

ГРУЗОВИК

10
2016

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредитель ООО "Научно-техническое издательство
"Инновационное машиностроение"
Главный редактор С.Н. ПЕДЕНКО

Редакционный совет

Д.Х. Валеев,
д-р техн. наук
В.А. Волчков
С.М. Гайдар,
д-р техн. наук
Л.В. Грехов,
д-р техн. наук, проф.
В.А. Зорин,
д-р техн. наук
В.В. Комаров,
канд. техн. наук
В.А. Марков,
д-р техн. наук, проф.
А.Н. Ременцов,
д-р пед. наук, канд. техн. наук

О.Н. Румянцева,
ген. дир. ООО "Издательство
"Инновационное
машиностроение"
А.Ф. Синельников,
канд. техн. наук, проф.
А.А. Солицев,
д-р техн. наук
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 № ФС 77-63955
от 09.12.2015 г.

Подписной индекс:
по каталогу "Роспечать" 373409,
по объединенному каталогу
"Пресса России" 39799,
по каталогу "Почта России" 25782

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение»,
«Грузовик», 2016

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 Фасхиев Х. А. Метод оценки уровня совершенства автомобиля

- 11 Колегов Д. Ю., Зотов И. А. Жидкостная система очистки отработавших газов дизеля

Исследования. Расчет

- 13 Горелов В. А., Морозов А. В. Разработка методики повышения эвакуационных свойств военных колесных машин на этапе проектирования

Практика

- 20 Гребенников С. А., Гребенников А. С., Косарева А. В., Шерин А. А. Диагностирование элементов ДВС динамическим методом

- 25 Карелина М. Ю., Гайдар С. М., Тайсаев К. К., Жигарев В. Д., Волков А. А. Лабораторное устройство для химического инициирования процесса СВС

- 28 Ананын М. Ю., Антропов Б. С., Лебедев А. Е., Лебедев Д. В. Методы оценки режимов работы автомобильных двигателей в эксплуатации

- 32 Удер Э. И., Исаенко В. Д., Исаенко А. В., Исаенко П. В. Комплексная защита топливных систем дизельной техники от эксплуатационных загрязнений

Городской пассажирский наземный транспорт

- 36 Максимов В. А., Крылов Г. А., Исаилов Р. И., Максимов П. В., Рошак С. В. Рекомендации по оценке эффективности эксплуатации городских автобусов

Транспортный комплекс

- 40 Козловский В. Н., Строганов В. И., Новикова А. П. Электротехническая система мониторинга сопротивления изоляции комплекса электроснабжения автономных транспортных объектов

- 45 Кочетков А. В., Федотов П. В., Карпев С. В. Проблемы длинных волн в дорожной отрасли

Безопасность

- 47 Крамаренко Б. А. Федеральный гостехнадзор в сфере обеспечения безопасности дорожного движения

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/](http://elibrary.ru/)

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ 2015 г. — 0,208.
Место в рейтинге SCIENCE INDEX за 2014 г. по тематике "Транспорт" — 11;
по тематике "Машиностроение" — 44. http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9777

Информация на сайте "Autotransportnik.ru"

Truck

10
2016

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL MAGAZINE

Founder JSC Scientific and Technical Publishing House "Innovative Engineering"
Editor-in-Chief S.N. PEDEJKO

Editorial council

D.Kh. Valeev,
dr.en.s.
V.A. Volchkov
S.M. Gaydar,
dr.en.s., prof,
L.V. Grekhov,
dr.en.s., prof.
V.A. Zorin,
dr.en.s.
V.V. Komarov,
PhD in en.s.
V.A. Markov,
dr.en.s., prof.
A.N. Rementsov,
dr.Hab, PhD in en.s.

O.N. Rumyantseva,
General Director,
JSC "Publisher
"Innovative Engineering"
A.F. Sinel'nikov,
PhD in en.s., prof.
A.A. Solntsev,
dr.en.s.
V.S. Ustimenko,
PhD in en.s.
Kh.A. Faskhiev,
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, str. 12
Ph. (499) 269-48-96
E-mail: qnjzovik@mashin.ru; smp748@yandex.ru
<http://www.mashin.ru>

Address of publishing house
107076, Kolodezny Lane, house 2, 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 catalog "Rospechat" 373409,
according to the integrated catalog
"Press of Russia" 39799,
according to the catalog "Russian Post" 25782

JSC Innovationsnoye mashinostroyeniye Publishing House,
"Truck", 2016

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 advertising materials responsibility is born by the advertiser.



CONTENTS:

Design

- 3 Faskhiev Kh. A. Measurement of level of perfection of the car
11 Kolegov D. Yu., Zотов I. A. Liquid purification system of exhaust gases of a diesel engine

Research. Calculation

- 13 Gorelov V. A., Morozov A. V. Development of the method of improving the properties of wheel machinery military evacuation during the design phase

Practice

- 20 Grebennikov S. A., Grebennikov A. S., Kosareva A. V., Sherin A. A. Diagnosing the elements of internal combustion engines of dynamic method
25 Karelina M. Yu., Gajdar S. M., Tajsaev K. K., Zhigarev V. D., Volkov A. A. Laboratory device for chemical initiation of self-propagating high-temperature synthesis process
28 Ananyin M. Yu., Antropov B. S., Lebedev A. E., Lebedev D. V. Methods of the assessment of operating modes of automobile engines in operation
32 Udler E. I., Isaenko V. D., Isaenko A. V., Isaenko P. V. Comprehensive protection of fuel systems of diesel technology from operational pollution

Public passenger land transport

- 36 Maksimov V. A., Krylov G. A., Ismailov R. I., Maksimov P. V., Roschak S. V. Recommendations for the evaluation of the effectiveness of operation of city buses

Transportation complex

- 40 Kozlovskiy V. N., Stroganov V. I., Novikova A. P. The electrical monitoring system of resistance of isolation of a complex of the Autonomous power supply of transport facilities
45 Kochetkov A. V., Fedotov P. V., Karpeev S. V. Fourier analysis in the road sector

Security

- 47 Kramarenko B. A. Federal gostekhnadzor in the field of providing of safety of travelling motion

КОНСТРУКЦИЯ

УДК 629.113

Х. А. Фасхиев, д-р техн. наук, профессор, Уфимский государственный авиационный технический университет, ФБГОУ ВПО "Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации"
E-mail: faskhiev@mail.ru

МЕТОД ОЦЕНКИ УРОВНЯ СОВЕРШЕНСТВА АВТОМОБИЛЯ

Предлагается универсальный метод оценки качества автомобилей, базирующийся на определении разности показателей качества оцениваемого и "идеального" объекта для данной группы. Разности индивидуальных показателей качества сравниваемых объектов интегрируются сначала по методу "профилей" в групповые комплексные показатели, а затем с учетом весомости групп — в интегральный коэффициент качества. Конкурентоспособность рассчитывается по методу предпочтений потребителей путем интеграции коэффициента качества и цены объекта с учетом их важности для лица, принимающего решение. Сравнивая полученные коэффициенты качества и конкурентоспособности объектов и "идеального" устанавливается, насколько они отклоняются от "идеала". Практическая применимость разностного метода измерения качества и конкурентоспособности продуктов показана на примере четырех автомобилей.

Ключевые слова: объект, "идеал", разностный метод, оценка, качество, автомобиль, конкурентоспособность.

The universal method of measurement of quality of objects which is based on definition of a difference of indicators of quality of the estimated and "ideal" object for this group is offered. Differences of individual indicators of quality of the compared objects are integrated at first on a method of "profiles" into group complex indicators, and then taking into account ponderability of groups — into integrated coefficient of quality. Competitiveness calculates on a method of preferences of consumers by integration of coefficient of quality and the price of object taking into account their importance for the person making the decision. Comparing the received coefficients of quality and competitiveness of competitive objects and "ideal" is established as far as they deviate "ideal". Practical applicability of a differential method of measurement of quality and competitiveness of products is shown on the example of four cars.

Keywords: object, "ideal", differential method, assessment, quality, car, competitiveness.

В условиях открытой конкурентной экономики конкурентоспособность товара определяет выживаемость и успешность хозяйствующего субъекта. Под продуктом будем подразумевать все то, что предлагается на рынке для приобретения, использования с целью удовлетворения определенных потребностей (товары, услуги, технологии, новшества). Конкурентоспособность продукта — это оцененное потребителем его превосходство над аналогами в конкретный момент времени в выбранном сегменте рынка, достигнутое без ущерба кому-либо, благодаря совокупности технико-экономических свойств (качества) продукта и его цены. Данное определение однозначно определяет структуру изучаемой категории, тем самым указывает способ ее измерения и направления управления ее уровнем. Конкурентоспособность определяется двумя категориями — качеством и це-

ной продукта, хотя на этот счет имеются и другие мнения [1]. Представление продукта по Котлеру на трех уровнях, т.е. по замыслу, по реальному исполнению и с подкреплением, позволяет совокупность потребительских свойств продукта и все то, что с ним связано интегрировать в категорию "качество". Под качеством продукта в статье будем подразумевать оцененное потребителем превосходство его над конкурентами в конкретный момент времени по совокупности технико-экономических показателей за весь жизненный цикл, и при минимальном ущербе окружающим.

Объективная оценка качества продукта практически решает задачу ранжирования продуктов, управления уровнем их конкурентоспособности, особых проблем с определением значения второго компонента конкурентоспособности — цены, нет. Анализ

КОНСТРУКЦИЯ

литературы [1–7] показывает, что общепринятого метода измерения качества объектов нет, что обусловлено многогранностью исследуемой категории, множеством и различием объектов измерения, целей субъектов оценки. В известных методах, в частности, не учитывается динамика показателей продукта в жизненном цикле; не разработаны принципы формирования номенклатуры показателей качества продукта; не установлено минимальное число показателей для объективной оценки качества; часто показатели оцениваемого продукта сравниваются с показателями базового, а принципы выбора базы не разработаны; измеренные показатели часто используются не непосредственно, а субъективно трансформируются в баллы, затем суммируются; весомость показателей качества устанавливается субъективно; ряд методов применимы лишь для уже материализованных продуктов; иногда игнорируются принципы квалиметрии.

Приведенное выше определение подчеркивает, что "качество" — это превосходство одного объекта над другим. При этом возникает естественный вопрос: насколько качество изучаемого продукта выше уровня качества конкурента, или признанного всеми продукта? Достаточно объективный известный метод измерения качества — метод "профилей" [6], как и другие методы, на этот вопрос не дает ответа. В связи с этим в данной работе ставится цель — разработка метода измерения качества и конкурентоспособности продуктов, позволяющий численно оценить, насколько один продукт совершеннее другого.

Обозначенную задачу будем решать путем установления "идеального" продукта и определения, насколько показатели качества и конкурентоспособности оцениваемого продукта отличаются от показателей "идеального". Интегральная оценка качества будет осуществляться по индивидуальным разностным показателям качества продукта по алгоритму, приведенному на рисунке. В этом алгоритме ключевой момент — формирование "идеального" продукта, у которого все индивидуальные показатели должны быть самыми лучшими среди сравниваемых продуктов.

Формирование "идеального" продукта может осуществляться тремя способами:

1) при наличии в классе оцениваемых объектов признанного всеми лучшим по качеству продукта принять его за "идеал";

2) за "идеал" принимается самый высококачественный в классе продукт, и те индивидуальные показатели, которые у него не самые высокие заменяются лучшими среди сравниваемых объектов;

3) формирование условного "идеала", придав ему самые лучшие, реализованные в сравниваемых объектах индивидуальные показатели качества.

Для применения на практике первого и второго способа в оцениваемом классе должен быть общеизвестный лидер, на который равняются конкуренты. Выделяющиеся от остальных в лучшую сторону продукты наиболее часто встречаются в сфере вооружений. Например, такие продукты российского военно-промышленного комплекса, как многоцелевой истребитель Су-35, дизель-электрическая подлодка "Амур", танк Т-14 "Армата", противокорабельная ракета П-800 "Оникс", парогазовые перекисно-водородные торпеды "53-65" по данным американского журнала "The National Interest" по техническим характеристикам существенно превосходят своих конкурентов [8], и могут быть приняты как "идеальный" продукт.



Алгоритм измерения качества продукта по разностному методу

КОНСТРУКЦИЯ

Наиболее практичным и удобным для лица, принимающего решение (ЛПР), является третий способ формирования "идеального" продукта. В этом способе после установления конкурирующих продуктов и выбора номенклатуры оценочных показателей качества определяются лучшие индивидуальные показатели, которые присваиваются "идеалу".

Интегральный коэффициент качества по разностному методу будем определять придерживаясь положений метода "профилей" [4]. Выбранные показатели качества сначала по схожим признакам группируются и рассчитываются комплексные показатели качества без учета весов показателей, затем они обобщаются в интегральный коэффициент качества с учетом весомости групп, определенных по методу анализа иерархий (МАИ). Комплексный разностный показатель качества i -ой группы рассчитывается по формуле:

$$\Delta_i = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta_n}{n_i}, \quad (1)$$

где $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots, \Delta_n$ — приведенная разность показателей качества "идеала" и реального продукта; n_i — число индивидуальных показателей качества в i -й группе.

В целях оценки показатели качества разделяются на "прямые" и "обратные". "Прямыми" называются такие показатели, с увеличением значений которых качество продукта повышается, а для "обратных" наоборот — снижается. Например, для автомобиля дорожный просвет, объем багажника "прямой" показатель, контрольный расход топлива, тормозной путь — "обратный". Значения приведенных разностей для прямых показателей качества определяются по соотношению:

$$\Delta_j = \frac{\Pi_{j\max} - \Pi_j}{\Delta\Pi_{j\max}}, \quad (2)$$

где $\Delta\Pi_{j\max}$ — максимальная разность j -го показателя среди сравниваемых продуктов; Π_j — значение j -го показателя оцениваемого продукта.

Для обратных показателей приведенная разность вычисляется по формуле

$$\Delta_j = \frac{\Pi_j - \Pi_{j\min}}{\Delta\Pi_{j\max}}, \quad (3)$$

где $\Pi_{j\min}$ — минимальное значение j -го показателя среди сравниваемых продуктов.

Приведенная разность показателя качества меняется в пределах $0 \leq \Delta_j \leq 1$, и чем она меньше, тем продукт по данному показателю ближе к "идеалу". После расчета приведенных разностей по формулам (2)–(3) и комплексного группового показателя по формуле (1) определяется интегральный коэффициент качества:

$$K_K = \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta_i, \quad (4)$$

где α_i — коэффициенты весомости i -ой группы показателей; m — число групп показателей.

Наиболее качественной будет тот продукт, у которого коэффициент качества, рассчитанный по формуле (4), наименьший, т.е. он ближе других к "идеалу". У "идеала" $K_K = 0$. Отношение коэффициентов качества сравниваемых продуктов показывает, насколько один продукт качественнее другого. Сравнение конкурирующих продуктов может осуществляться также и по комплексным групповым показателям, выявить "сильные" и "слабые" позиции продукта среди конкурентов.

Опробование разностного метода оценки качества было произведено на примере четырех бюджетных легковых седанов В-класса, продаваемых на рынке России (таблица). Предварительно принятые 102 показателя качества были разделены на восемь групп, и согласно алгоритму (см. рисунок) после выбора "идеала" сначала по формуле (1) определялись групповые комплексные показатели качества, затем с учетом весов по формуле (4) — интегральный коэффициент качества.

Среди сравниваемых седанов однозначно признанного лидера нет, поэтому формировался условный "идеал" из лучших показателей выбранных четырех моделей. Лучшим для "прямых" считается наибольший из показателей среди конкурентов, а для "обратных" — наименьший. В таблице в числите приведены измеренные экспертами журналов "Авторевю" [9] и "За рулем" [10] показатели качества автомобилей, а в знаменателе их отклонения от показателей "идеала". Показатели "идеала" в таблице выделены жирным шрифтом. Разностные как "прямые", так и "обратные" показатели у "идеала", равны нулю. Отметим, что в предложенной методике измеренные показатели качества при расчете интегрального показателя качества используются непосредственно без перевода в баллы, что повышает объективность оценки.

КОНСТРУКЦИЯ

Результаты расчета коэффициента качества и конкурентоспособности бюджетных седанов В-класса

Группа	Показатели	Chery Bonus 3	Datsun on-DO	Renault Logan	Lada Granta
1. Размерные	1.1. Дорожный просвет, мм	134/33*	167/0**	158/9	163/4
	1.2. Передний угол свеса, град.	16/5	20/1	16/5	21/0
	1.3. Задний угол свеса, град.	22/3	20/5	25/0	23/2
	1.4. Объем багажника, л	565/83	648/0	610/38	591/67
	1.5. Высота салона внутри, мм	1210/0	1190/20	1210/0	1210/0
	1.6. Ширина салона по 1 ряду, мм	1355/20	1360/15	1375/0	1360/15
	1.7. Высота до потолка над водителем, мм	965/65	1005/25	1030/0	1015/15
	1.8. Минимальная ширина багажника, мм	860/80	905/15	920/0	910/10
	1.9. Ширина 2 ряда сидений, мм	875/0	810/65	865/10	820/55
	1.10. Угол изменения руля, град.	5,5/1,5	3,5/3,5	7/0	3,5/3,5
	1.11. Максимальная глубина багажника, мм	1840/40	1670/210	1880/0	1670/210
	1.12. Высота потолка над пассажиром, мм	930/30	945/15	960/0	940/20
	1.13. Объем топливного бака, л	42/8	50/0	50/0	50/0
	1.14. Число мест, человек	5/0	5/0	5/0	5/0
	1.15. Колесная база, мм	2570/64	2476/158	2634/0	2476/158
	<i>1.17. Погрузочная высота багажника, мм</i>	730/80	655/5	750/100	650/0
	<i>1.18. Погрешность показания спидометра, %</i>	3,8/1,3	4,6/2,1	3,1/0,6	2,5/0
	<i>1.19. Высота автомобиля, мм</i>	1493/0	1500/7	1517/24	1500/7
	<i>1.20. Длина автомобиля, мм</i>	4450/204	4337/91	4346/100	4246/0
K _K группы	Коэффициент весомости = 0,076	0,467	0,429	0,130	0,441
2. Силовые и весовые	2.1. Грузоподъемность, кг	375/100	475/0	440/35	475/0
	2.2. Номинальная мощность двигателя, л.с.	109/0	87/22	82/27	98/11
	2.3. Максимальный крутящий момент двигателя, Н · м	140/5	140/5	134/11	145/0
	2.4. Рабочий объем двигателя, куб. см	1497/101	1596/2	1598/0	1596/2
	2.5. Число клапанов	16/0	8/8	8/8	16/0
	2.6. Передаточное число на первой передаче	3,55/0,18	3,64/0,9	3,73/0	3,64/0,9
	2.7. Доля веса, приходящая на переднюю ось, %	60,4/0,6	59,5/1,5	61/0	60,4/0,6
	<i>2.8. Снаряженная масса, кг</i>	1208/123	1085/0	1106/21	1085/0
K _K группы	Коэффициент весомости = 0,060	0,298	0,187	0,235	0,063
3. Динамические и управляемости	3.1. Максимальная скорость, км/ч	180,6/0	168,9/11,7	168,7/11,9	173,1/7,5
	3.2. Выбег 120-50 км/ч, м	1305/74	1263/116	1379/0	1182/197
	3.3. Выбег 50-0 км/ч, м	568/80	608/40	648/0	494/164
	3.4. Скорость выполнения маневра "Лосинный тест", км/ч	72,2	76,4	75,8	79,4

