 "ВОЛГА" от Москвы через Владимир, Нижний Новгород, Казань до Уфы. Строительство транспортной развязки на 27 км автомобильной дороги М-7 "ВОЛГА" от Москва—Владимир—Нижний Новгород—Казань—Уфа, Московская область", выполненная ООО "ГЕО-ПРОЕКТ", г. Санкт-Петербург.

Идентификация объекта

Исследуется участок улично-дорожной сети населенного пункта по улице Владимирской, г. Ногинск Московской области.

При исследовании использовались методики Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" 2009 г. № 384-ФЗ. В части доказательной базы этого Федерального закона использовался Перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" 2008. Перечень утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1047-р.

Выявлен перечень нормативных документов, имеющих отношение к данному проекту, в частности: актуализированных редакций СНиП 2.05.02* Автомобильные дороги, СНиП 3.06.03* Автомобильные дороги, ОДМ "Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования". Проведено исследование обязательных разделов актуализированных редакций СНиП 3.06.03* Автомобильные дороги. Разделы 1—6.

Регулирование качества за счет повышения однородности является наиболее эффективным и доступным способом. Повышение качества и однородности дорожных одежд и земляного полотна приводит к повышению их надежности. Неоднородность дорожных одежд сказывается и на неоднородности их транспортно-эксплуатационных показателей. Профессором Семеновым В. А. [15] предложено оценивать однородность по коэффициенту вариации параметров.

Учитывая это, предлагается для достижения отличного и хорошего уровня качества автомобильной дороги стремиться к получению коэффициента вариации качества автомобильной дороги I уровня (повышенного) — не более 0,1; II уровня (нормального) — не более 0,15; III уровня (пониженного) — не более 0,2 (табл. 2, гр. 11).

В соответствии с ФЗ № 184-ФЗ "О техническом регулировании" установлена степень риска и степень причинения ущерба: для I уровня — пониженная; для II уровня — средняя; для III уровня — повышенная (табл. 2, гр. 12).

В соответствии с Федеральным законом "О техническом регулировании" 2002 г. с изменениями и дополнениями и Федеральным законом "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" 2009 г. в Российской Федерации действует Перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений". Перечень утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1047-р.

Также проведена экспертиза уровней ответственности в соответствии с Федеральным законом "Технический регламент "О безопасности зданий и сооружений" 2009 г. [15, 16]. Выявлены повышенный, нормальный, пониженный уровни ответственности. Это соответствует дорогам первой, второй и третьей категории.

Дорога по улице Владимирской является дорогой первой категории (имеется асфальтобетонное покрытие, является составным элементом улично-дорожной сети) и **нормируется по повышенному уровню ответственности.**

Проведено исследование материалов Постановления Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2014 г. № 1521 "Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" (с изменениями на 29 сентября 2015 г.) (редакция, действующая с 1 марта 2016 г.)".

Для целей настоящей экспертизы к руководству к действию выбраны следующие обязательные к применению нормативные документы:

1. ГОСТ 27751—2014 "Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения". Разделы 1 (пункт 1.2), 3, 4 (пункты 4.1, 4.2), 5 (за исключением пункта 5.2.6), 6 (за исключением пункта 6.1.1), 7—13. (Пункт в редакции, введенной в действие с 1 октября 2015 г. постановлением Правительства Российской Федерации от 29 сентября 2015 г. № 1033).

2. ГОСТ 31937—2011 "Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния". Разделы 1, 6 (пункты 6.2.5, 6.2.6, 6.3.2, 6.3.3, 6.4.18, 6.4.19, 6.4.20), приложения Б, В, К, Л.

...

22. СП 34.13330.2012 "СНиП 2.05.02—85* "Автомобильные дороги". Разделы 1, 7 (пункты 7.1—7.5, 7.25—7.35, 7.40—7.63), 8 (пункты 8.1—8.5, 8.7—8.14, 8.16, 8.17, 8.19—8.38), 9 (пункт 9.5), 10 (пункты 10.4—10.13, 10.17—10.22), 11 (пункты 11.6, 11.8, 11.13), 12 (за исключением пункта 12.21).