КОНСТРУКЦИЯ

Продолжение таблицы

Группа	Показатели	Chery Bonus 3	Datsun on-DO	Renault Logan	Lada Granta
3. Технические характеристики	3.5. Скорость выполнения маневра "Поворот", км/ч	70/2,5	70/2,5	72,5/0	72,5/0
	3.6. Время разгона до 100 км/ч, с	14,6/1,7	12,9/0	13,8/0,9	13,1/0,2
	3.7. Эластичность 60—100 км/ч, с	14,3/6,9	12,6/5,2	10,7/3,3	7,4/0
	3.8. Эластичность 80—120 км/ч, с	23,5/13,4	19,1/9	19,1/9	10,1/0
	3.9. Время разгона до 160 км/ч, с	46,3/0	49,1/2,8	56,6/13,3	53/6,7
	3.10. Переставка с торможением, м	39,5/7,2	33,6/1,3	34,5/2,2	32,3/0
	3.11. Торможение с 80 км/ч, м	59,1/1,5	62,5/4,9	57,6/0	59,7/2,1
	K _K группы	Коэффициент весомости = 0,117	0,219	0,215	0,354
4. Экономические	4.1. Расход топлива в городе, л/100 км	9,3/0,3	9/0	9,8/0,8	9/0
	4.2. Расход топлива в загородном цикле, л/100 км	6,2/0,5	5,8/0,1	5,8/0,1	5,7/0
	4.3. Расход топлива в смешанном цикле, л/100 км	7,3/0,5	7/0,2	7,2/0,4	6,8/0
	4.4. Фактический расход в загородном цикле, л/100 км	6,7/0	6,7/0	7,7/1	7,9/1,2
	4.5. Цена полиса "Каско", тыс. руб.	50/29,3	43,1/12,4	51,2/20,5	30,7/0
	4.6. Затраты на ТО за 30 тыс. км, руб.	28 150/17 550	10 600/0	17 800/7200	19 500/8900
	4.7. Транспортный налог, руб.	2725/1841	1044/60	984/0	1176/192
K _K группы	Коэффициент весомости = 0,109	0,080	0,274	0,131	0,256
5. Надежности	5.1. Периодичность ТО, тыс. км	10/5	15/0	15/0	15/0
	5.2. Гарантия, год	5/0	3/2	3/2	3/2
	5.3. Гарантия, тыс. км	150/0	100/50	100/50	100/50
	5.4. Число дилеров, СТОА	107/343	22/428	165/285	450/0
	5.5. Приспособленность к эксплуатации, баллы	8/0	8/0	7/1	8/0
K _K группы	Коэффициент весомости = 0,280	0,164	0,272	0,335	0,182
6. Безопасности	6.1. Число подушек безопасности, шт.	2/2	4/0	4/0	2/2
	6.2. АБС (есть — 1, нет — 0)	1/0	1/0	1/0	1/0
	6.3. Система стабилизации	0/1	0/1	1/0	1/0
	6.4. Замедление со 100 км/ч, м/с ²	9,19/0,7	9,77/0,12	9,69/0,2	9,89/0
	6.5. Уровень шума в салоне при 100 км/ч, дБА	75,4	75,9	72,7/0	73,5
	6.6. Максимальный шум при разгоне, дБА	78/4	75,2/0,8	74/0	76,6/2,6
	6.7. Тормозной путь со 100 км/ч, м	42,6/3,1	39,5/0	39,8/0,3	39,8/0,3
	6.8. Выбросы СО в смешанном цикле, г/км	170/12	163/5	168/10	158/0
K _K группы	Коэффициент весомости = 0,061	0,414	0,578	0,545	0,594
7. Эргономики, дизайна и комфорта	7.1. Наличие кондиционера (да — 1; нет — 0)	1/0	1/0	0/1	1/0

КОНСТРУКЦИЯ

Продолжение таблицы

Группа	Показатели	Chery Bonus 3	Datsun on-DO	Renault Logan	Lada Granta
	7.2. Наличие климат-контроля	0/1	0/1	1/0	0/1
	7.3. Усилитель рулевого управления	1/0	1/0	1/0	1/0
	7.4. Круиз-контроль	0/1	0/1	1/0	0/1
	7.5. Число регулировок рулевого колеса	1/0	1/0	1/0	1/0
	7.6. Мультифункциональное рулевое колесо	1/0	0/1	1/0	0/1
	7.7. Электрообогрев лобового стекла	0/1	0/1	1/0	1/0
	7.8. Обогрев передних сидений	0/1	1/0	1/0	1/0
	7.9. Регулировка сиденья водителя по высоте	1/0	0/1	1/0	0/1
	7.10. Обзорность, баллы	9/0	8/1	7/2	7/2
	7.11. Плавность хода, баллы	7/2	9/0	8/1	8/1
K _k группы	Коэффициент весомости = 0,259	0,227	0,250	0,114	0,250
8. Комплектация	8.1. Дневные ходовые огни (есть — 1; нет — 0)	0/1	1/0	1/0	1/0
	8.2. Противотуманные фары	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.3. Подголовники задних сидений	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.4. Отделка рулевого колеса кожей	1	0	1	0
	8.5. Центральный замок	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.6. Электропривод зеркал	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.7. Обогрев наружных зеркал	0/1	1/0	1/0	1/0
	8.8. Передние электростеклоподъемники	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.9. Задние электростеклоподъемники	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.10. Обивка сидений кожзаменителем	1/0	0/1	0/1	0/1
	8.11. Дистанционный замок багажника	1/0	1/0	0/1	1/0
	8.12. Маршрутный компьютер	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.13. Датчик дождя	0/1	0/1	0/1	1/0
	8.14. Датчик освещения	0/1	0/1	0/1	1/0
	8.15. Разъем Aux	1/0	1/0	1/0	0/1
	8.16. Разъем USB	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.17. Разъем SD	0/1	1/0	0/1	1/0
	8.18. Bluetooth	0/1	1/0	1/0	1/0
	8.19. Аудиосистема СД	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.20. СД-чейнджер	1/0	0/1	0/1	0/1
	8.21. Навигационная система	0/1	0/1	1/0	0/1
	8.22. Противоугонная сигнализация	1/0	1/0	0/1	1/0

КОНСТРУКЦИЯ

Продолжение таблицы

Группа	Показатели	Chery Bonus 3	Datsun on-DO	Renault Logan	Lada Granta
	8.23. Наличие запасного колеса	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.24. Защита моторного отсека	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.25. Окраска "металлик"	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.26. Легкосплавные колеса	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.27. Радар парковки задний	1/0	0/1	1/0	1/0
	8.28. Автоматическая коробка передач	0/0	0/0	0/0	0/0
	8.29. Складывающееся заднее сиденье	1/0	1/0	1/0	1/0
	8.30. Число вариантов двигателей	1/2	2/1	2/1	3/0
	8.31. Наличие автоматической коробки	0/1	0/1	0/1	1/0
	8.32. Число возможных комплектаций	2/2	3/1	4/0	3/1
K _K группы	Коэффициент весомости = 0,038	0,222	0,200	0,189	0,122
<i>Цена автомобилей на 1.02.2015 г., тыс. руб.</i>		469/69	400/0	523/123	419,6/19,6
Коэффициент качества по формуле (4)		0,226	0,293	0,227	0,263
Место по качеству		1	4	2	3
Коэффициент конкурентоспособности по предпочтению потребителей при β = 0,5		0,393	0,147	0,614	0,211
Место по конкурентоспособности		3	1	4	2

* Показатели качества, принятые по работам [9, 10] / Разность показателя качества продукта и показателя "идеала". ** Показатели "идеального" продукта.

Расчеты показывают (см. таблицу), что по качеству самым лучшим является Chery Bonus 3, который отличается от условного "идеала" меньше всего — на 0,226 единиц, самое большое отклонение от "нуля" у Datsun on-DO — 0,293. Можно отметить, что сравниваемые модели по уровню качества отличаются друг от друга лишь на сотые доли единиц, что затрудняет выбор для ЛПР. Окончательная оценка продукта должна производиться по критерию конкурентоспособности. Для этого предлагается рассчитать коэффициент конкурентоспособности по предпочтению потребителей:

$$K = \beta K_K + (1 + \beta) \frac{\Pi_s - \Pi_{\min}}{\Delta \Pi_{\max}}, \quad (5)$$

где β — коэффициент предпочтений; Π_s — цена оцениваемого продукта; Π_{min} — минимальная цена среди сравниваемых продуктов; ΔΠ_{max} — максимальная разность цен сравниваемых продуктов.

Коэффициент предпочтения меняется в пределах $0 \leq \beta \leq 1$, и принимается ЛПР исходя из того, что важнее для него — качество или цена. На рынках с высокой платежеспособностью значение β рекомендуется принимать в пределах 0,5—0,8, при низкой платежеспособности покупателей — 0,2—0,5.

Коэффициенты конкурентоспособности сравниваемых седанов, рассчитанные при β = 0,5, приведены в таблице. Более высокую конкурентоспособность имеет тот продукт, у которого значение K минимальное. У "идеального" продукта коэффициент конкурентоспособности равен нулю, так как и первый, и второй член уравнения (5) для него равны нулю. В приведенном примере лучшая конкурентная позиция у Datsun on-DO, который начал продаваться на российском рынке в конце 2014 г. Занявшая второе место Lada Granta в 2012—2014 гг. на российском рынке по объему продаж занимала безоговорочное первое место. Приведенные расчеты показывают, что данная модель как по качеству, так и по конку-

КОНСТРУКЦИЯ

рентоспособности один из лучших образцов среди бюджетных седанов.

Таким образом, предложенный разностный метод оценки качества и конкурентоспособности продуктов позволяют объективно ранжировать сравниваемые объекты, установить насколько они близки к "идеалу" как по индивидуальным, так и по интегральным показателям. Уже сам факт расчета разностей индивидуальных показателей качества продукта способствует выявлению его проблемных свойств, направлений совершенствования продукта. Метод универсален, может применяться для оценки как товаров, так и услуг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Баумгартен Л. В.** Анализ методов определения конкурентоспособности организаций и продукции // Маркетинг в России и за рубежом. 2005. № 4.
 2. **Минько Э. В., Минько А. Э., Смирнов В. П.** Качество и конкурентоспособность продукции и процессов. СПб.: СПбГУАП, 2005. 240 с.
 3. **Лифиц И. М.** Формирование и оценка конкурентоспособности товаров и услуг. М.: Юрайт-Издат, 2004. 335 с.
 4. **Фасхиев Х. А., Крахмалева А. В., Сафарова М. А.** Конкурентоспособность автомобилей и их агрегатов. Набережные Челны: Изд-во Камского госуд. политехн. ин-та, 2005. 187 с.
 5. **Фасхиев Х. А., Крахмалева А. В.** Методика оценки качества автомобилей // Маркетинг в России и за рубежом. 2005. № 4. С. 86—93.
 6. **Фасхиев Х. А.** Как оценить и управлять качеством и конкурентоспособностью товаров и услуг // Маркетинг в России и за рубежом. 2014. № 3. С. 67—81. № 4. С. 72—84.
 7. **Горбашко Е. А.** Управление качеством. М.: Издательство Юрайт, 2012. 463 с.
 8. **Что русскому броня, то американцу — кошмар.** URL: <http://www.ufagub.net/index.php/2010-09-13-14-30> (дата обращения 27.03.2015).
 9. **Рассстегаев О.** Тольяттинские с Бонусом // Авторевю. 2014. № 22. С. 24—37.
 10. **Кулемов М.** Встреча одноклассников // За рулем. 2014. № 12. С. 112—126.
-
-

Ростовчане протестировали КАМАЗы

"КАМАЗ" организовал в Ростовской области тест-драйв самосвальной техники из нового модельного ряда.

Принять участие в тест-драйве мог любой желающий — всем была предоставлена возможность проехать за рулем новых КАМАЗов и получить ответы специалистов на интересующие вопросы. В зрелищном мероприятии были задействованы седельный тягач КАМАЗ-65806 с полуприцепом-самосвалом НЕФАЗ, самосвалы КАМАЗ-65201 люкс и КАМАЗ-6520 люкс. Протестировать новые грузовики пришли около сотни человек, среди которых были как рядовые посетители, так и представители дорожно-строительных компаний и строители промышленных объектов. В рамках мероприятия был проведен ряд деловых переговоров с потенциальными потребителями, также для посетителей была организована развлекательная программа, в том числе интерактивные игры и фотосессия на фоне новых автомобилей КАМАЗ.

Трехосный седельный тягач КАМАЗ-65806 — одна из новинок компании, оснащенный комфортабельной кабиной на 4-точечной подвеске. Экономичный 428-сильный двигатель Daimler экологического стандарта Евро 5, коробка ZF, кондиционер, электронный тахограф, предпусковой обогреватель, автономный отопитель кабины и электрообогрев зеркал обеспечивают комфортные условия эксплуатации. Заявленный ресурс автомобиля — 800 тыс. км. Грузовик с полуприцепом-самосвалом НЕФАЗ предназначен для перевозки различных сыпучих, строительных и промышленных грузов. Полная масса прицепа — 39 т, полная масса автопоезда — 74 т. Две другие модели, самосвалы КАМАЗ-6520 и -65201, получившие признание потребителей, благодаря надежности и неприхотливости в эксплуатации, были представлены в люксовой комплектации.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

КОНСТРУКЦИЯ

УДК 621.43.044.7:629.3

Д. Ю. Колегов, студент, e-mail: kolegov6@mail.ru, И. А. Зотов, студент, e-mail: ruzotik@mail.ru,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ)

ЖИДКОСТНАЯ СИСТЕМА ОЧИСТКИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ

В статье рассмотрена модернизация жидкостной системы очистки отработавших газов (барботажного бака) для дизельных двигателей. Для повышения очищающей способности изменены конструкция бака и фильтрующий элемент. В результате получается адсорбер той же емкости, что и ранее изготовленные, но с более высокими показателями работы по очистке выхлопных газов.

Ключевые слова: жидкостный нейтрализатор, барботажный бак, адсорбер, выпускная труба, коллектор, успокоитель, очистка, токсичные вещества.

The article considers modernization of the liquid purification system of exhaust gases (bubbling tank) for diesel engines. To improve cleaning ability changed the design of the tank and the filter element. The result is an adsorber of the same capacity that they previously made, but with higher performance for cleaning exhaust gases.

Keywords: liquid neutralizer, bubbler tank, adsorption tank, exhaust pipe, manifold, damper, purification, toxic substances.

В настоящее время дизельный двигатель широко распространен практически во всех отраслях нашей страны. Его устанавливают на легковых и грузовых автомобилях, спецтехнике и т.д. Но при его эксплуатации необходимо очищать отработавшие газы (ОГ), с целью уменьшения выбросов токсичных веществ в атмосферу. Также при добыче полезных ископаемых подземным способом очистка производится еще для того, чтобы не нанести вред здоровью рабочих.

Существуют следующие виды очистки ОГ ДВС: термическая; каталитическая; жидкостная; комбинированная.

Нейтрализатор должен обеспечить очистку ОГ сразу после включения двигателя. Это условие имеет особое значение при прерывной работе ДВС. Применение жидкостного нейтрализатора обеспечит равную степень очистки ОГ на любом режиме работы двигателя. Принцип работы жидкостного нейтрализатора основан на адсорбции и растворении токсичных компонентов при пропускании ОГ двигателя внутреннего сгорания через жидкость соответствующего состава.

Предлагаемый жидкостный нейтрализатор (рис. 1) состоит из прямоугольного резервуара 5 с выпускным трубопроводом 3, соединенным с выхлопной трубой двигателя 4 и выпускным трубопроводом 1 сообщенным с атмосферой. Коллектор 8 размещен у дна резервуара. Он состоит из трубы с отверстиями, выполненнойми с зенковкой. К внутренним стенкам резервуара жестко прикреплены успокоители 9. Успокоитель предназначен для выравнивания водного раствора. Резервуар частично заполнен рабочей жидкостью до уровня 6 над коллектором. Выпускной трубопровод 1 размещен в крышке и снабжен сетчатым фильтром 2. Дно резервуара выполнено с уклоном к сливному патрубку с краном 7.

Произведем расчет параметров конструкции жидкостного нейтрализатора. Для вычислений необходимо знать характеристики ДВС, такие как

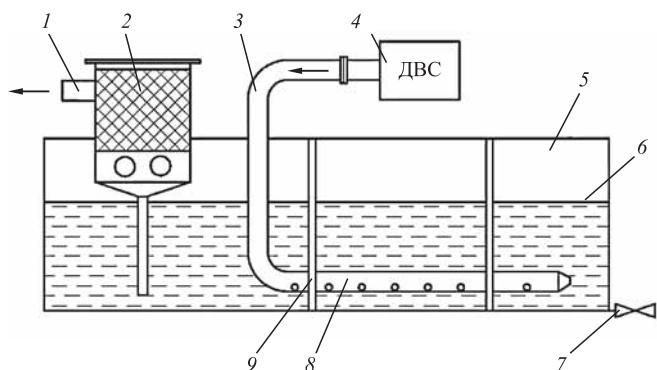


Рис. 1. Схема жидкостного нейтрализатора:

1 — выпускной трубопровод; 2 — сетчатый фильтр; 3 — выпускной трубопровод; 4 — двигатель; 5 — резервуар; 6 — рабочая жидкость; 7 — кран; 8 — коллектор; 9 — успокоитель

КОНСТРУКЦИЯ

плотность отработавших газов, скорость потока, допустимое противодавление в выхлопной системе. Для того чтобы двигатель не вышел из строя, нужно рассчитать противодавление жидкостного нейтрализатора и системы трубопроводов. Сначала рассчитываем диаметр зенкованных отверстий коллекторной трубы (1), потом вычисляем противодавление, создаваемое рабочей жидкостью в нейтрализаторе (2), далее находим противодавление, создаваемое трубопроводами (3).

Расчет диаметра зенкованных отверстий:

$$d_{\text{отв}} = \sqrt{\frac{D^2}{n_1 z}}, \text{ м}, \quad (1)$$

где D — наружный диаметр трубы, м; d — внутренний диаметр трубы, м; z — количество отверстий в ряду; n — число рядов.

Расчет противодавления, создаваемого рабочей жидкостью:

$$P_{\text{в}} = \rho g h, \text{ Па}, \quad (2)$$

где ρ — плотность рабочей жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$; g — ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$; h — высота жидкостного слоя, м.

Расчет противодавления в системе трубопроводов:

$$P_{\text{кт}} = \lambda \frac{l}{d_r} \frac{\omega^2}{2} \rho, \text{ кПа}, \quad (3)$$

где λ — коэффициент трения; l — эквивалентная длина трубы, м; d_r — гидравлический диаметр трубы, м; ω — скорость потока выхлопных газов, $\text{м}/\text{с}$; ρ — плотность выхлопных газов, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Расчет скорости потока выхлопных газов:

$$\omega = \frac{Q}{S}, \text{ м}/\text{с}, \quad (4)$$

где, Q — расход отработавших газов, $\text{м}^3/\text{ч}$; S — площадь поперечного сечения трубы, м^2 .

Жидкостный нейтрализатор работает следующим образом.

Перед работой нейтрализатор необходимо залить рабочей жидкостью. После пуска двигателя ОГ по выхлопной трубе поступают во впускной трубопровод. Далее газы под давлением поступают во впускной трубопровод. Потом ОГ протекают через коллекторную трубу. Отверстия, выполненные с зенковкой, располагаются в шахматном порядке и направлены вниз для равномерного распределения.

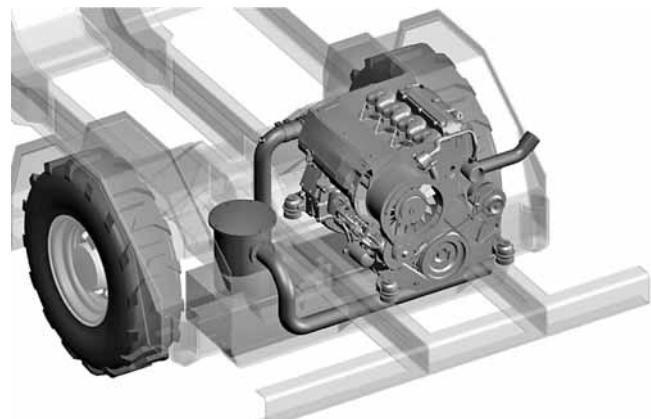


Рис. 2. Размещение жидкостного нейтрализатора на транспортном средстве

ния ОГ по всей площади дна. При соударении ОГ с дном нейтрализатора происходит более эффективное взаимодействие с жидкостью, что способствует лучшей их очистке. Размещение жидкостного нейтрализатора на транспортном средстве показано на рис. 2.

После расчетов мы получили, что объем бака равен 120 л, объем рабочей жидкости 100 л, противодавление всей системы составило 4 кПа, что допустимо для двигателя DEUTZ BF914L.

Предложенный жидкостный нейтрализатор позволит:

- качественно очищать ОГ от токсичных веществ и частиц сажи;
- уменьшить затраты на приобретение дорогостоящих катализаторов;
- увеличить срок службы двигателя, благодаря более низкому противодавлению, чем в керамических катализаторах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тришкин И. Б., Олейник Д. О., Максименко О. О. Жидкостные нейтрализаторы. (Теория. Конструкция. Расчет). — ФГБОУ ВПО РГАТУ, Рязань, 2013. — 130 с.
2. Олейник Д. О. Нейтрализатор для очистки отработавших газов дизельных двигателей [Текст]: дис. канд. техн. наук / Олейник Дмитрий Олегович. — 05.20.01. Рязань, РГАТУ, 2009.
3. Токсичность двигателей внутреннего сгорания и пути ее снижения [Текст]: доклады участников симпозиума. — М.: Издательство "Знание", 1966. — 420 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАСЧЕТ

УДК 629.33

В. А. Горелов, д-р техн. наук, профессор, e-mail: gvas@mail.ru,
А. В. Морозов, МГТУ им. Н. Э. Баумана, e-mail: AVMorozoff@yandex.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭВАКУАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВОЕННЫХ КОЛЕСНЫХ МАШИН НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

На сегодняшний день для повышения живучести военных колесных машин (ВКМ) используется большое количество средств, начиная от классической стальной брони до активной защиты. Однако под понятием "живучесть" понимается не только сохранение боевых свойств машины, но и возможность дальнейшего их восстановления после воздействия средств поражения. Одним из свойств ВКМ, характеризующих "восстанавливаемость", является свойство "приспособленность к эвакуации". Для оценки приспособленности к эвакуации обосновывается введение нового критерия — "приспособленность к самоэвакуации". Очевидно, что для повышения живучести машины необходимо повышать приспособленность к эвакуации в целом и приспособленность к самоэвакуации, в частности. Однако повышение приспособленности к самоэвакуации может негативно повлиять на другие свойства машины, такие как управляемость, устойчивость, проходимость и др. В связи с чем возникает необходимость разработки методики, позволяющей при повышении приспособленности к эвакуации обеспечить заданный уровень ряда других эксплуатационных свойств и эффективности машины в целом. Основными элементами предлагаемой методики являются экспертный метод оценки значимости свойств машины и аппарат математического моделирования для получения значений показателей данных свойств на этапе проектирования. В статье описаны принципиальные подходы к проведению экспертной оценки, представлены используемые математические модели и алгоритм методики, приведены основные результаты и выводы.