...

48. СП 78.13330.2012 "СНиП 3.06.03—85 "Автомобильные дороги". Разделы 1, 4 (пункт 4.2), 6 (пункт 6.6), 12 (пункт 12.5.3).

Важно отметить, что согласно информации от заявителя экспертизы нет ссылки разработанных мероприятий по безопасности на Федеральный закон "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" 2009 г. № 384-ФЗ и Перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" 2008. Перечень утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1047-р.

Исследовательская часть выявила следующее.

1. Не установлен конкретный перечень нормативных ссылок на обязательные к применению или выбранные заказчиком нормативные документы, по которым должен проводиться контроль качества выполненных работ. Также нет ссылок на Федеральный закон "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений".

2. Поэтому исследование проводится с учетом Федерального закона "О техническом регулировании" и статьи 15, п. 6 Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" на основе оценки степени риска недостижения целей и требований этого Федерального закона.

Определение технических характеристик объекта экспертизы

Магистральная (скоростная) дорога является четырехполосной.

В качестве опасности риска выделен поворот вправо при движении от г. Москвы.

Данный поворот был идентифицирован по следующим параметрам. Радиус кривизны 8,0 м, границы поворота выложены бордюрным камнем. Ширина съезда 6,0 м.

Основными исходными данными для расчета риска на участке автомобильной дороги являются:

1. Участок улично-дорожной сети населенного пункта Балашиха по улице Владимирской.

2. Рабочий чертеж с нанесенными на нем фактическими размерами конструкций и графические схемы участка ремонтируемой улично-дорожной сети:

— радиус примыкания к автомобильной дороге ("к домам") — 8 м;

— ширина съезда — 6 м;

— количество полос движения в одном направление — 4 полосы;

— ширина четырех полос — 15,0 м.

3. Интенсивность движения расчетная — 770 авт/ч.

4. Категория дороги IБ.

5. Состав транспортного потока на рассматриваемом участке движения характеризуется преобладанием легкового автотранспорта:

— легковой транспорт — 68,2 %;

— автобусы — 3,7 %;

грузовой автотранспорт грузоподъемностью:

— до 2 т — 16,9 %;

— до 5 т — 3,7 %;

— до 12 т — 3,6 %;

— свыше 12 т — 3,9 %.

6. Расчетная скорость — 120 км/ч.

Автомобильная дорога относится согласно ГОСТ Р 52398— 2005 "Классификация автомобильных дорог" к классу "скоростная дорога" (табл. 1):

— имеет на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой;

— не имеет пересечений в одном уровне с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками;

Таблица 1

Техническая классификация автомобильных дорог общего пользования

Класс автомобильной дороги	Категория автомобильной дороги	Общее количество полос движения	Ширина полосы движения, м	Центральная разделительная полоса	Пересечения с автомобильными дорогами, велосипедными и пешеходными дорожками	Пересечения с железными дорогами и трамвайными путями	Доступ на дорогу с примыканием в одном уровне
Скоростная дорога	IБ	4 и более	3,75	Обязательна	В разных уровнях		Допускается без пересечения прямого направления

Таблица 2

Параметры элементов поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог [ГОСТ Р 52398]

Параметры элементов дорог	Скоростная дорога IБ
Общее число полос движения, шт.	4 и более
Ширина полосы движения, м	3,75
Ширина обочины, м	3,75
Ширина краевой полосы у обочины, м	0,75
Ширина укрепленной части обочины, м	2,5
Наименьшая ширина центральной разделительной полосы без дорожных ограждений, м	6,0
Наименьшая ширина центральной разделительной полосы с ограждением по оси дороги, м	2 м + ширина ограждения
Ширина краевой полосы безопасности у разделительной полосы, м	1,0

Таблица 3

Расчетные параметры улиц и дорог городов [СП 42.13330.2011]