Ключевые слова: колесная машина, приспособленность к эвакуации, экспертная оценка, математическое моделирование.

With the aim of increasing the survivability of military wheeled vehicles (MWVs) is currently a significant amount of money. Ranging from classic steel armor to active protection. However, studies have shown that under the property survivability refers not only to the preservation of combat properties of the machine, but also the opportunity for future recovery. One of the properties of MWVs, characterizing the "Recoverability" is the property of "Adaptability to the evacuation". As a criterion for assessing the fitness to evacuate the article substantiates the introduction of a new criterion "Adaptability to sanomatalo". It is logical that to increase the survivability of the machine it is necessary to increase the adaptability to the evacuation in General and the adaptability to sanomatalo in particular. However, better adapted to sanomatalo may affect other properties of the vehicle such as handling, stability, permeability, etc. this raises the need for methods allowing for increased suitability for evacuation not to degrade the overall efficiency of the machine. The main elements of the methodology are expert method of assessing the significance of properties of machines and obtaining values of these properties by means of mathematical modeling. The article describes principal approaches to expert estimation, describes the used mathematical model. At the end of the article the main results and conclusions.

Keywords: wheeled vehicle, adaptability to the evacuation, expert evaluation, mathematical modeling.

Непрерывное совершенствование боевых средств поражения противника влечет за собой необходимость повышения защищенности военных машин. На основе данных, представленных в открытых источниках, можно сделать вывод о существующей тенденции к увеличению числа боевых столкновений, происходящих в форме так называемых локальных конфликтов, в которых широкое применение получили военные колесные машины (ВКМ).

Опыт вооруженных конфликтов и антитеррористических операций последних лет показал, что ВКМ подвергаются воздействию стрелкового оружия, легкого артиллерийского вооружения и мин. Статистика, полученная в современных локальных конфликтах, свидетельствует о высоком проценте поражения техники посредством минного подрыва. При этом гибель личного состава от минного подрыва превышает 60 % общих потерь [1].

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАСЧЕТ

Одной из особенностей локальных конфликтов является ведение партизанских войн с устройством засад и снайперским обстрелом. Тактика организации засад, как правило, основывается на принципе обездвиживания первой и последней машин в колонне, и дальнейшем уничтожении техники, заблокированной между пораженными машинами. Скорейшая эвакуация первой и последней машин позволила бы колонне, попавшей в засаду, вести бой в более выгодных условиях. Как правило, первой и последней идут самые защищенные, а следовательно, и самые тяжелые машины. Наличие в колонне транспортного средства, способного эвакуировать поврежденную тяжелую машину в обычных условиях, не является гарантом того, что в условиях засады под обстрелом противника такая задача может быть выполнена.

Исходя из вышесказанного, было сделано предположение о важности обеспечения ВКМ способности самостоятельно покинуть место подрыва, что позволило бы всей колонне вести бой в более выгодных условиях. В свою очередь, повышение приспособленности к самоэвакуации является важным направлением в обеспечении высокой эффективности новых образцов ВКМ.

ВКМ является сложной системой, обладающей большим количеством обратных связей. В связи с чем изменения конструкции, направленные на повышение приспособленности к самоэвакуации, могут коснуться конструкции трансмиссии, рулевого управления, ходовой части, несущей системы и др. В то же время улучшение приспособленности к самоэвакуации ВКМ может оказаться негативное влияние на показатели других свойств.

В связи с этим при создании новой конструкции ВКМ необходима методика, позволяющая одновременно с повышением приспособленности к самоэвакуации осуществлять оценку влияния внесенных изменений на общую эффективность ВКМ.

Для оценки изменения уровня общей эффективности ВКМ, вызванного внесением изменений в конструкцию, направленных на повышение приспособленности к самоэвакуации, необходимо определить значения всех показателей ВКМ. Решение этой задачи возможно с помощью имитационного математического моделирования. Предназначенная для этого математическая модель должна позволять прогнозировать значение показателей ВКМ как при движении в нормальных условиях, так и при осуществлении движения при самоэвакуации после имитации воздействия средств поражения.

Анализ известных математических моделей динамики транспортных средств позволил сделать вывод о высокой пригодности существующих моделей к определению показателей ВКМ при движении в нормальных условиях и отсутствии возможности определения показателей ВКМ при моделировании самоэвакуации. Данный факт свидетельствует о не-

обходимости либо доработки существующих, либо создания новых моделей, позволяющих решать задачи подобного рода.

Для прогнозирования показателей ВКМ при движении в нормальных условиях предлагается использовать математические модели двух типов:

— модель прямолинейного движения по периодическим неровностям [1, 3–12];

— модель криволинейного движения по твердому опорному основанию [13–16].

В моделях первого типа моделируется динамика подпрессоренного корпуса и неподпрессоренных элементов ходовой системы ВКМ. Учитывается нелинейность характеристик упругих и демпфирующих элементов. Такого рода модели эффективны при исследовании динамики объекта ВКМ при прямолинейном движении по неровностям, а также при исследовании разгонной и тормозной динамики объекта ВКМ при прямолинейном движении по ровному опорному основанию.

Второй тип моделей пригоден для исследования криволинейного движения транспортных средств по ровному опорному основанию. Для реализации этих моделей не требуется дополнительной информации о характеристиках системы подпрессоривания, упругих и демпфирующих характеристиках шин и т. п.

Проведенный в работе [11] обзор известных математических моделей динамики колесных и гусеничных машин при движении по неровностям позволяет утверждать, что модель, представленная в [6], наиболее пригодна для описания динамики прямолинейного движения объекта по неровностям. Анализ работ, посвященных моделированию криволинейного движения, показал, что наиболее приспособленной для прогнозирования динамических и кинематических показателей ВКМ при криволинейном движении является модель, описанная в [14]. Данные модели были приняты за основу при прогнозировании показателей ВКМ.

Динамика движения ВКМ по неровностям по модели, представленной в [6], описывается системой уравнений (1), положение объекта в пространстве приведено на рис. 1.

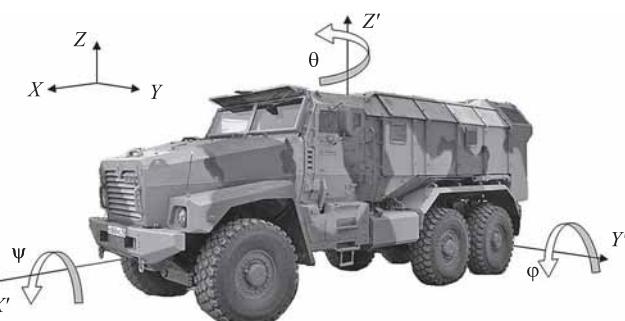


Рис. 1. Положение ВКМ в пространстве

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАСЧЕТ

$$\begin{cases} m_0 \ddot{x}_c = -\sum_j P_{\text{ш}j} \sin \alpha_j - \sum_j P_{fj} \cos \alpha_j + \sum_j R_j \cos \alpha_j; \\ m_0 \ddot{z}_c = -m_0 g + \sum_j P_{\text{ш}j} \cos \alpha_j - \sum_j P_{fj} \sin \alpha_j - \sum_j R_j \sin \alpha_j; \\ I_\varphi \ddot{\varphi} = -\sum_j P_{\text{ш}j} (z'_j \sin \alpha_j + x'_j \cos \alpha_j) - \sum_j P_{fj} (z'_j \cos \alpha_j - x'_j \sin \alpha_j) + \sum_j R_j (z'_j \cos \alpha_j - x'_j \sin \alpha_j); \\ I_\psi \ddot{\psi} = \sum_j P_{\text{ш}j} y'_j \cos \alpha_j - \sum_j P_{fj} y'_j \sin \alpha_j + \sum_j R_j y'_j \sin \alpha_j; \\ m_k \ddot{f}_j = -m_k g \cos \varphi - P_j + P_{\text{ш}j} \cos(\varphi + \alpha_j) + P_{fj} \sin(\varphi + \alpha_j) + R_j \sin(\varphi + \alpha_j), \end{cases} \quad (1)$$

где m_0 — масса ВКМ, \ddot{x}_c , \ddot{z}_c — проекции ускорения центра масс ВКМ на оси неподвижной декартовой системы координат; I_φ — момент инерции кузова относительно оси CY , I_ψ — момент инерции кузова относительно оси CX ; $P_{\text{ш}j}$ — сила в шине j -го колеса, P_{fj} — сила сопротивления движению j -го колеса; P_j — сила в j -й подвеске, приведенная к оси колеса, R_j — реакция на грунт j -го колеса, α_j — угол наклона опорного основания под j -м колесом; φ — продольный угол наклона корпуса относительно опорного основания.

При исследовании движения в нормальных условиях модель используется без доработок. При моделировании самоэвакуации движение по неровностям не рассматривается.

Модель криволинейного движения ВКМ, представленная в [14], описывается системой уравнений (2). Движение при этом складывается из поступательного движения центра масс и вращательного движения (рис. 2).

$$\begin{cases} a_x = \frac{dV_x}{dt} - \omega_z V_y = \frac{1}{m} \left(\sum_{i=1}^6 R_{xi} - mg \sin(\alpha) \right); \\ a_y = \frac{dV_y}{dt} + \omega_z V_x = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^6 R_{yi}; \\ J_z \frac{d\omega_z}{dt} = \sum_{i=1}^6 M_{\text{пк}i} + \sum_{i=1}^6 M(\bar{R}_i); \\ V_{x'} = \frac{dx'}{dt} = V_x \cos \theta - V_y \sin \theta; \\ V_{y'} = \frac{dy'}{dt} = V_x \sin \theta + V_y \cos \theta; \\ \omega_z = \frac{d\theta}{dt}, \end{cases} \quad (2)$$

где m — масса ВКМ; J_z — момент инерции ВКМ относительно оси z ; \vec{V} — вектор скорости центра масс ВКМ; \vec{a} — вектор ускорения центра масс ВКМ (абсолютная производная от вектора скорости центра

масс ВКМ); $\frac{d\vec{V}}{dt}$ — относительная производная от

вектора скорости центра масс ВКМ; $\vec{\omega}$ — вектор угловой скорости поворота объекта; θ — угол поворота ВКМ относительно оси z' ; x' , y' — координаты центра масс ВКМ в неподвижной системе координат; x — y — подвижная система координат, связанная с ВКМ; \bar{R}_i — вектор силы взаимодействия с опорной поверхностью, действующей на i -е колесо, $M_{\text{пк}i}$ — момент сопротивления повороту i -го колеса.

Для прогнозирования показателей ВКМ при движении в нормальных условиях в модель были внесены следующие изменения и дополнения:

— составлены и реализованы математические модели систем рулевого управления ВКМ с формулами рулевого управления 1-00, 12-0, 1-0-3;

— составлены и реализованы математические модели различных схем трансмиссии для ВКМ с колесной формулой 6×6 .

С целью прогнозирования показателей движения ВКМ при самоэвакуации в модель были внесены следующие доработки:

— учтено перераспределение нормальных реакций на грунт при отрыве колеса одной из осей;

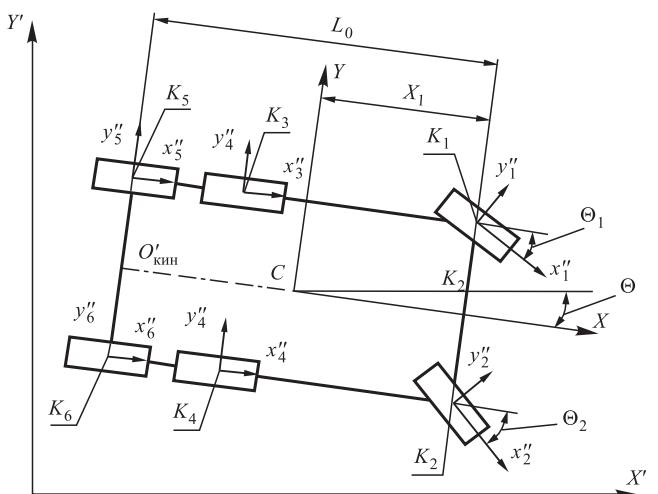


Рис. 2. Системы координат при криволинейном движении ВКМ

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАСЧЕТ

— составлена библиотека блоков для реализации распределения моментов в трансмиссии с учетом возможной автоматической блокировки дифференциальных связей для ВКМ с колесной формулой 6×6.

Система уравнений (3) описывает динамику трансмиссии колесной машины 6×6 в соответствии со схемой, представленной на рис. 3, где: ДВС — двигатель внутреннего сгорания, КП — коробка передач, РК — раздаточная коробка, МКД — межколесный дифференциал, МОД — межосевой дифференциал, КР — колесный редуктор.

$$\begin{cases} J_{\text{дв}} \dot{\omega}_{\text{дв}} = M_{\text{дв}} - M_c; \\ \dot{\omega}_{\text{дв}} = \left(\frac{1}{3} \dot{\omega}_{\text{пер}} + \frac{2}{3} \dot{\omega}_{\text{зад}} \right) U_{\text{КП}} U_{\text{РК}}; \\ \dot{\omega}_{\text{пер}} = \left(\frac{\dot{\omega}_1 + \dot{\omega}_2}{2} \right) U_{\text{ГП}}; \\ \dot{\omega}_{\text{зад}} = \dot{\omega}_{\text{зад1}} = \dot{\omega}_{\text{зад2}}; \\ \dot{\omega}_{\text{зад1}} = \left(\frac{\dot{\omega}_3 + \dot{\omega}_4}{2} \right) U_{\text{ГП}}; \\ \dot{\omega}_{\text{зад2}} = \left(\frac{\dot{\omega}_5 + \dot{\omega}_6}{2} \right) U_{\text{ГП}}; \\ J_{\text{пер}} \dot{\omega}_{\text{пер}} = \frac{1}{3} M_c U_{\text{КП}} U_{\text{РК}} - M_{\text{пер}}; \\ J_{\text{зад}} \dot{\omega}_{\text{зад}} = \frac{2}{3} M_c U_{\text{КП}} U_{\text{РК}} - M_{\text{зад1}} - M_{\text{зад2}}; \\ J_{ki} \dot{\omega}_i = \frac{M_{\text{пер}}}{2} U_{\text{ГП}} - M_{ki}; \\ J_{ki} \dot{\omega}_i = \frac{M_{\text{зад1}}}{2} U_{\text{ГП}} - M_{ki}; \\ J_{ki} \dot{\omega}_i = \frac{M_{\text{зад2}}}{2} U_{\text{ГП}} - M_{ki}, \end{cases} \quad (3)$$

где $J_{\text{дв}}$ — момент инерции выходного вала двигателя; $\dot{\omega}_{\text{дв}}$ — угловое ускорение выходного вала двигателя; $M_{\text{дв}}$ — момент, развиваемый двигателем на выходном валу; M_c — момент сопротивления, приведенный к валу двигателя; $\dot{\omega}_{\text{пер}}$ и $\dot{\omega}_{\text{зад}}$ — угловые ускорения приводного вала 1-й оси и задней тележки, соответственно; $\dot{\omega}_i$ — угловое ускорение i -го колеса; J_{ki} — момент инерции i -го колеса; M_{ki} — момент сопротивления на i -м колесе; $M_{\text{пер}}$, $M_{\text{зад1}}$ и $M_{\text{зад2}}$ — моменты сопротивления, приведенные к 1-й, 2-й и 3-й осям, соответственно; $J_{\text{пер}}$ и $J_{\text{зад}}$ — моменты инерции приводных валов 1-й, 2-й и 3-й осей, соответственно; $U_{\text{КП}}$ — передаточное число коробки передач; $U_{\text{ГП}}$ — передаточное число главной передачи; $U_{\text{РК}}$ — передаточное число раздаточной коробки.

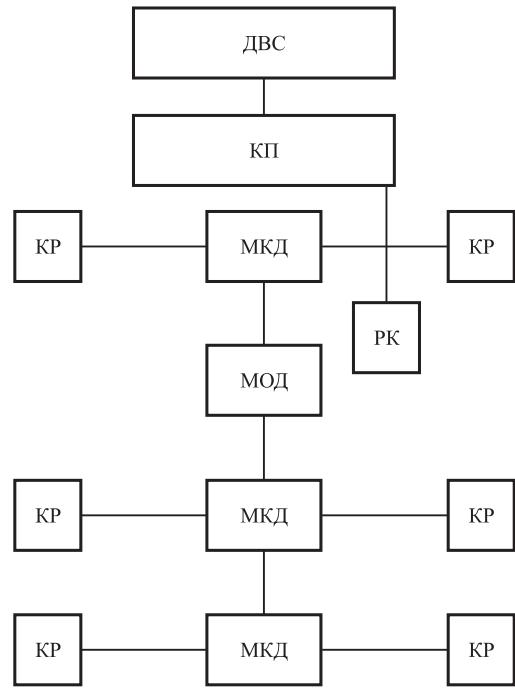


Рис. 3. Схема трансмиссии

$$M_{ki} = R_{x''i} r_{di} + M_{ti} + M_{fi}, \quad (4)$$

где M_{ti} — тормозной момент на i -ом колесе; r_{di} — расстояние от оси i -го колеса до опорной поверхности; M_{fi} — момент сопротивления качению на i -м колесе.

Для прогнозирования показателей, характеризующих свойства "эвакоспособность" и "эвакопригодность", на базе модели движения автопоезда, представленной в [17], была разработана модель движения двух ВКМ в сцепке, что соответствует движению при эвакуации однотипной машины.

При моделировании движения ВКМ в сцепке силы в сцепном устройстве (рис. 4) определяется в соответствии с зависимостями (5).

$$\begin{aligned} F_S &= C_F \Delta + \mu_F \dot{\Delta}; \\ \Delta &= \sqrt{(X'_1 - X'_2)^2 + (Y'_1 - Y'_2)^2}; \\ \dot{\Delta} &= \frac{(X'_1 - X'_2)(\dot{X}'_1 - \dot{X}'_2) + (Y'_1 - Y'_2)(\dot{Y}'_1 - \dot{Y}'_2)}{\Delta}, \end{aligned} \quad (5)$$

где C_F — коэффициент жесткости сцепного устройства в продольном направлении; μ_F — коэффициент сопротивления демпфера сцепного устройства в продольном направлении; Δ — расстояние между шарнирами секций автопоезда в неподвижной системе координат; $\dot{\Delta}$ — степень изменения расстояния между шарнирами секций по времени; X'_1 , X'_2 , Y'_1 , Y'_2 — про-

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАСЧЕТ

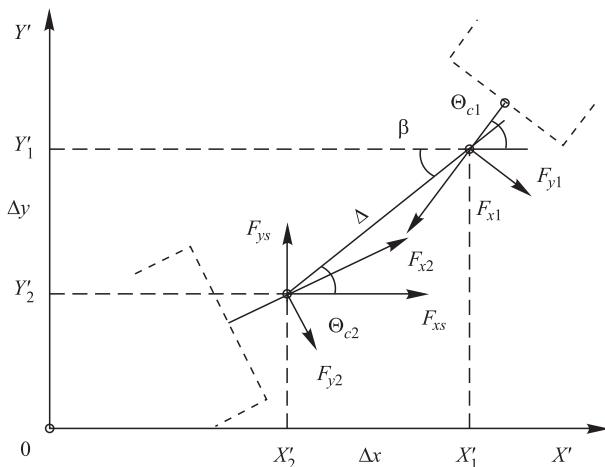


Рис. 4. Схема действия сил в узле сочленения

екции точек шарниров сцепных устройств звеньев на оси неподвижной системы координат.