Категория дорог и улиц	Расчетная скорость движения, км/ч	Ширина полосы движения, м	Число полос движения	Наименьший радиус кривых в плане, м	Наибольший продольный уклон, ‰	Ширина пешеходной части тротуара, м
Магистральные дороги:						
скоростного движения	120	3,75	4...8	600	30	—
регулируемого движения	80	3,50	2...6	400	50	—
Магистральные улицы:						
общегородского значения:						
непрерывного движения	100	3,75	4...8	500	40	4,5
регулируемого движения	80	3,5	4...8	400	50	3,0
районного значения:						
транспортно-пешеходные	70	3,5	2...4	250	60	2,25
пешеходно-транспортные	50	4,0	2	125	40	3,0
Улицы и дороги местного значения:						
улицы в жилой застройке	40	3,0	2...3*	90	70	1,5
	30	3,0	2	50	80	1,5
улицы и дороги научно-производственных,	50	3,5	2...4	90	60	1,5
промышленных и коммунально-складских районов	40	3,5	2...4	90	60	1,5
парковые дороги	40	3,0	2	75	80	—
Проезды:						
основные	40	2,75	2	50	70	1,0
второстепенные	30	3,5	1	25	80	0,75
Пешеходные улицы:						
основные	—	1,0	По расчету	—	40	По проекту
второстепенные	—	0,75	То же	—	60	То же
Велосипедные дорожки:						
обособленные	20	1,5	1...2	30	40	—
изолированные	30	1,5	2...4	50	30	—

— доступ на которую возможен через пересечения в разных уровнях и примыкания в одном уровне (без пересечения потоков прямого направления), устроенных не чаще чем через 3 км друг от друга.

Основные параметры элементов поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог в зависимости от их категории по ГОСТ Р 52398 (следует принимать по табл. 2) и ГОСТ Р 52399, которые соответствуют проектным значениям.

Согласно СП 42.13330.2011 "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений" радиусы закругления проезжей части улиц и дорог по кромке тротуаров и разделительных полос следует принимать не менее: для магистральных улиц и дорог регулируемого движения 8 м, местного значения 5 м, на транспортных площадях 12 м (табл. 3).

При анализе документации эксперт выделяет два типа риска при обследуемых дорожных условиях:

1. Риск потери устойчивости на радиусе закругления проезжей части улиц и дорог по кромке тротуара;