Проекции силы, действующей в узле сочленения, на оси систем координат, связанных с корпусами звеньев, а также моменты от этой силы, определяются по зависимостям (6).

$$\begin{aligned} F_{X1} &= \cos \Theta_{C1} (-F_{XS}) + \sin \Theta_{C1} (-F_{YS}); \\ F_{X2} &= \cos \Theta_{C2} F_{XS} + \sin \Theta_{C2} F_{YS}; \\ F_{Y1} &= \sin \Theta_{C1} F_{XS} + \cos \Theta_{C1} (-F_{YS}); \\ F_{Y2} &= \sin \Theta_{C2} (-F_{XS}) + \cos \Theta_{C2} F_{YS}; \\ M_1 &= F_{Y1} d_1; \\ M_2 &= F_{Y2} d_2, \end{aligned} \quad (6)$$

где Θ_{C1} и Θ_{C2} — угол поворота корпуса первого и второго звена соответственно в неподвижной системе координат; F_{XS} и F_{YS} — проекции силы, действующей в узле сочленения, на оси неподвижной системы координат; d_1 и d_2 — расстояние от центра масс до шарнира сцепного устройства для первого и второго звена соответственно.

После определения показателей ВКМ по результатам имитационного математического моделирования при движении в нормальных условиях и при самоэвакуации необходимо провести оценку влияния каждого из показателей на общую эффективность объекта.

Влияние конкретного показателя на общую эффективность ВКМ возможно определить при помощи методов комплексного сравнения [18]. Анализ существующих методов комплексного сравнения, применимых для ВКМ, показал, что из существующих методов наиболее удовлет-

воряющим представленным требованиям является метод анализа иерархий (МАИ) [19], пригодность которого к решению задач сравнения ВКМ доказана в ряде работ [20—22] и др.

МАИ опирается на два основных этапа:

— составление номенклатуры свойств и показателей, и их представление в виде дерева с иерархической зависимостью. На рис. 5 представлена оригинальная номенклатура свойств, разработанная для ВКМ типа MRAP;

— сравнение значимости всех элементов номенклатуры и определение соответствия имеющихся альтернатив простейшим элементам номенклатуры — показателям.

Выбор наиболее эффективной конструкции ВКМ осуществляется по обобщенной оценке, полученной для каждого варианта конструкции. В качестве обобщенной оценки МАИ использует значение глобального приоритета альтернативы [22]. На рис. 6 приведен пример результата сравнения нескольких вариантов конструкции ВКМ с колесной формулой 6×6 при различных вариантах компоновки, схемах рулевого управления и трансмиссии. Значения глобальных приоритетов сравниваемых вариантов ВКМ расположены в крайнем правом столбце (рис. 6).

Методика повышения приспособленности к эвакуации ВКМ на этапе проектирования может быть

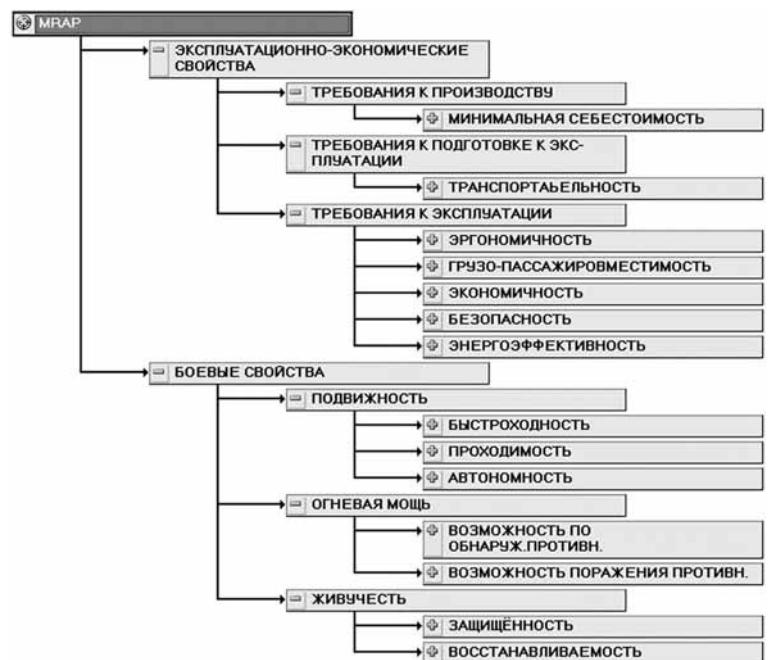


Рис. 5. Общий вид номенклатуры свойств ВКМ типа MRAP

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАСЧЕТ

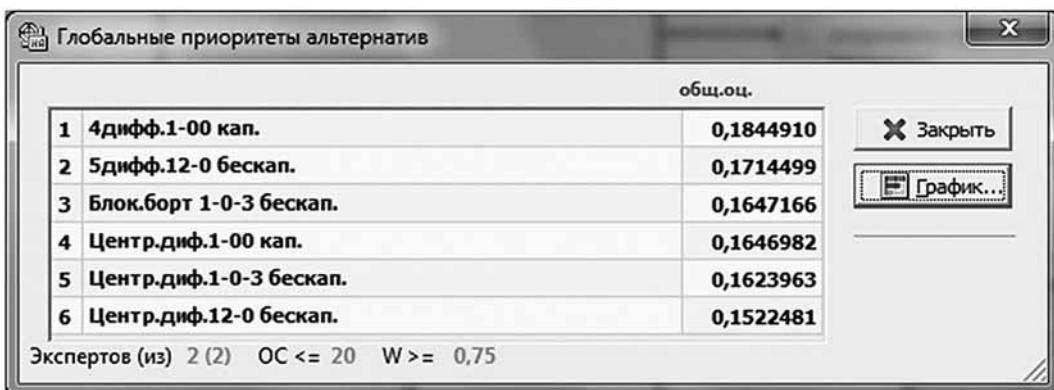


Рис. 6. Значение глобальных приоритетов различных вариантов конструкций ВКМ

представлена в виде следующей последовательности действий:

1. Составление перечня критериев для сравнения приоритетности различных модификаций ВКМ.
2. Составление перечня модификаций объектов сравнения (ВКМ с различными комбинациями типов трансмиссии, рулевого управления, компоновкой колесного движителя и др.). Исключение заведомо неэффективных вариантов.
3. Доработка с учетом всех требований, предъявляемых к теоретическим исследованиям динамики выбранных модификаций, математических моделей движения ВКМ при различных вариантах конструкции трансмиссии, рулевого управления, а также при имитации неисправностей тормозной системы и повреждения ходовой части.
4. Последовательная реализация в математической модели всех модификаций ВКМ из составленного перечня и определение значения показателей при движении:

— в нормальных условиях с исправными узлами и системами;

— при самоэвакуации с неисправными узлами и системами.

5. Проведение экспертной оценки значимости свойств ВКМ и оценка приоритетности альтернативных модификаций с использованием значения показателей, полученных с помощью имитационного математического моделирования.

6. Выбор наиболее приоритетной модификации ВКМ на основе полученных результатов.

По результатам проведенных исследований можно сформулировать следующие основные выводы.

Методика должна содержать в себе два основных этапа:

— прогнозирование значений показателей по-средством математического моделирования;

— сравнение значимости свойств ВКМ и характеризующих их показателей.

Разработанная методика была опробована при сравнении нескольких конструкций ВКМ с колесной формулой 6×6 при различных вариантах компоновки, схемах рулевого управления и трансмиссии. Результаты сравнения показали превосходство одного из рассматриваемых вариантов над другими не менее, чем на 7 %.

Данная методика пригодна к использованию на этапе проектирования новых образцов ВКМ различного назначения с целью обеспечения заданного уровня приспособленности к эвакуации при одновременном сохранении значений показателей других эксплуатационных свойств и, соответственно, общего уровня эффективности машины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Improvised explosive device [Электронный ресурс] // Wikipedia [сайт]: URL http://en.wikipedia.org/wiki/Improvised_explosive_device (дата обращения 01.10.2015).
2. Антонов Д. А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей. М.: Машиностроение, 1978. 216 с.
3. Афанасьев Б. А., Белоусов Б. Н. Проектирование колесных машин с использованием моделирования.: Учеб. пособие по курсу "Моделирование систем колесных машин". М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997. 27 с.: ил.
4. Динамика системы дорога — шина — автомобиль — водитель / Под ред. А. А. Хачатурова. М.: Машиностроение, 1976. 286 с.
5. Дядченко М. Г. Исследование влияния системы подрессоривания боевых гусеничных машин на работоспособность специального оборудования: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1997. 118 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАСЧЕТ

6. Котиев Г. О. Прогнозирование эксплуатационных свойств систем подпрессоривания военных гусеничных машин: Дис. доктора техн. наук. М., 2000. 265 с.
 7. Котиев Г. О., Сарач Е. Б. Комплексное подпрессоривание высокоподвижных двухзвенных гусеничных машин. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. 184 с.
 8. Ловцов Ю. И., Белов А. П. Моделирование внешних возмущений, действующих на гусеничную машину при ее неустановившемся движении // Труды МВТУ. 1980. № 339. С. 68—84.
 9. Математическая модель ходовой части и некоторые практические приложения / А. В. Князев [и др.] // Проектирование, испытания, эксплуатация и маркетинг автотракторной техники: Сборник научных трудов к 60-летию кафедры "Автомобили и тракторы". Н. Новгород: НГТУ, 1997. С. 139—159.
 10. Савочкин В. А., Дмитриев А. А. Статистическая динамика транспортных и тяговых гусеничных машин. М.: Машиностроение, 1993. 320 с.
 11. Сарач Е. Б. Метод выбора характеристик системы подпрессоривания с нецелым числом степеней свободы для быстроходной гусеничной машины: Дис. ... канд. техн. наук. М., 2003. 130 с.
 12. Шалыгин А. С., Палагин Ю. И. Прикладные методы статистического моделирования. Л.: Машиностроение, 1986. 320 с.
 13. Горелов В. А. Прогнозирование характеристик криволинейного движения полноприводного автомобиля с формулой рулевого управления 1-0-3 при различных законах управления колесами задней оси: Дис. ... канд. техн. наук. М., 2008. 195 с.
 14. Горелов В. А., Котиев Г. О. Прогнозирование характеристик криволинейного движения автомобиля с колесной формулой 6×6 при различных законах управления поворотом колес задней оси // Изв. вузов: Машиностроение. 2008. № 1. С. 44—55.
 15. Марохин С. М. Прогнозирование характеристик подвижности спецавтомобиля, оснащенного системами активной безопасности: Автореф. дис. канд. техн. наук. М. Ю., 2005. 16 с.
 16. Эллис Д. Р. Управляемость автомобиля (Пер. с англ.). М.: Машиностроение, 1975. 216 с.
 17. Горелов В. А., Тропин С. Л. Математическая модель криволинейного движения автопоезда по недеформируемому опорному основанию // Журнал ассоциации автомобильных инженеров. — 2011. — № 5 — С. 18—22.
 18. Морозов А. В. Комплексное сравнение объектов военной автомобильной техники типа МРАР на стадии проектирования // Журнал автомобильных инженеров. 2015. № 1 (90). С. 40—45.
 19. Морозов А. В., Котровский А. А., Филев А. В. Выбор метода комплексного сравнения объектов автобронетанковой техники на этапе проектирования // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева. Н. Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2014. № 2 (104). С. 120—123.
 20. Дубенский М. Я. Метод выбора базового шасси при создании спецавтомобиля: Дис. канд. техн. наук. М., 1999. 130 с.
 21. Плиев И. А. Оценка технического уровня семейства автомобилей многоцелевого назначения на основе метода анализа иерархий // Журнал автомобильных инженеров. 2010. № 3 (62) — № 5 (64).
 22. Постников М. В. Метод комплексного сравнения военных гусеничных машин на основе анализа иерархий: Дис. канд. техн. наук. М., 2003. 240 с.
-
-

"КАМАЗ" — лидер

По данным аналитиков "Автостат Инфо", "КАМАЗ" занял первое место на рынке грузовиков по итогам продаж в мае.

Специалисты "Автостат Инфо" провели исследование рынка грузовых автомобилей в России и определили топ-5 марок, лидирующих по продажам в мае 2016 г. В результате, первое место на рынке грузовиков традиционно занял "КАМАЗ". Аналитики также отметили, что в мае продажи компании выросли на 51,2 % в годовом сравнении, до 1355 шт., а доля на рынке увеличилась с 33,1 % до 42,3 % соответственно.

На второй строчке майского рейтинга находится еще один отечественный производитель — "ГАЗ", который продал 654 грузовых авто, на 2,3 % больше, чем годом ранее. Замыкает тройку лидеров — марка ISUZU, показавшая лучший результат среди иностранных производителей.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

ПРАКТИКА

УДК 629.113.004

С. А. Гребенников, канд. техн. наук, доцент, А. С. Гребенников, д-р техн. наук, профессор,
А. В. Косарева, канд. эконом. наук, А. А. Шерин, инженер, магистрант,
ФГБОУ ВО "Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина"
E-mail: asg@ssstu.ru

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДВС ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Показано влияние технического состояния таких элементов двигателя, как: увеличенные зазоры вследствие износа деталей, диссипативные изменения в механических системах, отклонения в пространственной ориентации сопряженных деталей на значения внутрициклической угловой скорости коленчатого вала по углу его поворота, показатели которой являются диагностическими для оценки качества работы систем и механизмов ДВС.

Ключевые слова: износ, двигатель внутреннего сгорания, неравномерность угловой скорости коленчатого вала, мгновенная угловая скорость, динамический метод, диагностирование.

Shows the effect of changes in the technical condition of internal combustion engine components, such as: increased clearances due to wear and tear, changes in dissipative mechanical systems, variations in the spatial-orientation of the mating parts to change the values intracyclic angular velocity of the shaft on the corner of his turn in the diagnosis and evaluation of the quality adjustment systems and mechanisms for internal combustion engines.

Keywords: wear, vehicle, the internal combustion engine angular velocity unevenness of the shaft instantaneous angular speed, the dynamic method, diagnosis.

Конструктивная особенность кинематики кривошипно-шатунного механизма (КШМ) поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) приводит к непрерывному изменению значений угловой скорости коленчатого вала по углу его поворота даже при работе ДВС на установившемся скоростном режиме. Такая неравномерность вращения коленчатого вала ДВС вызвана различным сочетанием действующих сил и моментов по углу его поворота от сосредоточенных инерционных масс деталей КШМ, движущихся возвратно-поступательно (поршневая группа, верхняя головка и средняя часть шатуна).

Реальные рабочие процессы в цилиндрах, определяемые отличиями в техническом состоянии одноименных сопряжений двигателя и эффективности сгорания рабочей смеси по цилиндрам, приводят к дополнительной, увеличивающей внутрициклическую неравномерность угловой скорости коленчатого вала (ВНУСКВ), показатели которой являются источником информации об уровне работоспособности ДВС [1–9, 11–18].

В общем случае неравномерность вращения коленчатого вала ДВС оценивается коэффициентом —

отношением разности значений максимальной ω_{\max} и минимальной ω_{\min} угловых скоростей к среднему ее значению $\bar{\omega}$ за рабочий цикл [5]:

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\bar{\omega}}. \quad (1)$$

Считается [5], что значение коэффициента δ уменьшается с увеличением средней частоты вращения коленчатого вала (близкой к квадратичной степенной зависимости) и увеличивается пропорционально нагрузке ДВС. Экспериментальные исследования, выполненные в СГТУ имени Гагарина Ю. А. на 4-, 6- и 8-цилиндровых автомобильных ДВС, подтвердили правомерность этого вывода применительно к диапазону малых и средних частот вращения, на которых проявления крутильных колебаний коленчатого вала незначительны [1, 2]. Именно эти режимы работы ДВС являются наиболее информативными для целей диагностирования, поскольку в зависимости от технического состояния его элементов различия коэффициента δ достигают 50 % и более.

Для обоснованного выбора диагностических параметров и количественной оценки взаимосвязи

ПРАКТИКА

показателей ВНУСКВ двигателя с эффективными, индикаторными показателями работы цилиндров и техническим состоянием различных элементов ДВС была разработана математическая модель [3] на основе уравнений динамики ДВС (принципа Даламбера) и термодинамической теории рабочего процесса двигателя. Модель представляет систему уравнений, описывающих составляющие баланса моментов ДВС в функциях угла поворота ϕ и угловой скорости ω коленчатого вала, общий вид которой:

$$M_{kp} = J_{\omega} \frac{d\omega}{d\phi} = M_r(\phi) + M_j(\omega, \phi) - M_c(\omega, \phi), \quad (2)$$

где J — приведенный момент инерции вращающихся и возвратно-поступательно движущихся масс двигателя; $M_r(\phi)$ — момент от сил давления газов; $M_j(\omega, \phi)$ — момент от сил инерции возвратно-поступательно движущихся масс; $M_c(\omega, \phi)$ — момент сопротивления на коленчатом вале двигателя.

При определении момента $M_r(\phi)$ в уравнении (2) давление газов в цилиндре представлено в виде термодинамической модели рабочего процесса, учитывающей возможность ее использования как на установившихся (УР), так и на неустановившихся режимах (НУР) холостого хода, допуская введение в исходные данные изменений эксплуатационных факторов через параметры рабочего процесса по каждому цилиндуру. Моделирование показало, что с увеличением зазоров вследствие износа деталей, диссипативных изменений в механических системах, отклонений в пространственной ориентации сопряженных деталей ДВС происходит трансформация составляющих зависимости (2), а соответственно и показателей ВНУСКВ при использовании одного и того же скоростного режима тестовых испытаний, $\tau = \text{const}$.

Сказанное также относится и к последовательно связанным с ДВС элементам трансмиссии, ухудшение технического состояния которых приводит к увеличению коэффициента неравномерности δ в промежуточных сопряжениях, вплоть до конечного элемента автомобиля — ведущих колес [2, 4, 16]. Это обстоятельство и послужило основным доводом для использования показателей ВНУСКВ в качестве диагностических.

К диагностическим показателям ВНУСКВ, идентифицирующим техническое состояние систем и механизмов ДВС (рис. 1), в первую очередь, относят коэффициент δ , а также следующие значения угловых скоростей и их производные: экстремальные (минимальные ω_{min} и максимальные ω_{max}) и их фазовые положения $\phi_{\omega min}$, $\phi_{\omega max}$; амплитуда

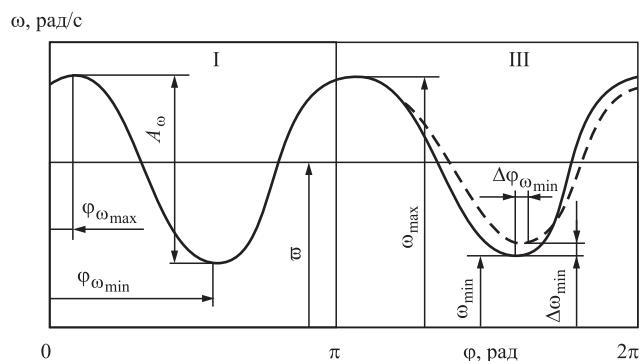


Рис. 1. Показатели угловой скорости ω по углу поворота ϕ коленчатого вала 4-цилиндрового ДВС:
I, III — периоды рабочего хода в соответствующих цилиндрах

$A_{\omega} = \omega_{max} - \omega_{min}$ и их разность по цилиндрам $\Delta\omega$; ускорения ε_B , ε_p — соответственно на участках выбега и разгона угловой скорости; затраченная работа инерционными массами двигателя на участках выбега A_B или приобретенная на участках разгона A_p и их соотношения A_B/A_p по отдельным цилиндрам.

Использование указанных показателей ВНУСКВ позволило повысить точность и существенно расширить область применения известного динамического способа диагностирования ДВС, впервые предложенного СиБИМЭ для оценки его мощностных параметров [16, 17]. Согласно ему (см. первую часть зависимости (2), численные показатели крутящего момента, эффективной мощности и механических потерь ДВС определяются по усредненным значениям угловой скорости и ускорения коленчатого вала, измеренным при работе ДВС в неустановившихся режимах — свободного разгона или выбега. Способ, получивший второе название "бестормозной", позволил отказаться от использования металло- и энергоемких тормозных стендов с беговыми роликами, что явилось главным его преимуществом. Динамический способ определения мощностных параметров нашел применение в автомобильных бортовых системах диагностики ДВС, однако его возможности далеко не исчерпаны.

Расширение области использования динамического способа (кафедра "Автомобили и автомобильное хозяйство" СГТУ) стало возможным благодаря цифровым методам измерения и обработки значений ВНУСКВ, введению новых признаков функционального состояния ДВС и диагностических показателей, использования как неустановившихся, так и установленных режимов испытания. Различные сочетания этих нововведений позволили оценить техническое состояние всех элементов системы

ПРАКТИКА



Рис. 2. Классификация режимных признаков и контролируемых параметров элементов ДВС при динамическом методе диагностирования

"ДВС — трансмиссия", а также улучшить адаптивные свойства электронных управляемых устройств их работы (рис. 2). В работе [1] доказано, что коэффициент δ отвечает требованию критерия оптимальности для адаптивных систем управления подачей топлива, углом опережения зажигания (впрыска) и фазами газораспределения ДВС. При оптимальных и равномерных рабочих процессах в цилиндрах двигателя коэффициент δ имеет минимально возможную величину для сложившегося технического состояния ДВС; характер изменения крутящего момента и угловой скорости по рабочим тактам всех цилиндров будет близок к идентично повторяющему (на рис. 1 показан сплошной линией).

Выбор функционального состояния ДВС (наличие или отсутствие рабочих процессов в цилиндрах, декомпрессия цилиндров и др., см. рис. 2) при контроле работоспособности конкретных элементов ДВС обусловлен целью повышения чувствительности и информативности диагностических параметров ВНУСКВ. Например, при определении параметров рабочего процесса, их оптимизации по цилиндрам, а также диагностировании технического состояния систем питания, зажигания, механизмов газораспределения и КШМ (см. рис. 2), предпочтительней испытания проводить при нормальном функционировании ДВС — наличии процессов сгорания рабочей

смеси в цилиндрах. Это возможно осуществить как в процессе выполнения автомобилем транспортной работы, так и путем использования тестовых режимов холостого хода ДВС. И в том и в другом случаях интегральным показателем эффективности работы ДВС является коэффициент неравномерности угловой скорости б коленчатого вала.

Если коэффициент δ превышает нормативные значения, идентификация причины и локализация "отстающего" цилиндра ДВС осуществляется по значениям амплитуд A_{ω} колебаний угловой скорости в пределах углов поворота коленчатого вала, соответствующих рабочим ходам поршней конкретных цилиндров (на рис. 1 — интервалы $0\dots\pi$; $\pi\dots2\pi$).

При диагностировании нерегулируемых параметров технического состояния одноименных элементов ДВС (герметичности надпоршневых пространств цилиндров, зазоров в сопряжениях КШМ, ЦПГ) предпочтительней второй вариант — испытание в отсутствие сгорания рабочей смеси в цилиндрах двигателя. При этом используются режимы прокрутки коленчатого вала стартером [12] или выбега ДВС путем выключения подачи топлива (зажигания) во все или отдельные его цилиндры [11]. Диагностическим параметром технического состояния КШМ является неравномерность изменения мощности механических

ПРАКТИКА

потерь, а для компрессионных свойств цилиндров — работа сил инерции A_p на участках нарастания угловой скорости в угловых интервалах, соответствующие тактам расширения в конкретных цилиндрах:

$$A_p = J \frac{(\omega_{\max}^2 - \omega_{\min}^2)}{2}. \quad (3)$$

Определение технического состояния элементов механизма газораспределения (МГР) осуществляют при декомпрессированных цилиндрах в режиме прокрутки коленчатого вала стартером или работе ДВС на одном цилиндре [13]. В качестве оценочных параметров элементов МГР принимают отклонения экстремальных значений угловой скорости $\Delta\omega_{\max}$, $\Delta\omega_{\min}$ и их фазовых положений $\Delta\phi_{\max}$, $\Delta\phi_{\min}$ относительно ВМТ (на рис. 1 — пунктирная линия), которые сравниваются с нормативными.

Эффективную мощность и мощность механических потерь ДВС оценивают способом СиБИМЭ [16, 17]. При их отклонениях от нормативных значений причину конкретизируют по показателям ВНУСКВ при работе ДВС на установившемся скоростном режиме работы путем последовательного выключения из работы одного цилиндра в соответствии со способом [11].

Улучшение адаптивности систем управления работой элементов "ДВС — трансмиссия", разработка оперативного метода подбора свечей зажигания (определения значений межэлектродных зазоров, геометрического положения их боковых электродов относительно гнезд впускных и выпускных клапанов) и ряда других регулировочных параметров элементов автомобиля осуществлена по показателям ВНУСКВ с использованием теории спектрального анализа.

Установлены зависимости показателей спектрального анализа ВНУСКВ двигателя ЗМЗ 4Ч 9,2/9,2 от индикаторного момента отдельных цилиндров, угла опережения зажигания и зазора в свечах зажигания. Методика определения индикаторного момента M_i отдельных цилиндров по показателям ВНУСКВ предусматривает разложение зависимости квадрата угловой скорости по углу поворота коленчатого вала в ряд Фурье, нахождение амплитуд гармонических составляющих квадрата угловой скорости от сил давления газов путем фазового разделения отдельных гармоник и оценки по этим амплитудам величины M_i .

В качестве примера на рис. 3 представлена зависимость индикаторного момента двигателя ЗМЗ 4Ч 9,2/9,2 в интервалах рабочих ходов в третьем цилиндре от величины зазора в свече зажигания и оптимальном геометрическом положении ее боко-

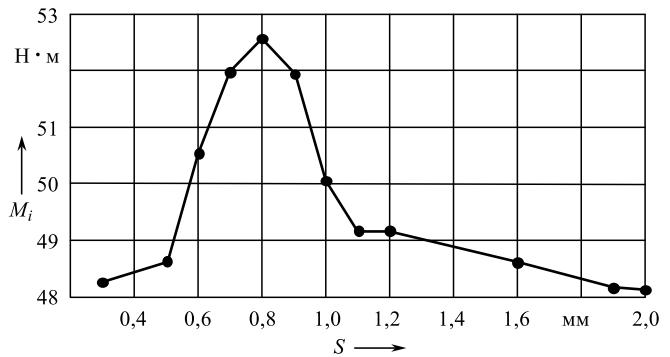


Рис. 3. Зависимость индикаторного момента M_i двигателя ЗМЗ 4Ч 9,2/9,2 при рабочем ходе третьего цилиндра от значения межэлектродного зазора S в свече зажигания и оптимальном геометрическом положении бокового электрода

вого электрода. Режим работы ДВС — холостой ход, средняя угловая скорость $\omega = 100$ рад/с.

Как видно из рис. 3, зависимость индикаторного момента имеет выраженный максимум, соответствующий оптимальной величине межэлектродного зазора в свече зажигания, равного $S = 0,8$ мм.

Для измерения диаграмм ВНУСКВ создано цифровое электронное устройство, работающее с датчиком ВЕ-178А (ЛиР-158Б), который непосредственно связан с коленчатым валом двигателя. Шаг дискретности датчика угловых перемещений коленчатого вала $\Delta\phi = 0,70^\circ$. В этих интервалах значения мгновенных угловых скоростей определяются путем регистрации счетчиками устройства числа импульсов, приходящих от кварцевого генератора эталонной частоты 3 МГц. Абсолютная погрешность измерения значений угловой скорости менее 0,01 рад/с.

В устройстве имеется задатчик скоростного режима, при котором необходимо осуществить операции диагностирования конкретных элементов ДВС. Его назначение — отследить среднюю угловую скорость $\bar{\omega}$ коленчатого вала за один рабочий цикл ДВС (при изменении оператором — диагностом скоростного режима двигателя) с погрешностью, не превышающей ± 1 рад/с, и, в случае совпадения значений заданной и фактически измеренной скоростей, автоматически дать команду устройству на измерение ВНУСКВ. Вследствие наличия высокочастотных колебаний коленчатого вала, измеряемые мгновенные значения угловой скорости на некоторых угловых интервалах имеют "выбросы" — погрешности значений угловой скорости, устранение которых достигается сглаживающей программой устройства, которая усредняет данные с отклонениями, используя методы наименьших квадратов и скользящих медиан [20].

ПРАКТИКА



Рис. 4. Внешний вид устройства для поэлементного диагностирования ДВС динамическими методами

Получение необходимых показателей ВНУСКВ для постановки диагноза осуществляется в соответствии с алгоритмом диагностирования элементов ДВС микропроцессорной системой с представлением их на цифровом табло в реальном масштабе времени, что позволяет выявить неисправности в конкретных его элементах, требующих технического воздействия или текущего ремонта.

Общий вид диагностического устройства показан на рис. 4.

Эффективность предложенной системы диагностирования элементов ДВС обеспечивается высокой помехоустойчивостью и информативностью контролируемого параметра — угловой скорости, точностью, многофункциональностью использования, оперативностью и малой стоимостью реализации, а также перспективностью ее использования в качестве элемента адаптивной системы автоматического управления рабочими процессами ДВС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Гребенников А. С. Диагностирование автотракторных двигателей динамическим методом [Текст] / А. С. Гребенников. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т. 2002. — 196 с.
- Гребенников А. С. Концепция диагностирования элементов автомобиля динамическим методом [Текст] / А. С. Гребенников, С. А. Гребенников, А. В. Никитин и др. // Грузовик. — 2014. — № 6. — С. 24—26.
- Гребенников А. С. Математическая модель внутренциклического изменения угловой скорости коленчатого вала дизеля на холостом ходу [Текст] / А. С. Гребенников, С. А. Гребенников, А. В. Никитин. // Известия ВолгГТУ. — 2013. — № 12 (115). — С. 42—46.
- Девягин С. Н. Неравномерность крутящего момента ДВС и тяговые качества мобильной машины [Текст] / С. Н. Девягин, А. А. Савастенко, И. А. Никишин // Автомобильная промышленность. — 2010. — № 6. — С. 5—8.
- Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов [Текст] / Под ред. В. Н. Луканина и М. Г. Шатрова. — М.: Высшая школа. 2007. — 479 с.
- Диагностика и техническое обслуживание машин / А. Д. Ананын, В. М. Михлин, И. И. Габитов и др. — М.: Изд. центр "Академия". 2008. — 432 с.
- Кривцов С. Н. Динамический метод диагностирования автомобильных дизелей, оснащенных аккумуляторной топливоподающей системой [Текст] / С. Н. Кривцов // Автомобильная промышленность. — 2015. № 9. — С. 26—29.
- Лянденбурский В. В. Встроенная система диагностирования автомобилей с дизельным двигателем [Текст] / В. В. Лянденбурский, Ю. В. Родионов, С. А. Кривобок // Автотранспортное предприятие. — 2012. — № 11. — С. 45—48.
- Марусин А. В. Моделирование процессов встроенной системы технической диагностики транспортного средства [Текст] / А. В. Марусин, А. М. Сычев, И. К. Данилов // Вестник Саратовского государственного технического университета. — 2013. — № 71. — С. 53—56.
- Мороз С. М. Методы обеспечения работоспособного технического состояния автотранспортных средств [Текст] / С. М. Мороз. — М.: МАДИ, 2015. — 204 с.
- Пат. 2454643 Российская Федерация. Способ определения мощности механических потерь ДВС [Текст] / А. С. Гребенников, С. А. Гребенников, Д. В. Федоров. — Бюл. № 18, 2012.
- Пат. 2386941 Российская Федерация. Способ определения составляющих суммарного момента механических потерь ДВС [Текст] / А. С. Гребенников, С. А. Гребенников, М. Г. Петров, В. В. Фокин, А. В. Косарева. — Бюл. № 11, 2010.
- Пат. 2458330 Российская Федерация. Способ диагностирования механизма газораспределения двигателя внутреннего сгорания [Текст] / А. С. Гребенников, С. А. Гребенников, М. Г. Петров, Д. В. Федоров. — Бюл. № 22, 2012.
- Родионов Ю. В. Варианты модулей для реализации бестормозной обкатки дизелей [Текст] / Ю. В. Родионов, Р. Л. Дулатов // Мир транспорта и технологических машин. — 2015. — № 2 (49). — С. 10—17.
- Румянцев П. Г. Расчет неравномерности вращения коленчатого вала двигателя с учетом упругости трансмиссии [Текст] / П. Г. Румянцев, Б. Я. Черняк // Двигателестроение. — 1986. № 4. — С. 18—20.
- Савченко О. Ф. Автоматизированные технологические комплексы экспертизы двигателей [Текст] / О. Ф. Савченко, И. П. Добролюбов, В. В. Альт, С. Н. Ольшевский. — Новосибирск: ГНУ СибФТИ. 2006. — 272 с.
- Техническое обеспечение измерительных экспертных систем машин и механизмов в АПК [Текст] / В. В. Альт, И. П. Добролюбов, О. Ф. Савченко, С. Н. Ольшевский // Под ред. В. В. Альта. — Новосибирск: ГНУ СибФТИ. 2013. — 523 с.
- Тимохин С. В. Современные технологии обкатки автотракторных двигателей [Текст]: монография / С. В. Тимохин, Ю. В. Родионов. — Пенза: ПГУАС, 2013. — 284 с.
- Шаповалов В. В. Применение методов физико-математического моделирования и трибоспектральной идентификации для мониторинга фрикционных механических систем [Текст] / В. В. Шаповалов, А. Л. Озябкин, П. В. Харламов // Вестник машиностроения. — 2009. № 5. — С. 49—57.

УДК 536.46

М. Ю. Карелина, канд. техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО "Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет", **С. М. Гайдар**, д-р техн. наук, e-mail: avtokon93@yandex.ru, **К. К. Тайсаев**, ФГБОУ ВО российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева, **В. Д. Жигарев**, канд. техн. наук, заслуженный изобретатель РФ, **А. А. Волков**, аспирант ФГБОУ ВО российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева

ЛАБОРАТОРНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО ИНИЦИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СВС

Приведены конструкция и результаты испытаний лабораторного переносного воспламеняющего химического устройства многоразового действия с использованием для воспламенения высокоактивного химического реагента (ВХР) в сжиженном состоянии при хранении и в газообразном состоянии при подаче ВХР на воспламеняемый материал. В качестве ВХР использовали трифтормицеллорид хлора ClF_3 . Для удобства ручного запуска устройства целесообразно использовать наличие рукоятки для удержания его в руке и курковую систему запуска, то есть, принцип работы воспламеняющего устройства основан на принципе работы пистолета многоразового действия.

Устройство может быть использовано при проведении исследований по оценке характера воспламенения горючих материалов, в основном, различных составов СВС-шихты в лабораторных условиях.

Ключевые слова: самораспространяющийся высокотемпературный синтез, химическое инициирование, высокоактивный химический реагент.

The article describes the design and the experimental results regarding the test of a reusable laboratory portable inflammable chemical device with usage of high-active chemical agent for inflammation, in liquefied condition while stored and in gaseous condition when injected onto the substance to be inflamed. Chlorine trifluoride was used as high-active chemical agent.

For convenience of hand triggering of the device it is reasonable to design a handle in order to keep it in the hand and also a cock launching system, which means that the working principle of the inflammable device is based on the working principle of a reusable pistol.

The device can be used during carrying out researches connected with the evaluation of the characteristics of combustion agents' inflammation — mainly different self-propagating high-temperature synthesis mixture in laboratory conditions.

Keywords: self-propagating high-temperature synthesis, chemical initiation, high-active chemical agent.

(рис. 3 на 4-й полосе обложки)

Введение

Результаты исследований по химическому инициированию СВС-процесса показали, что реализация данного метода может быть обеспечена при мизерном расходе ВХР. Так, воспламенение высококалорийных составов $\text{Ti} + 2\text{B}$ и $\text{Ti} + \text{C}$ было обеспечено при следующих расходах ВХР в газообразном состоянии (ClF_3) — 1 мг; в жидком состоянии (BrF_3) — 10 мг; в твердом состоянии — несколько кристаллов [1].

Полученные результаты показали возможность широкого использования ВХР в технологиях получения тугоплавких соединений методом СВС [2, 3].

В частности, несомненный интерес представляет использование трифтормицеллорида хлора (ClF_3) для разработки переносного лабораторного воспламеняющего устройства многократного действия. За исходную конструктивную схему была выбрана схема воспламеняющего устройства для воспламенения СВС-шихты в реакторе, состоящую из расходного контейнера (для хранения ВХР) и дозирующего устройства [1]. При этом следует отметить, что при использовании 1 г ClF_3 в лабораторных условиях может быть осуществлено до 1000 пусков устройства.

Конструкция лабораторного устройства

В связи с возможностью обеспечения многократных запусков устройства основными требованиями к его конструкции являются:

- возможность автономного (без использования ручных вентиляй) запуска и отключения подачи ВХР на исследуемый образец шихты;
- возможность регулирования количества ВХР, подаваемого на шихту СВС;
- удобство обращения при ручном осуществлении при запусках устройства.

Для выполнения требований, предъявляемых к устройству, в качестве основы для его автономного пуска и отключения была принята система игольчатых запирающих клапанов. Для удобства ручного пуска устройства целесообразно использовать рукоятку для удержания его в руке и курковую систему пуска.

Таким образом, работа воспламеняющего устройства может быть основана на принципе работы пистолета многоразового действия.

Конструктивная схема воспламеняющего устройства приведена на рис. 1, а внешний вид (фотография)

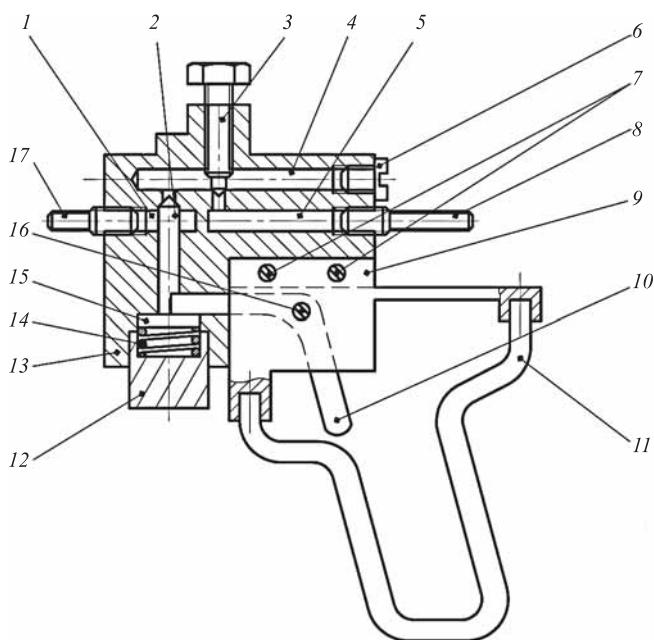


Рис. 1. Лабораторное устройство для химического инициирования процесса СВС в разрезе:

1 — резервуар передний; 2 — клапан игольчатый поджимной; 3 — клапан игольчатый поджимной; 4 — дозирующий резервуар; 5 — резервуар задний; 6 — пробка; 7 — винт крепежный; 8 — штуцер заднего резервуара; 9 — переходник; 10 — курок; 11 — рукоятка; 12 — втулка резьбовая; 13 — корпус; 14 — пружина сжатия; 15 — диск опорный; 16 — винт штифтовой; 17 — штуцер переднего резервуара

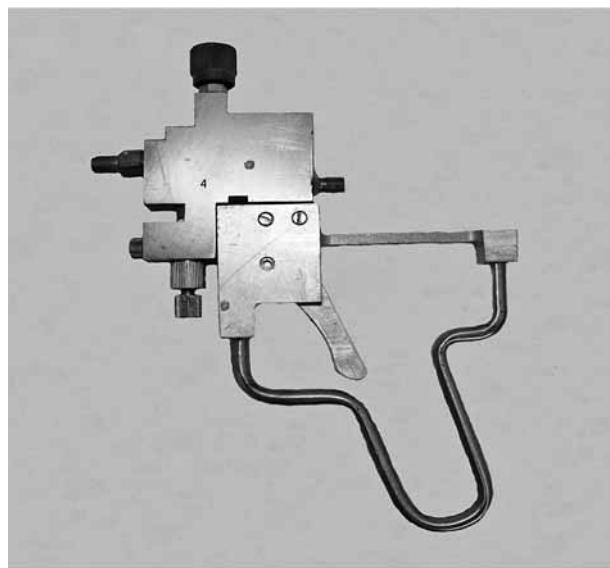


Рис. 2. Внешний вид (фотография) ручного устройства для инициирования процесса СВС

фия) ручного устройства для инициирования процесса СВС показан на рис. 2 [4].

Работа воспламеняющего устройства может проходить в лаборатории под тягой и осуществляется следующим образом (три варианта).

Вариант 1. Игольчатый клапан 3 отвинчивается на 1–2 витка резьбы от отверстия, размещенного в стенке между задним и дозирующим резервуарами (5 и 4). В результате этого часть ВХР в газообразном состоянии под действием давления насыщенного пара $P_{\text{нр}}$ (для ВХР ClF_3 величина $P_{\text{нр}}$ составляет 1107 мм рт. ст.) перетекает из переднего резервуара 5 в дозирующий резервуар 4, после чего игольчатый клапан 3 вновь поджимается вручную к поверхности отверстия в стенке между резервуарами. После этого через штуцер 17 направляют СВС-шихту (использовали прессованные таблетки из шихты диаметром 10 мм и высотой 5 мм). Затем резьбовую втулку 12 отворачивают на несколько витков и нажимают на курок 10. Курок 10 поворачивается (до упора в заднюю стенку проточки) относительно штифтового винта 16. При этом свободный конец курка 10 толкает вниз диск 15, содержащийся на свободном конце игольчатого клапана 2 и часть ВХР в газообразном состоянии перетекает (до достижения атмосферного давления) в передний резервуар 1 и через капиллярное отверстие в штуцере 17 попадает на поверхность таблетки из СВС-шихты и воспламеняет ее.