2. Риск наезда сзади на впереди идущий автомобиль.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Стандартизация испытаний** строительных, дорожных материалов и изделий / Челпанов И. Б., Евтеева С. М., Талалай В. В., Кочетков А. В., Юшков Б. С. // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. — 2011. — № 2. — С. 57—68.
2. **Статистические методы** организации контроля качества при производстве дорожно-строительных материалов / Кочетков А. В., Васильев Ю. Э., Каменев В. В., Шляфер В. Л. // Качество. Инновации. Образование. — 2011. — № 5 (72). — С. 46—51.
3. **Организационно-экономический механизм** инновационной деятельности дорожного хозяйства / Аржанухина С. П., Сухов А. А., Кочетков А. В., Янковский Л. В. // Инновационный Вестник Регион. — 2012. — № 4. — С. 40—45.
4. **Перспективы развития** инновационной деятельности в дорожном хозяйстве / Кочетков А. В., Янковский Л. В. // Инновационный транспорт. — 2014. — № 1 (11). — С. 42—45.
5. **Аржанухина С. П., Кочетков А. В., Козин А. С., Стрижевский Д. А.** Нормативное и технологическое развитие инновационной деятельности дорожного хозяйства // Интернет-журнал Науковедение. — 2012. — № 4 (13). С. 69.
6. **Аржанухина С. П., Кочетков А. В., Козин А. С., Стрижевский Д. А.** Совершенствование структуры отраслевой диагностики федеральных автомобильных дорог / Интернет-журнал Науковедение. 2012. № 4 (13). С. 70.
7. **Кочетков А. В., Янковский Л. В.** Перспективы развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве // Инновационный транспорт. 2014. № 1 (11). С. 42—45.
8. **Столяров В. В.** Дорожные условия и организация движения с использованием теории риска. — Саратов: СГТУ, 1999. — 168 с.
9. **Столяров В. В.** Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска. — Саратов: СГТУ, 1994. Ч. 1. — 184 с.
10. **Столяров В. В.** Теория риска в проектировании плана дороги и организации дорожного движения: учеб. пособие. — Саратов: СГТУ, 1995. — 84 с.
11. **Вероятностный подход** при определении ущерба при авариях на автомобильных дорогах / Столяров В. В., Щеголева Н. В., Кочетков А. В. // Грузовик. 2017. № 9. С. 46—48.
12. **Столяров В. В., Щеголева Н. В., Кочетков А. В.** Определение входных параметров для математических моделей оценки риска потери информации // Грузовик. 2016. № 11. С. 40—44.
13. **Столяров В. В., Щеголева Н. В., Валиев Ш. Н., Кочетков А. В.** Методические подходы совершенствования нормативного обеспечения технического регулирования дорожного хозяйства с учетом теории риска // Грузовик. 2016. № 7. С. 45—48.
14. **Столяров В. В., Щеголева Н. В., Кочетков А. В., Задворнов В. Ю.** Основные формулы теории риска при суммировании логнормальных законов распределения // Строительные материалы. — 2018. — № 1—2. — С. 73—80.
15. **Семенов В. А.** Качество и однородность автомобильных дорог. — М.: Транспорт 1989 — 125 с.
16. **Обоснование введения** ограничений режима движения на дорогах федерального значения на основе выявления и мониторинга участков концентрации ДТП / Стрижевский Д. А., Щеголева Н. В., Шашков И. Г., Кочетков А. В., Задворнов В. Ю. // Грузовик. — 2017. — № 6. — С. 35—41.
17. **Оценка технических рисков** в техническом регулировании дорожного хозяйства / Ю. Э. Васильев, Ш. Н. Валиев, С. В. Ильин, Ю. А. Рюмин, В. В. Талалай, Н. В. Щеголева; под ред. А. В. Кочеткова и Н. Е. Кокодеевой. — М.: Изд-во МАДИ, 2017. — 265 с.

ПРЕСС-ТУР
ВЫСТАВКИ • КОНФЕРЕНЦИИ • ПРЕЗЕНТАЦИИ

SCANIA НА ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

На территории земли Гессен в Германии открылся участок дороги для испытаний в реальных условиях грузовиков с токоприемниками, получающих питание по воздушной электросети. В тестах участвуют гибридные автомобили компании Scania, способные работать как на дизельном топливе, так и на электротяге.

Тестовый автобан представляет собой участок автомагистрали А5 между аэропортом Франкфурта-на-Майне и Дармштадтом протяженностью 5 км, вдоль которого расположены опоры с подвесными контактными электросетями над крайней правой полосой в каждом направлении.

Двигаясь по обычным участкам дорог на привычном топливе, гибридные грузовики переходят на электротягу при въезде на полосу с контактными электросетями — так называемую eHighway. С помощью специального датчика водитель получает информацию о том, что участок дороги оборудован воздушной электрической линией, и нажатием кнопки поднимает пантографы, установленные на крыше кабины. При подключении к проводам пантограф передает энергию непосредственно на электродвигатель, одновременно заряжая аккумулятор. После съезда с eHighway электродвигатель может работать от батареи, и только после исчерпания заряда перейти на основное топливо.

Поскольку современный транспорт с двигателями внутреннего сгорания является одним из основных источников загрязняющих выбросов в атмосферу, в мире активно ведется разработка автомобилей на электрической тяге. Scania на протяжении многих лет инвестирует средства в разработку решений для электрификации транспорта.

"Компания рассматривает электрические дороги как одну из многообещающих технологий. Электрификация транспортных средств развивается быстро, и благодаря своим экологическим, социальным и экономическим выгодам она сыграет важную роль на пути реализации концепции устойчивого развития, которой придерживается Scania", — говорит Клас Эриксон, исполнительный вице-президент Scania по исследованиям и разработкам.

Технология электрифицированных автомагистралей, разработанная компанией Siemens, обеспечивает не только отсутствие выхлопных газов и уменьшение шума, но и позволяет владельцам грузовиков экономить на топливе. А возможность заряжать автомобили во время езды сокращает время простоя транспорта для зарядки аккумуляторов. При этом грузовики на электрической тяге способны развивать скорость до 90 км/ч.