Для удаления испытателя от воспламеняемой таблетки на штуцере 17 может быть закреплена капил-

лярная трубка (использовали трубку длиной 20 см). После воспламенения СВС-шихты курок 10 отпускают и пружина сжатия 14 поджимает игольчатый клапан 2 к поверхности отверстия в стенке между резервуарами 4 и 1. Дополнительное поджатие игольчатого клапана 2 осуществляют наворачиванием резьбовой втулки 12. После воспламенения шихты устройство отдаляют от нее.

Вариант 2. Для трудновоспламеняемой шихты отверстие между задним и дозирующим резервуарами (5 и 4) не перекрывают и ВХР поступает как из дозирующего резервуара 4, так и из заднего резервуара 5. После воспламенения СВС шихты устройство отдаляют от нее и завинчивают игольчатый клапан 2 и винтовую втулку 12.

Количество повторных воспламенений таблеток из СВС-шихты определяется расходом газообразного ВХР, который на два порядка может быть меньше массы сжиженного ВХР, находящегося в заднем резервуаре 5.

Вариант 3. Замена пробки 6 на штуцер, соединенный с дополнительным дозирующим резервуаром, дает возможность подачи на СВС-состав увеличенной дозы ВХР. Работа происходит аналогично варианту один, за исключением того, что из штуцера 17 вытекает увеличенная порция ВХР. Штуцер позволяет также осуществить продувку резервуаров 4 и 1 для удаления остатков ВХР.

Результаты испытаний

Проведены испытания по воспламенению прессованных таблеток из шести видов СВС-шихты с использованием лабораторного устройства (см. рис. 2) при проведении исследований по выбору состава СВС в лабораторных условиях для защищенного электронного информационного устройства [5, 6]. Для сравнения использовали ВХР в жидком (BrF_3), а затем — в газообразном (ClF_3) состоянии с использованием капиллярного патрубка длиной 20 см. Характер воспламенения различных составов СВС-шихты приведен на рис. 3.

При проведении испытаний таблетки в опытах 1—3 (сверху вниз) воспламеняли по первому варианту, а таблетки в опытах 4, 5, 6 — по второму варианту. Как следует из рис. 3, при использовании в опытах 4, 5, 6 воспламенение составом ClF_3 явилось более надежным, что может быть объяснено более дли-

тельным временем контактирования ВХР с шихтой (при использовании BrF_3 он размещался на кончике шпателя).

Данные испытания целесообразно проводить в лабораторных условиях под тягой непосредственно испытателем.

Таким образом, испытания обеспечили достижение технического результата по созданию нового вида (переносного и многократно действующего) устройства, которое может быть использовано при проведении исследований по оценке характера воспламенения горючих материалов, в основном различных составов СВС-шихты в лабораторных условиях.

Выводы

1. Разработано и изготовлено лабораторное устройство для химического инициирования процесса СВС.

2. Результаты испытаний показали надежность работы устройства при проведении испытаний по оценке различных составов СВС-шихты в лабораторных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zhigarev V. D. Some Aspects of Intensification of SHS Technology of Production of Refractory Powder Compounds, International Journal of Self — Propagating High-Temperature Synthesis. Vodume 8, Number 4, 1999.
2. Жигарев В. Д. Экспериментальные исследования режимов работы теплогенерирующего СВС-реактора. Жур. Конверсия в машиностроении № 5, 2001. С. 93—99.
3. Utilization in a Flow Reaction of the Heat Released during SHS / V. D. Zhigarev // V Internationl Symposium, on Self — Propagating High-Temperature Synthesis: Book of abstracts. Moskow, 1999. P. 40.
4. Заявка № 2016101655/05(002280) от 20.01.2016.
5. Патент RU № 2419895. Способ осуществления инициирования процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. В. Д. Жигарев, Е. А. Левашов, С. М. Лазарев, В. Ф. Суховерхов, А. С. Рогачев, И. Ю. Ягубова. 2009 г.
6. Патент RU № 2395943. Защищенное электронное устройство. В. Д. Жигарев, Е. А. Левашов, 2009 г.

УДК 629.017

М. Ю. Ананьев, генеральный директор Ассоциации межрегионального автотранспортного объединения,
Б. С. Антропов, д-р техн. наук, профессор, А. Е. Лебедев, д-р техн. наук, доцент,
Д. В. Лебедев, магистрант, ФГБОУ ВПО ЯГТУ
E-mail: dzemitory@yandex.ru

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статье описываются методы оценки режимов работы автомобильных двигателей в эксплуатации. Представлены выражения для определения коэффициента использования мощности и оборотности. Выявлены наиболее нагруженные маршруты. Проанализирована нагруженность двигателя во время работы в различных условиях эксплуатации, а также установлены условия, оказывающие влияние на данный параметр. Предлагаемые методы могут быть использованы для учета показателей работы автомобильных двигателей в условиях автопредприятий.

Ключевые слова: нагруженность, двигатель, скоростной режим, коэффициент оборотности, коэффициент мощности, режимометрирование.

The article describes the methods of evaluation of the modes of operation of automobile engines in operation. Expressions for determining the capacity factor and of turningare presents. Identified the most heavily loaded routes. The load of the engine during operation in different operating conditionsareanalyzed, as well as the conditions influencing this parameter. The proposed methods can be used to account for the performance of automobile engines in the conditions of automobile.

Keywords: load, engine speed, rate of turning, the power factor, the definition of modes.

На режимы работы автомобилей (грузовиков, автобусов и автосамосвалов) оказывают влияние условия эксплуатации, под которыми понимают их нагрузку (масса груза, количество пассажиров), дорожные условия, организацию движения и т.п. Условия эксплуатации формируют режимы работы двигателей, которые характеризуются в конкретных условиях эксплуатации средними значениями коэффициентов использования мощности K_N и оборотности K_n двигателя.

Коэффициент использования мощности определяется уравнением:

$$K_N = \frac{N_{cp}}{N_{en}}, \quad (1)$$

где N_{cp} — среднее значение мощности двигателя при его работе в конкретных условиях эксплуатации; N_{en} — номинальное значение мощности двигателя (при его работе по скоростной характеристике на стенде).

Коэффициент использования оборотности определяется как:

$$K_n = \frac{n_{cp}}{n_h}, \quad (2)$$

где n_{cp} — среднее значение числа оборотов коленчатого вала двигателя при его работе в конкретных условиях эксплуатации; n_h — номинальное значение числа оборотов коленчатого вала двигателя.

Средние значения K_N и K_n определяются на заводах-изготовителях АТС по результатам режимометрирования двигателей в конкретных условиях эксплуатации. Так, в табл. 1 приведены значения K_N и K_n для двигателей ЯМЗ, которые были определены по результатам режимометрирования автомобильных двигателей на базовых автопредприятиях Ярославского ОАО "Автодизель" [1].

Как следует из данных табл. 1, наиболее нагруженными являются двигатели тракторов и карьерных самосвалов. Это обстоятельство было принято во внимание при назначении периодичности технического обслуживания двигателей, а именно — двигатели тракторов и карьерных автосамосвалов обслуживаются несколько чаще, чем двигатели бортовых автомобилей и седельных тягачей.

При эксплуатации автомобилей одной и той же модели даже в условиях одного и того же автопредприятия их двигатели нагружены по-разному. Поэтому пробег двигателей до капитального ремонта

ПРАКТИКА

Таблица 1

Значения K_N и K_n и периодичность ТО для двигателей ЯМЗ

Двигатели	Дорожные условия	K_N	K_n	Периодичность, ч	
				ТО-1	ТО-2
Магистрального автомобиля (бортовой автомобиль и седельный тягач)	Дорога с твердым покрытием	0,5—0,75	0,75—0,80	250	1000
Трактора (К-700)	Пахота	0,8—1,0	0,8—1,0	125	500
Большегрузного автосамосвала (БелАЗ)	Работа в карьере	0,7—0,9	0,7—1,0	200	800

изменяется в довольно широких пределах. Вполне очевидно, что в тех случаях, когда нагруженность двигателей достаточно высока, требуется чаще проводить диагностирование и обслуживание отдельных систем и узлов: замену картерного масла, фильтрующих элементов системы смазки и воздухоочистки, регулировку клапанного механизма и т.п.

Определить значения K_N и K_n в условиях рядовых автогоязыств с помощью режимомера не представляется возможным. Однако значения K_N можно определить косвенно, используя данные учета работы автомобилей на предприятиях за длительный период работы, в частности, среднюю эксплуатационную скорость автомобиля V (км/ч) и средний расход топлива Q (л/100 км). Значения этих показателей для одних и тех же моделей автомобилей и тракторов в предприятиях постоянны, но отличаются друг от друга вследствие разных условий эксплуатации. В табл. 2 приведены указанные значения для автобусов ЛиАЗ-525634 с двигателями ЯМЗ-6563.10 (номинальные $N_e = 169$ кВт и $G_m = 34,0$ кг/ч при $n = 1900 \text{ мин}^{-1}$), работающих в условиях Ярославского ОАО "ПАТП-3" на перевозке пассажиров (в основном по маршрутам "Ярославль — центры муниципальных образований Ярославской области") за 2014 г. (по суммарному времени работы на маршрутах, пробегу и расходу топлива).

Для двигателей характер изменения мощности N_e (кВт) и часового расхода G_T (л/ч) по внешней скоростной характеристике примерно одинаков. Поэтому уравнение (1) можно представить, как:

$$K_N = \frac{N_{cp}}{N_{eh}} \approx \frac{G_{mcp}}{G_{mnom}}, \quad (3)$$

где G_{mcp} и G_{mnom} — соответственно средний часовой расход топлива двигателя при работе автомобиля в конкретных условиях эксплуатации и номинальный часовой расход топлива этого же двигателя при испытаниях в заводских условиях.

Средний часовой расход топлива двигателя при работе в эксплуатации определяется уравнением [2]:

$$G_{mcp} = \frac{\rho}{100} QV, \quad (4)$$

где ρ — плотность топлива, кг/л; Q — средний эксплуатационный расход топлива двигателя (автомобиля) в эксплуатации, л/100 км; V — средняя эксплуатационная скорость автомобиля, км/ч.

Уравнение (3) можно представить в следующем виде:

$$K_N = \frac{\rho}{100 G_{mh}} QV. \quad (5)$$

Значение ρ зависит от температуры воздуха в подкапотном пространстве автомобиля, которая при его эксплуатации в условиях средней полосы России изменяется в пределах 40—60 °C. Для средней температуры воздуха 50 °C значение ρ для летнего и зимнего сортов дизельного топлива соответственно составляет 0,9 г/см³ = 0,9 кг/л и 0,84 г/см³ = 0,84 кг/л [3]. Подставляя значения плотности топлива в уравнение (4), получим его в окончательном виде:

$$K_N = (0,84 - 0,90) \cdot 10^{-2} \frac{QV}{G_{mh}}. \quad (6)$$

Используя уравнение (6), определяем значения K_N для автобусов ЛиАЗ-525634 Ярославского ОАО "ПАТП-3". Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Анализируя результаты расчетов, можно сделать вывод по работе автобусов ЛиАЗ-525634 в условиях ОАО "Ярославское ПАТП-3" о том, что изменения значения K_n находится в пределах 0,38—0,49, что свидетельствует о нагруженности двигателя при работе на маршруте № 5 (Ярославль — Ростов) в 1,3 раза больше, чем при работе на маршруте № 3 (Ярославль — Тутаев).

Анализируя значения K_n , приведенные в табл. 1, можно отметить, что для двигателей магистральных

ПРАКТИКА

Таблица 2

Эксплуатационные показатели автобусов ЛиАЗ-525634 в условиях ОАО "Яр ПАТП-3"

Маршрут движения	Средняя загруженность автобуса*, %	Протяженность маршрута, км	Количество остановок автобуса на маршруте**	V_y км/ч	Q л/100 км	K_N	K_S
1. Ярославль — Кострома	41	92,0	2	53,2	31,9	0,440	0,02
2. Ярославль — Рыбинск	46	93,8	20	57,0	31,9	0,475	0,21
3. Ярославль — Тутаев	12	37,2	16	46,5	32,2	0,390	0,43
4. Ярославль — Некрасовское	37	45,6	22	51,4	32,1	0,430	0,48
5. Ярославль — Ростов	36	54,0	18	58,8	31,8	0,485	0,33
6. Ярославль — Гаврилов-Ям	48,5	42,9	13	49,9	32,1	0,415	0,30

* Отношение количества пассажиров к количеству посадочных мест в автобусе.

** Количество остановок междугородного автобуса определяется остановками, оборудованными павильонами (тарифные остановки).

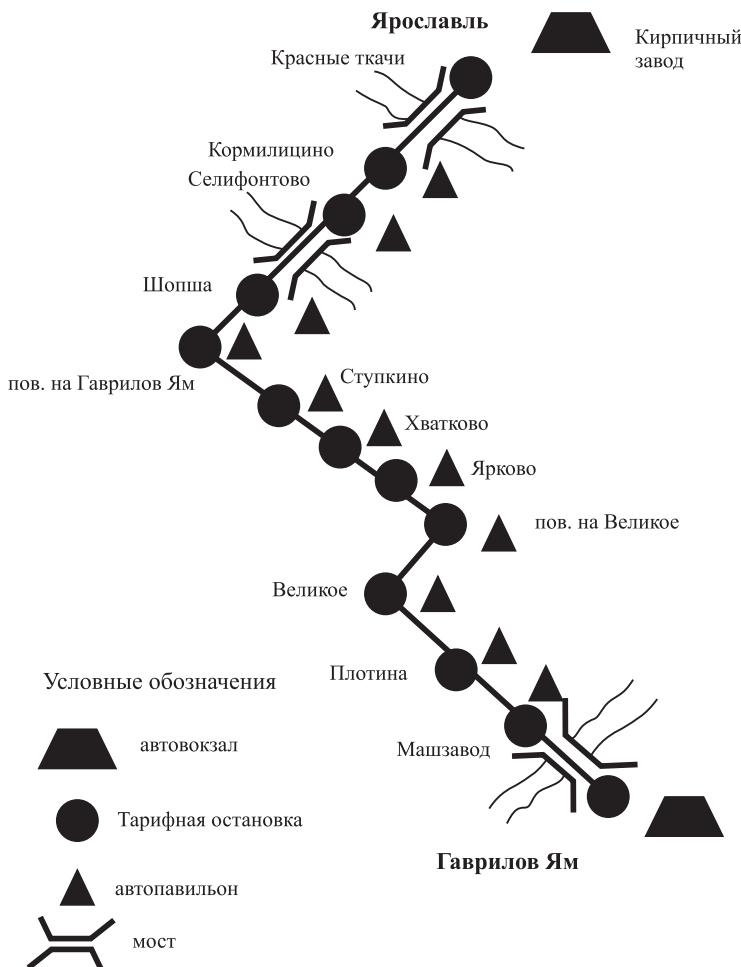


Рис. 1. Схема маршрута с указанием линейных и дорожных сооружений

автомобилей изменения лежат в узком диапазоне 0,75—0,80. Это обстоятельство наводит на мысль, что показатели надежности этих двигателей (износы деталей, наработка на отказ, ресурс и т.п.) зависят в большей степени от переменности их скоростного режима. Вполне очевидно, для оценки этого фактора следует принимать коэффициент, учитывающий число переключений коробки передач, приходящееся на один километр пробега автомобиля [4].

К сожалению, авторы не располагают этими точными данными для рассматриваемых автобусов. Однако считают, что для маршрутных автобусов можно использовать коэффициент K_S , учитывающий количество строго фиксированных остановок в процессе движения от пункта выезда до пункта прибытия, приходящихся на один километр маршрута.

На рис. 1 приведена схема маршрута № 6, на котором насчитывается 12 остановок при протяженности маршрута 42,9 км ($K_S = 0,30$).

Именно частые остановки на маршруте формируют "неблагоприятные" режимы работы двигателя по циклу: разгон — установившееся движение — торможение автобуса до полной остановки — работа двигателя на минимальных оборотах холостого хода.

С увеличением числа остановок на маршруте сокращается благоприятная фаза движения, а именно: установившееся движение.

ПРАКТИКА

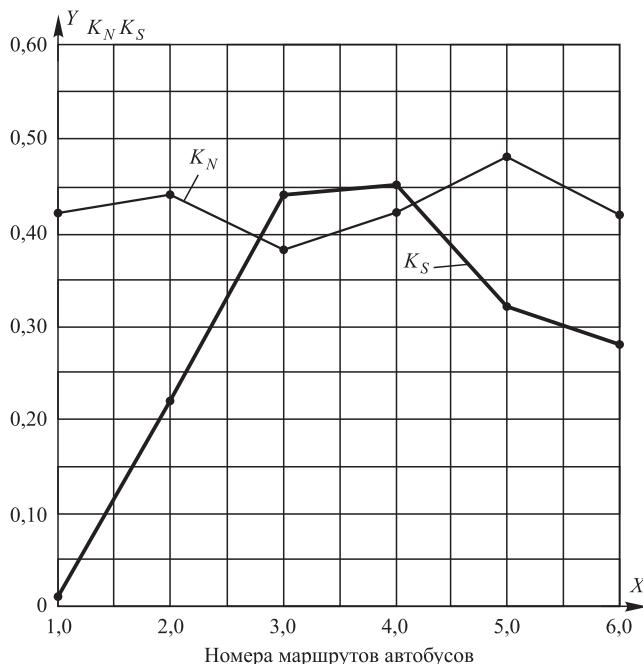


Рис. 2. График значений K_N и K_S по маршрутам автобусов ЛиАЗ

Это отрицательно сказывается на показателях надежности двигателя.

В табл. 2 приведены значения коэффициентов K_S для автобусов ЛиАЗ, работающих на рассматриваемых маршрутах. На рис. 2 приведены графики значений коэффициентов K_N и K_S по маршрутам движения указанных автобусов.

Анализ полученных результатов позволяет делать следующие выводы:

- При незначительном изменении коэффициента K_N существенное изменение имеет коэффициент K_S (для маршрутов Ярославль — центры

муниципальных образований Ярославской области его значения находятся в пределах 0,21—0,48).

- Оценивая сложность маршрутов автобусов ЛиАЗ по значениям коэффициентов K_N и K_S можно отметить, что наиболее "неблагоприятными" для работы двигателей являются маршруты 3 и 4.

По мнению авторов, предлагаемые методы оценки режимов работы двигателей могут использоваться в практической деятельности автопредприятий нашей страны, особенно в тех, где существует строгий учет показателей работы автомобилей. Данная методика может найти применение при корректировании периодичности проведения ТО или для составления графика периодического изменения маршрутов движения автобусов с целью обеспечения их равной нагруженности в процессе эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Новые автотракторные дизели ЯМЗ:** Учеб. пособие / Б. С. Антропов, Г. М. Савельев; Яросл. ин-т повышения квалификации и переподготовки кадров, 111, [1] с. ил. 20 см, Ярославль: Б. и., 1992.
2. **Говорущенко Н. Я.** Техническая эксплуатация автомобилей. — Харьков: Высшая школа, 1984. — 312 с.
3. **ГОСТ 390—85 Нефть и нефтепродукты. "Методы определения плотности".**
4. **Хазиев А. А., Максимов В. А., Зотов В. Б.** Использование внутренних резервов технической службы АТП для обеспечения работы автобусов на линии в условиях рыночных отношений. — М., 1994. — 46 с. — (Автомоб. трансп. Передовой произ. опыт и науч.-техн. достиж., рекомендаемые для внедрения на автомоб. трансп. Сер. Вопросы техн. эксплуатации и ремонта автомоб.: Информ. сборник / Информтранс; ISSN 0131-0011; вып. 2).

"КАМАЗ" закупил новые роботы для производства мостов

В рамках программы "Организация производства мостов" на автомобильный завод ПАО "КАМАЗ" поступило новое оборудование.

Новые роботизированные комплексы из одного сварочного и двух наплавочных агрегатов разместились на территории цеха картеров и задействованы в производстве мостов для автомобилей КАМАЗ-6520 и КАМАЗ-6560.

Первые агрегаты для наплавки опоры и для приварки стакана и фланца к картеру моста, работая в автоматическом режиме, обеспечивают высокую производительность и точность операций. Ранее эти операции выполнялись вручную.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

УДК 621.436.038-19

Э. И. Удлер, д-р техн. наук, профессор, e-mail: eudler@mail.ru, **В. Д. Исаенко**, канд. техн. наук, **А. В. Исаенко**, канд. техн. наук, доцент, **П. В. Исаенко**, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, e-mail: expert@mail2000.ru

КОМПЛЕКСНАЯ ЗАЩИТА ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ДИЗЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ОТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

В статье предложены устройства по защите топливных баков и очистке дизельного топлива машин от атмосферных загрязнений. Приведены результаты оценки эффективности их работы. Сделаны выводы о целесообразности их применения в транспортных машинах.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, топливная система, фильтроэлемент, механические примеси, тонкость очистки, масляный пылеуловитель, фильтр-сепаратор, ресурс.