Летом 2019 г. будет запущен электрифицированный отрезок автобана А1 до порта Любек. Еще один участок будет проложен в Баден-Вюртемберге на федеральной дороге В462 в начале 2020 г. Scania поставит для трех электрифицированных автобанов Германии 15 опытных седельных тягачей.

Пресс-служба ООО "Скания-Русь"

HYUNDAI TRUCK AND BUS RUS НА ВЫСТАВКЕ COMTRANS 2019

На международной выставке коммерческого транспорта COMTRANS 2019, которая прошла осенью в московском "Крокус Экспо", Hyundai Truck and Bus Rus — официальный дистрибьютор коммерческой техники Hyundai Motor Company в России — представил свои топовые модели, а также новинки.

На стенде компании демонстрировался новый **Mighty** — более современный и эффективный автомобиль в ряду среднетоннажных грузовиков Hyundai.

Универсальные грузовики Mighty разработаны для выполнения различных коммерческих задач. На представленных на выставке шасси были установлены различные типы надстроек: фургон высокой изотермичности объемом 21,1 куб. м с внутренними размерами кузова 4890×2110×1990 мм и коэффициентом теплопроводности 0,4 Вт/м^2 °К; вакуумно-подметальная машина вместимостью 4 куб. м с шириной захвата уборочной поверхности 2100 мм и скоростью уборки до 10 км/ч; крюковый погрузчик грузоподъемностью 6000 кг рабочей (погрузочной) длиной 3700 мм, с высотой захвата 900 мм и длиной телескопического перемещения 900 мм.

Еще один экспонат — Hyundai **HD78** является самым популярным в России грузовиком иностранного производства полной массой 7,5 т. При производстве кабины с 2018 г. используется новая технология окраски, которая обычно применяется для легковых авто и гарантирует лучшую защиту от коррозии.

В 2019 г. модельный ряд HD78 пополнился новой модификацией CNG (работает на метане) с газомоторным двигателем мощностью 133 л.с. стандарта Евро 5. Силовой агрегат будет работать на сжатом топливе.

На выставке был представлен дизельный HD78, на котором установлена сдвижная эвакуаторная платформа погрузочной длиной 5320 мм и грузоподъемностью 3000 кг с 9-градусным углом заезда.

Посетители выставки ознакомились с изотермическим 4-слойным фургоном на удлиненном шасси **HD120 ULTRA LONG** (7400×2590×2500 мм), высота отбортовки — 250 мм, покрытие пола — пластиковое. Вес надстройки — 1750 кг.

Грузовик полной массой 11,9 т оснащен обновленным 5,9-литровым двигателем D6GA мощностью 250 л.с. с крутящим моментом 853 Н·м (+34 %) при 1400 мин$^{-1}$. На автомобиле установлены два топливных фильтра с подогревом: основной — на двигателе и фильтр предварительной очистки — на раме. Это обеспечивает дополнительную защиту форсунок и позволяет эффективно эксплуатировать силовой агрегат в условиях минусовых температур и низкого качества топлива.

HD35City — грузовик, идеально приспособленный для города. Автомобиль обладает полной массой 3,5 т и грузоподъемностью 1700 кг. Мощность двигателя с крутящим моментом 255 Н·м при 2000 мин$^{-1}$ составляет 130 л.с. Сниженный расход топлива при полной загрузке машины (10—11 л/100 км) делает эту модель на 35—40 % более экономичной по сравнению с рыночными аналогами. На шасси грузовика будет установлен изотермический фургон с низкой платформой, выполненный из монолитных пенополиуретановых сэндвич-панелей и оснащенный холодильным агрегатом Carrier CityMax 280.

Пресс-служба Hyundai Truck and Bus Rus

Художественный редактор *Д. С. Рыбакова*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Е. В. Комиссарова*
Сдано в набор 08.10.2019. Подписано в печать 19.11.2019. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер", 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: **www.aov.ru**