The article proposed device to protect fuel tanks and diesel fuel purification machines from atmospheric pollution. Are the results of the evaluation of the effectiveness of their work. Conclusions about the appropriateness of their use in transport machines.

Keywords: internal combustion engine, fuel system, filter element, mechanical impurities, fineness of purification, oil separator filter, dust collector, resource.

Постоянно растущие объемы всех видов транспортных, сельскохозяйственных, строительных и других работ связаны с необходимостью их механизации и автоматизации. При этом ведущая роль в этом процессе принадлежит машинам, оснащенными дизельными двигателями внутреннего сгорания. Поэтому постоянно растущий парк машин является одним из массовых потребителей дизельного топлива в масштабах почти всех отраслей народного хозяйства страны.

Эксплуатационная надежность дизельных машин в значительной степени определяется чистотой применяемого топлива. Многочисленными исследованиями установлено, что более 15 % отказов машин в эксплуатации приходится на топливные системы и связаны они с высокой загрязненностью топлива механическими примесями сложного состава и водой по причине недостаточной эффективности стандартной системы очистки.

Поэтому дальнейшее повышение надежности машин авторы настоящей работы усматривают в совершенствовании их топливных систем путем снижения загрязнения топлива в баке и более полной его очистки до прихода в камеру сгорания дизеля путем дополнительного включения в систему разработанных конструкций масляного пылеуловителя (МПУ)

и двухсекционного топливного фильтра-сепаратора (ФС) (рис. 1).

Предлагаемый пылеуловитель по патенту № 2257487 РФ представлен на рис. 2.

МПУ жестко крепится к топливному баку машины, при этом выходной патрубок 2 герметично соединяется с заливной горловиной бака. Это позволяет использовать на баках герметичную крышку, так как "дыхание" бака будет обеспечивать МПУ, защища-

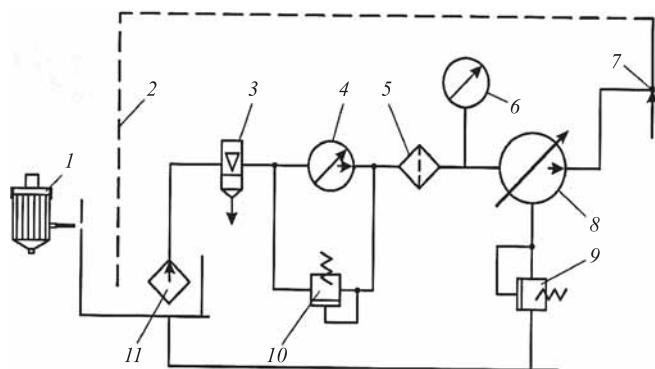


Рис. 1. Схема усовершенствованной топливной системы:
1 — масляный пылеуловитель (МПУ); 2 — топливный бак; 3 — двухступенчатый топливный фильтр-сепаратор (ФС); 4 — топливоподкачивающий насос; 5 — фильтр тонкой очистки (ФТО); 6 — манометр; 7 — форсунки; 8 — ТНВД; 9 — перепускной клапан; 10 — редукционный клапан; 11 — фильтр грубой очистки (ФГО)

ПРАКТИКА

ющий бак и топливо от атмосферных загрязнений. Работает он следующим образом.

Во время эксплуатации машины воздух из атмосферы проходит через входной патрубок 6, попадая в центральную трубку 7 для подвода воздуха. При выходе из трубы 7 через сквозные отверстия 8 частицы пыли, находящиеся в воздухе, проходят по каналу архимедовой спирали 9. Благодаря гравитационному эффекту частицы загрязнений осаждаются на поверхности масляной ванны 3. Очищенный таким образом от частиц пыли воздух попадает через выходной патрубок 2 в топливный бак машины.

Опуская подробности теоретического анализа движения частиц воздушной пыли в спиральном канале, получено решение в виде формулы, определяющей соотношение основных конструктивных параметров пылеуловителя, обеспечивающих требуемую тонкость пылеулавливания по размеру задерживаемых частиц d_q :

$$\frac{h}{D} = \sqrt{\left(\frac{18v_B q_B}{g D (\rho_q / \rho_B) d_q^2 t} \right)^2 - \pi^2 \left(\frac{D}{4t} - \frac{d}{D} \right)^2}. \quad (1)$$

Здесь h , D , d — высота, наружный и внутренний диаметры спиральной рабочей зоны МПУ; t — шаг спирали; q_B — объемный расход воздуха при дыхании бака; d_q — диаметр улавливаемых частиц пыли; ρ_q — плотность частиц пыли; ρ_B — плотность воздуха; v_B — кинематическая вязкость воздуха.

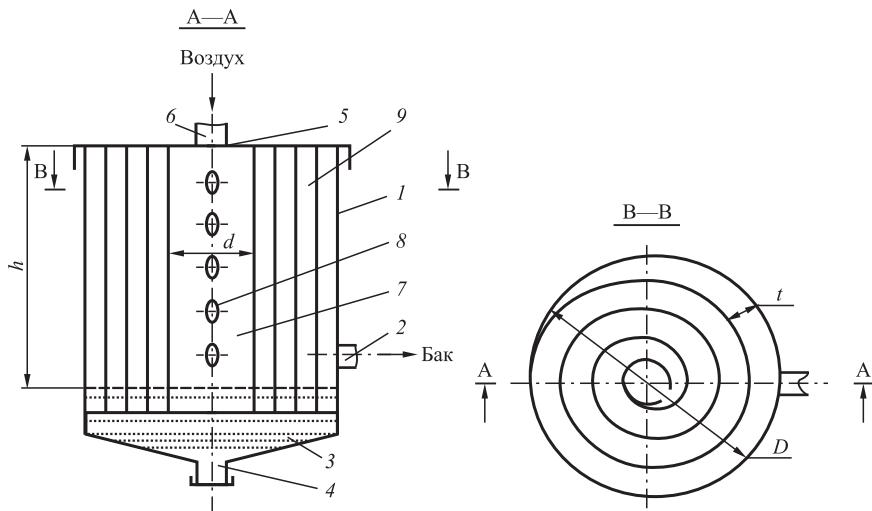


Рис. 2. Схема устройства МПУ топливного бака машины:

1 — замкнутый цилиндрический корпус; 2 — выходной патрубок; 3 — масляная ванна; 4 — сливная горловина; 5 — крышка; 6 — входной патрубок; 7 — центральная трубка; 8 — отверстия; 9 — архимедова спираль

При заданных конструктивных параметрах МПУ из (1) получена формула расчета минимального размера частиц загрязнений, осаждаемых в МПУ:

$$d_{q \min} = \left(\frac{18v_B q_B}{g (\rho_q / \rho_B) D t} \right)^{0,5} \times \\ \times \left[\left(\frac{h}{D} \right)^2 + \pi^2 \left(\frac{D}{4t} - \frac{d}{D} \right)^2 \right]^{-0,25} \cdot 10^6, \text{ мкм.} \quad (2)$$

Более существенного повышения эффективности очистки топлива в топливных системах машин можно достичь путем усиления очистительного комплекса стандартной топливной системы введением дополнительного ФС, способного отделять как механические примеси, так и воду, присутствующую в топливах. Считаем целесообразным установить такой фильтр между ФГО и ФТО (традиционная комбинация).

Конструктивно фильтр-сепаратор (АС РФ № 1287918), в котором реализован принцип увеличения длительности процесса фильтрования, показан на рис. 3.

ФС работает следующим образом. Очищаемая жидкость поступает в корпус, проходит через фильтрующий элемент 10, затем, меняя направление движения на 180° , проходит через элемент 4 и уходит в магистраль. В процессе движения потока жидкости через фильтрующие элементы (размер пор которых уменьшается в направлении движения жидкости) происходит их постепенная забивка механически-

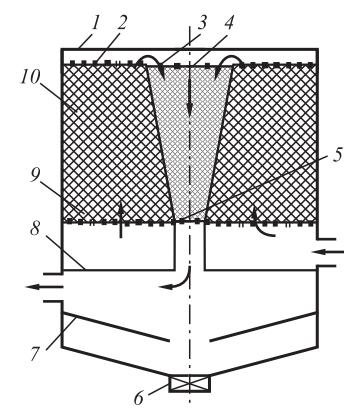


Рис. 3. Схема устройства ФС объемного типа:

1 — корпус; 2 — полый конический каркас; 3, 5, 9 — перфорированные пластины; 4, 10 — фильтрующие элементы из пористого фильтроматериала; 6 — сливная пробка; 7 — отражательная шайба; 8 — пластина

ПРАКТИКА

ми примесями, вследствие чего повышается ресурс фильтра. Одновременно с этим осуществляется коагуляция микрокапель воды, которые после выхода из фильтрующего элемента выпадают в отстой. Применение фильтрующего элемента подобной конструкции позволяет повысить его грязеемкость, а также эффективность водоотделения за счет полно-го использования объема фильтрующего материала.

Эффективность фильтрационной очистки то-плива оценивается двумя показателями. Один из них — номинальная тонкость очистки, которая для фильтров, выполненных из деформируемого пенополиуретана (например, ППУ-ЭО-130) определяется по формуле [1]:

$$d_{0,95} = 79,43_n^{-1,466}, \text{ мкм.} \quad (3)$$

Здесь $d_{0,95}$ — 95-процентная тонкость очистки, определяемая размером частиц загрязнений, 95 % которых задерживается фильтром; n — степень обжатия пористого материала. Для рассматриваемого двухступенчатого ФС этот параметр определяется соотношением сечения конуса на входе — S'_n к сечению на выходе ФС — S'_B , т. е.:

Характеристика среднегодовых загрязнений дизельного топлива дорожных машин по усредненным показателям

Показатели	Серийная схема подачи топлива				Усовершенствованная схема подачи топлива			
	В топливном баке (рабочий режим)		На входе в топливо-подкачивающий насос		В топливном баке (рабочий режим)		На входе в топливо-подкачивающий насос	
Среднесезонное содержание загрязнений, % (мас.)	0,00720		0,00556		0,00250		0,00115	
Размерная группа частиц, мкм	Содержание частиц в группе		Содержание частиц в группе		Содержание частиц в группе		Содержание частиц в группе	
	шт./мл	%	шт./мл	%	шт./мл	%	шт./мл	%
1–10	20 045	69,06	16 611	76,86	10 667	88,59	4710	91,02
11–20	6486	22,35	4068	18,83	1098	8,75	402	7,78
21–30	1990	6,86	879	4,07	244	2,02	59	1,14
31–40	431	1,48	51	0,24	36	0,3	3	0,06
41–50	66	0,23	1	0	—	—	—	—
Свыше 50	5	0,02	—	—	—	—	—	—
Всего	29 023	100	21 610	100	10 045	100	5174	100
Содержание воды, % (мас.)	0,0184		0,0178		0,0196		0,0046	
Коэффициент фильтрации	7,4		4,5		3,3		2,2	

$$n_B = \frac{S'_H}{S'_B} = \frac{\pi(R_\Phi^2 - r'_\Phi{}^2)}{\pi r'_\Phi{}^2} = \left[\left(\frac{R_\Phi}{r'_\Phi} \right)^2 - 1 \right]. \quad (4)$$

Учитывая, что $R_\Phi = D_\Phi/2$; $r'_\Phi = d'_\Phi/2$, номинальную тонкость очистки рассматриваемого ФС следует определять по формуле:

$$d_{0,95} = 79,43 \left[\left(\frac{R_\Phi}{r'_\Phi} \right)^2 - 1 \right]^{-1,466}, \text{ мкм} \quad (5)$$

Коэффициент очистки топлива от эксплуатационных загрязнений, как относительную массу задержанных фильтром загрязнений можно определить по формуле [2]:

$$\eta^* = 0,504 d_{0,5}^{-0,53},$$

где $d_{0,5}$ — 50-процентная тонкость очистки фильтра, связанная с 95-процентным соотношением [2], при котором также:

$$\eta^* = 1,712 d_{0,95}^{-0,53}, \quad (6)$$

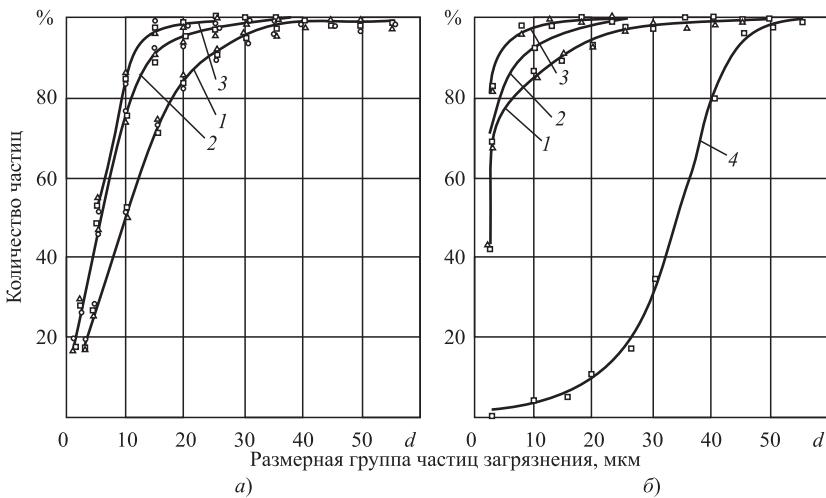


Рис. 4. Распределение дисперсного состава частиц загрязнения топлива машин с серийной (а) и усовершенствованной (б) топливными системами:

1 — в топливном баке; 2 — на выходе из ФГО и ФС (соответственно)

Имея рассмотренные показатели эффективности фильтра, можно определить массу загрязнений, задержанных фильтром (гряземкость):

$$G_{\Phi} = \eta^* Q_t C_o \rho_t, \text{ кг}, \quad (7)$$

где Q_t — объем топлива, пропущенного через фильтр, C_o — средняя массовая концентрация загрязнений на входе в фильтр.

Формулы (5), (6), (7) позволяют оценивать эффективность ФС по задержке механических примесей в топливе.

Достаточно объективным доказательством эффективности УТС, на примере проведенных эксплуатационных испытаний дизельных автопогрузчиков ТО-18А, свидетельствует характеристика показателей загрязненности топлива в отдельных элементах системы (таблица; рис. 4).

Видно, что применение МПУ снижает эти показатели в 2–3 раза в топливном баке, в то же время ФС снижает их дополнительно еще и на выходе из топливоподкачивающего насоса, обеспечивая общее содержание загрязнений до 0,00115 % и удельную концентрацию частиц на 1 мл топлива до 5170, т. е. более чем в 4 раза. При этом 90 % частиц, "плавающих" в топливе, имеют размер 8–1 мкм. Частицы размером более 40 мкм в УТС вообще отсутствуют. Все они в основном удерживаются пылеуловителем. Примечательным является и тот факт, что МПУ и ФС, принимая на себя основные функции по очистке топлива от загрязнений, значительно снижают нагрузку на ФТО. Из приведенной таблицы следует, что в топливе, прошедшем через ФТО с УТС, загрязнений более чем в 3 раза меньше, чем в существующей. Это способствует увеличению ресурса самих фильтроэлементов и топливной аппаратуры машин в целом.

Таким образом, предлагаемое усовершенствование топливной системы позволяет значительно повысить чистоту применяемого топлива и, как следствие, повысить эксплуатационную надежность машин с дизельными двигателями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Захаров А. И. Разработка объемных фильтров для смазочных и гидравлических систем дорожных и строительных машин [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / А. И. Захаров; Томский гос. архит.-строит. ун-т. — Томск: Б.и., 1996. — 21 с.
2. Удлер Э. И. Фильтрация нефтепродуктов [Текст] / Э. И. Удлер. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1988. — 215 с.

Ломовозы для "Akron Holding"

В Тольятти состоялось торжественное мероприятие по передаче завершающей партии автотехники КАМАЗ в лизинг компаниям, входящим в состав "Akron Holding".

Сделка была совершена по лизинговой программе "Для корпоративных клиентов" с авансом в 20 % и сроком лизинга 36 мес. Поставщиком в сделке выступил "КРАН центр "КАМАЗ" — одно из немногих предприятий в стране, которое предлагает клиентам кранманипуляторные установки из России, Австрии, Италии, Швеции, Японии и Кореи. В 2015 году компания "КРАН центр "КАМАЗ" вошла в состав международного концерна PALFINGER, став совместным предприятием PALFINGER и ОАО "КАМАЗ".

50 ломовозов на шасси КАМАЗ-65115 в комплектации с кранманипуляторной установкой, переданные в рамках сделки, были собраны заводом спецавтотехники "Транслес". Основным предметом деятельности завода является лесовозная и прицепная техника, создаваемая с применением специализированных систем автоматизированного проектирования и расчетных программ.

Пресс служба ОАО "КАМАЗ"

ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.132.039:004

В. А. Максимов, д-р техн. наук, профессор, Г. А. Крылов, МАДИ, Р. И. Исмаилов, канд. техн. наук,

П. В. Максимов, инж., С. В. Рошак, канд. техн. наук, ГУП "Мосгортранс"

E-mail: vamaximov57@mail.ru

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ

В настоящее время на рынке автомобильной техники появился целый ряд городских автобусов различных производителей. Анализ их технических характеристик показывает, что даже в рамках одного класса они различаются. Кроме того, разные производители предлагают различную цену за свою продукцию. Следует также предположить, что реализация заложенных в конструкции разных моделей автобусов технико-эксплуатационных свойств будет проявляться в эксплуатации по-разному.

У потенциальных покупателей появилась реальная возможность выбора модели подвижного состава даже в пределах одного класса. Для того чтобы более обоснованно и объективно подходить к выбору той или иной модели городского автобуса, необходимы специальные рекомендации.

Ключевые слова: автобусы, городские автобусы, подвижной состав, технико-эксплуатационные свойства, эксплуатация подвижного состава, приведенные затраты, выбор модели городских автобусов.

Currently on the market of automotive vehicles have a number of buses from different manufacturers. Analysis of their technical characteristics shows that, even within the same class, they differ. Moreover, different manufacturers offer different price for their products. Should it be assumed that the implementation inherent in the design of different models of buses technical and operational properties will be manifested in the operation differently. Potential buyers have a real opportunity of choice of model rolling stock even within the same class. In order to more reasonably and objectively approach to the choice of a particular model of urban bus required special. considerations.

Keywords: buses, city buses, rolling stock, technical and operational properties, maintenance of rolling stock, reduced costs, the choice of model buses.

В основу "рекомендаций..." заложен рыночный критерий — "цена — качество".

При этом под качеством городского автобуса понимается совокупность его технико-эксплуатационных свойств, обуславливающих его пригодность удовлетворять потребности в комфортабельных и безопасных перевозках пассажиров.

В качестве технико-экономического критерия выбраны приведенные затраты [1].

Приведенные затраты — экономическая категория, отражающая величину (в стоимостном выражении) полных затрат общественного труда, текущих и единовременных, на производство продукции. Численно приведенные затраты равны сумме полных текущих производственных затрат (включая амортизацию) и части капитальных вложений в данное мероприятие [4]:

$$Z_{\Pi} = C_{\Theta} + E_H K, \quad (1)$$

где Z_{Π} — приведенные затраты, руб.; C_{Θ} — эксплуатационные расходы на перевозку, руб.; E_H — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений; K — капитальные вложения, необходимые для использования автомобиля или автопоезда, руб.

Нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений — это величина обратная сроку окупаемости (T_K) капитальных вложений [4]:

$$E_H = \frac{1}{T_K}. \quad (2)$$

Данный подход имеет ряд преимуществ:

— доступность и достоверность исходных данных;

ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

- простота расчетов;
- отсутствие потребности в прогнозировании текущих расходов, цен, прибыли, срока действия проекта;
- возможность определения абсолютной эффективности общей суммы инвестиций какого-нибудь отдельно взятого инвестиционного проекта;
- возможность оценки сравнительной эффективности любого количества;
- альтернативных проектов и выбора из них наиболее эффективного.

Методика определения сравнительной эффективности капиталовложений основана на сравнении приведенных затрат по вариантам [4].

$$(C_1 + E_H K_1) > (C_2 + E_H K_2). \quad (3)$$

Эффективным будет тот вариант, если сумма текущих затрат (C_i) и капитальных вложений (K_i), умноженных на нормативный коэффициент эффективности, будет минимальной:

$$Z_{\Pi}(i) = C_i + E_H K_i \Rightarrow \min. \quad (4)$$

В экономической литературе показатель приведенных затрат критикуется на том основании, что капитальные вложения учитываются в нем дважды: один раз прямо, второй раз в себестоимости в виде амортизации.

Кроме того, модели городских автобусов сопоставимы по стоимости в рамках одного и того же класса. Расходы на переустройство производственно-технической базы предприятия также сопоставимы. Поэтому показатель капитальных вложений можно упустить и не учитывать при сравнении вариантов.

Сравнение вариантов выбора модели городских автобусов следует производить по суммарным удельным эксплуатационным затратам:

$$C_{УД}^{\Sigma} = \frac{C_i}{W_i}, \quad (5)$$

где $C_{УД}^{\Sigma}$ — суммарные удельные эксплуатационные затраты, руб./место-км; C_i — эксплуатационные затраты i -й модели городского автобуса за расчетный период, руб.; W_i — объем транспортной работы i -й модели городского автобуса, место-км.

Предпочтение отдается варианту, имеющему наименьшие значения:

$$C_{УД}^{\Sigma} = \frac{C_i}{W_i} \Rightarrow \min. \quad (6)$$

Основными элементами эксплуатационных затрат городских автобусов являются:

- основная и дополнительная заработка платы водителей и кондукторов с начислениями ($ЗП_{вод}$);
- затраты на автомобильное топливо (C_T);
- затраты на смазочные и прочие эксплуатационные материалы ($C_{ЭМ}$);
- затраты на восстановление износа и ремонт автомобильных шин ($C_{ш}$);
- расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт подвижного состава ($C_{ТО}$);
- амортизация подвижного состава ($C_{ам}$);
- накладные расходы (C_{hp}).

Основным методом расчета эксплуатационных расходов городских автобусных перевозок является прямой расчет по статьям затрат:

$$C = ЗП_{вод} + C_T + C_{ЭМ} + C_{ш} + C_{ТО} + C_{ам} + C_{hp}. \quad (7)$$

Как показывает производственный опыт, накладные расходы в основном зависят от мощности предприятия, поэтому при сравнении эффективности той или иной модели городского автобуса они могут не учитываться.

В окончательном виде целевая функция при обеспечении эффективного освоения новых моделей городских автобусов примет следующий вид:

$$C_{УД}^{\Sigma} = \frac{ЗП_{вод}^i + C_T^i + C_{ЭМ}^i + C_{ш}^i + C_{ТО}^i + C_{ам}^i}{W_i} \Rightarrow \min. \quad (8)$$

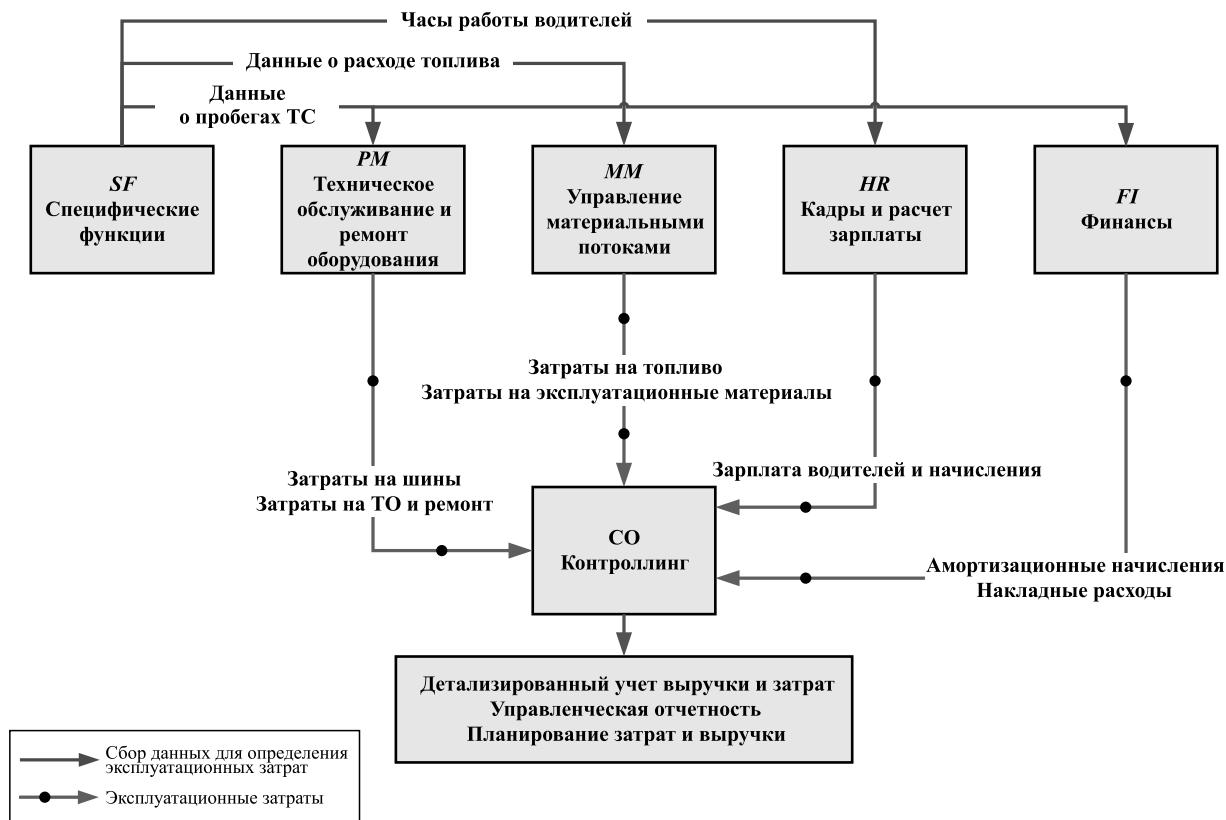
Оценка технико-эксплуатационных свойств различных моделей городских автобусов проводилась с учетом особенностей работы подвижного состава в условиях 14 автобусного парка филиала ГУП "Мосгортранс".

Исходные показатели для расчетов по маршрутной сети, параметрам технико-эксплуатационных свойств различных моделей городских автобусов формировались на основе базы данных Единой автоматизированной системы управления финансово-хозяйственной деятельностью (ЕАСУ ФХД) ГУП "Мосгортранс" (рисунок).

Для облегчения расчетом было создано специальное программное обеспечение.

Программный расчет организован в виде исполняемого модуля calculating.exe. Расчет производится на основании данных по маршрутной сети и по подвижному составу автобусного парка, находящихся в трех файлах формата стандартных таблиц

ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ



Структурная схема ЕАСУ ФХД ГУП "Мосгортранс"

типа DBF: routdata.dbf, markdata.dbf, normfuel.dbf. Результаты расчета выводятся в специально подготовленную таблицу calldata.dbf, откуда могут быть экспортированы в любые другие форматы. Также на основе calldata.dbf программа выдает суммарные расчетные значения по каждой марке автобу-

сов в таблице totldata.dbf и в отсортированном по убыванию суммарных величин удельных приведенных эксплуатационных затрат по маркам в таблице sortdata.dbf.

Основные результаты расчета представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Приведенные затраты по статьям по моделям автобусов большой вместимости

Марка автобуса	Зарплата водителей, руб./м-км	Топливо, руб./м-км	ГСМ, руб./м-км	Шины, руб./м-км	ТО и ТР, руб./м-км	Запчасти, руб./м-км	Амортизация, руб./м-км	Суммарные приведенные затраты, руб./м-км
ЛиАЗ-525613	0,89	0,22	0,04	0,01	0,23	0,30	0,09	1,79
МАЗ-103-65	0,73	0,18	0,03	0,01	0,18	0,23	0,1	1,46
МАЗ-103-465	0,73	0,18	0,03	0,01	0,18	0,23	0,08	1,43
ЛиАЗ-529221	0,7	0,18	0,03	0,01	0,18	0,23	0,09	1,42
ЛиАЗ-529222	0,7	0,18	0,03	0,01	0,18	0,23	0,08	1,41
ЛиАЗ-52922	0,66	0,16	0,03	0,01	0,17	0,22	0,07	1,33

ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Таблица 2

Приведенные затраты по статьям по моделям автобусов особо большой вместимости

Марка автобуса	Зарплата водителей, руб./м-км	Топливо, руб./м-км	ГСМ, руб./м-км	Шины, руб./м-км	ТО и ТР, руб./м-км	Запчасти, руб./м-км	Амортизация, руб./м-км	Суммарные приведенные затраты, руб./м-км
Волжанин-6270	0,63	0,15	0,03	0,01	0,16	0,21	0,06	1,25
ЛиАЗ-621322	0,58	0,15	0,03	0,01	0,15	0,20	0,07	1,20
ЛиАЗ-621321	0,57	0,15	0,03	0,01	0,15	0,20	0,07	1,17
ЛиАЗ-62132	0,52	0,14	0,03	0,01	0,14	0,18	0,06	1,08
МАЗ-107-065	0,5	0,13	0,02	0,01	0,1	0,13	0,04	0,94

Анализ результатов проведенных расчетов показывает, что:

1. Наиболее экономичной моделью по приведенным эксплуатационным затратам среди автобусов большой вместимости является ЛиАЗ-52922, далее идут ЛиАЗ-529222 и ЛиАЗ-529221. Наиболее затратной моделью среди автобусов большой вместимости является ЛиАЗ-525613.
2. Наиболее экономичной моделью по приведенным эксплуатационным затратам среди автобусов особо большой вместимости является МАЗ-107-065 далее идут ЛиАЗ-62132 и ЛиАЗ-621321. Наиболее затратной моделью среди автобусов особо большой вместимости является Волжанин 6270.
3. Эффективность модели автобуса зависит не только от того, какие значения параметров технико-эксплуатационных свойств заложены в модели на стадии разработки, но и как они реализуются в реальной эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобильные транспортные средства / Под общ. ред. Д. П. Великанова. — М.: Транспорт, 1977. — 326 с.
2. Краткая характеристика ЕАСУ ФХД ГУП "Мосгортранс" / Силкин В. Ф., Максимов В. А., Осипова С. В., Рошак С. В., Сарбаев В. И., Суматохин Д. Г. // Материалы XIII Международной научно-практической конференции 28—29 октября 2009 г. "Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств", Владимир, 2009. — С. 107—113.
3. Оперативный учет технико-экономических показателей работы линейных автобусов в ЕАСУ ФХД ГУП "Мосгортранс" / Крылов Г. А., Максимов В. А., Исмаилов Р. И., Осипова С. В., Рошак С. В., Сарбаев В. И., Силкин В. Ф. // Материалы 69-й научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ. Секция Проблемы ТЭ и автосервиса ПС АТ. М.: МАДИ (ГТУ), 2011. — С. 83—88.
4. Хачатуров Т. С. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений, М., 1969.

Автобусы НЕФАЗ для "Сургутнефтегаза"

ПАО "КАМАЗ" завершило поставку партии междугородных пассажирских автобусов НЕФАЗ в адрес крупнейшей российской нефтегазодобывающей компании ОАО "Сургутнефтегаз".

Пять автобусов НЕФАЗ 5299-0000017-42 адаптированы для эксплуатации в северных климатических условиях. Они оснащены пакетом опций с двойным остеклением окон, тремя потолочными турбовентиляторами, системой ГЛОНАСС и тахографом. Кроме того, по требованию заказчика все автобусы окрашены в индивидуальном стиле — использованы белый и синий цвета.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

УДК 621.316.824

В. Н. Козловский, д-р техн. наук, СамГТУ, г. Самара, В. И. Строганов, д-р техн. наук.

МАДИ, г. Москва, А. П. Новикова, ассистент, СамГТУ, г. Самара

E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

ЭЛЕКРОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КОМПЛЕКСА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Представленная работа посвящена разработке и реализации электротехнической системы мониторинга работоспособности комплекса электроснабжения автономных транспортных объектов.

Ключевые слова: автономное электроснабжение, сопротивление изоляции, двухпроводная система питания, математическое моделирование.

This work is dedicated to the development and implementation of health monitoring of electrical power systems of the complex of autonomous transport objects.

Keywords: autonomous power, insulation resistance, two-wire power system, mathematical modeling.

Рассматривая перспективы развития мировой автомобильной промышленности, необходимо выделить программу создания автономного транспортного объекта (АТО) или беспилотного автомобиля. Данная программа является одной из наиболее важных, и по сути определяющих глобальный тренд в создании принципиально новых автотранспортных средств (АТС).

Активное развитие технологий проектирования и производства электропривода обеспечения движения, систем, состоящих из мощных аккумуляторных батарей, а также соответствующих комплексов управления, уже привело к созданию электромобилей (ЭМБ) и автомобилей с комбинированной энергоустановкой (АКЭУ), которые в настоящее время завоевывают мировые автомобильные рынки.

Сейчас можно говорить о начале использования на автомобильном транспорте солнечных батарей, что является следствием улучшения их технологичности, энергоемкости и надежности.

Электротехнические и электронные системы управления становятся одной из доминант в вопросах обеспечения эксплуатационной эффективности современных автомобилей. В этом плане в последние годы существенно развиваются технологии нечеткой логики программирования и инструменты интеллектуальных систем.

Таким образом, получается, что в настоящее время активно развиваются целые кластеры научно-технических направлений, интеграция которых в рамках концепции АТО обеспечивает создание принципиально нового продукта автомобилестроения.

Из всего вышесказанного следует, что электрооборудование и электроника получает важнейшую роль в иерархии автомобильных систем. Следовательно, задача обеспечения качества и надежности функционирования бортовой системы электрооборудования приобретает особое звучание и новые горизонты актуальности.

Одним из значимых кластеров развития автомобильных технологий, на наш взгляд, является направление по обеспечению эксплуатационной эффективности АТО, связанное с созданием и реализацией комплекса дистанционного мониторинга и оценки работоспособности комплекса бортового электрооборудования.

Практика показывает, что в конструкциях традиционных автотранспортных средств, а также в ЭМБ и АКЭУ существенный уровень эксплуатационных отказов связан с проблемами функционирования электрооборудования в общем (рис. 1), и комплекса электроснабжения (КЭ) в частности (табл. 1, п. 3, 5, 11). В условиях эксплуатации перспективного комплекса

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

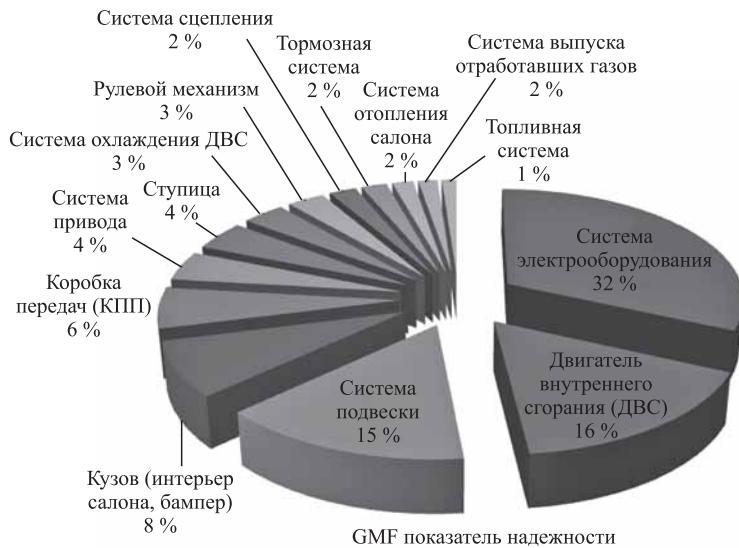


Рис. 1. Анализ уровня отказов в эксплуатации современных автомобилей российского производства, по основным системам, по данным за 2014 г.

ATO, проблема обеспечения работоспособности такого комплекса, поскольку в случае выхода из строя хотя бы одного из элементов, однозначно приводит к отказу АТО в целом.

Таким образом, становится понятно, что задача, связанная с обеспечением работоспособности комплекса электроснабжения как традиционного,

Таблица 1
Уровень отказов элементов системы электрооборудования в эксплуатации, приведенный к 1000 автомобилям

№ п/п	Наименование устройства	Показатель надежности K, %
1	Лампы	140
2	Электростеклоподъемник	100
3	Генераторная установка	85
4	Свечи зажигания	80
5	Аккумуляторная батарея	65
6	Регулятор холостого хода	65
7	Электроусилитель рулевого управления	50
8	Электродвигатель вентилятора отопителя	45
9	Звуковой сигнал	40
10	Пульт дистанционного управления	35
11	Проводка электроснабжения	20

так и перспективного автотранспортного средства, с использованием инструментов контроля и дистанционной передачи данных, является важной и актуальной.

В представленной статье рассмотрена разработка вопросов организации бортовой системы мониторинга работоспособности комплекса энергоснабжения перспективного АТО.

На этапе проектирования электроэнергетического комплекса автономного объекта необходимо правильно выбирать способ измерения (вычисления) сопротивления изоляции в зависимости от схемы электропитания, входных цепей первичного источника по цепям электропитания.

Сама проблема контроля сопротивления изоляции (КСИ) на корпус известна давно [2, 4, 6, 7], однако она не потеряла своей актуальности, так как необходимо разрабатывать такие новые методы измерения электрических параметров цепей питания, которые позволят минимизировать влияние процесса измерения на исследуемые цепи, а также уменьшить время измерения.

Рассмотрим функциональную схему контроля $R_{из}$ для системы электроснабжения АТО, выполненной по параллельно-последовательной схеме [1, 5]. Когда между первичным источником электроэнергии и нагрузкой последовательно включен регулирующий элемент, схема приобретает вид, приведенный на рис. 2.

Оценки значений сопротивлений изоляции шин питания можно получить с использованием мостовой схемы (рис. 3). В представленной схеме сопротивления $R = 100$ кОМ (2 шт.) это эталонное

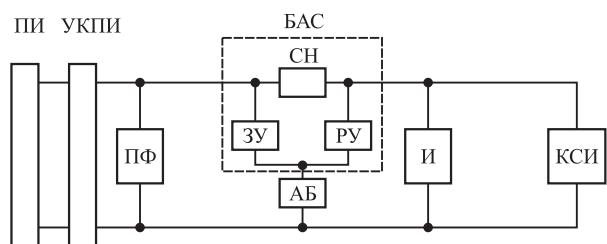


Рис. 2. Функциональная схема контроля сопротивления изоляции КЭ АТО:

ПИ — первичный источник питания, УКПИ — устройство коммутации ПИ, ПФ — помехоподавительный фильтр, БАС — блок автоматики и стабилизации, СН — стабилизатор напряжения, ЗУ — зарядное устройство, РУ — разрядное устройство, АБ — аккумуляторная батарея, КСИ — устройство контроля сопротивления изоляции, Н — нагрузка

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

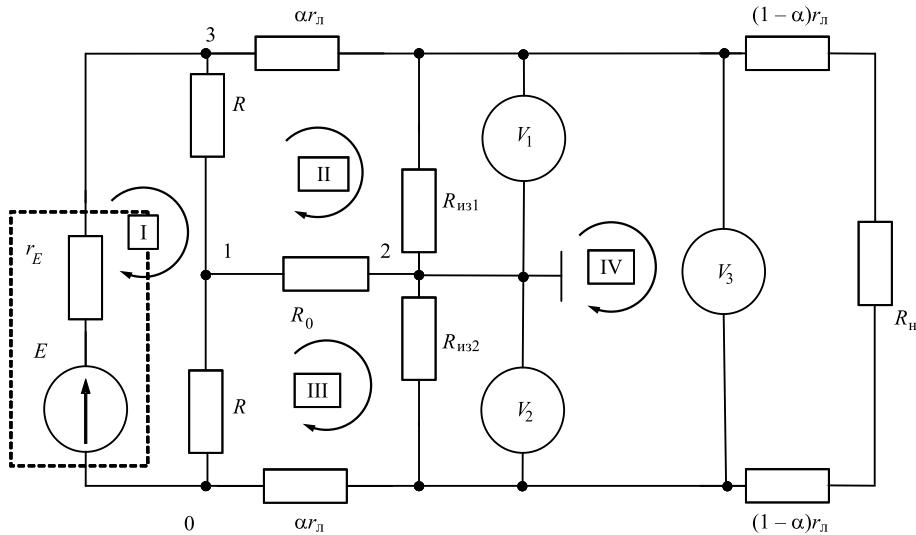


Рис. 3. Расчетная схема контроля сопротивления изоляции с сопротивлением в диагонали

сопротивление делителя, $R_{из1}$, $R_{из2}$ — сопротивление изоляции каждой шины. Вместе они образуют мост, к одной из диагоналей которого подключен источник напряжения $E = 28$ В, в другую диагональ включен коммутируемый резистор R_0 , для которого могут быть заданы два различных значения сопротивления. Учитываем внутреннее сопротивление источника питания $r_E = 0,01r_l$. Распределительный характер сопротивлений шин питания и произвольное положение утечки изоляции по длине шины учитываем коэффициентами α и β . Сопротивление одного проводника линии электропитания составляет 3 % сопротивления нагрузки $r_l = 0,03$ Ом.

Учитывая необходимость проведения двух измерений параметров измерительных цепей, предусмотрена возможность изменения сопротивления резистора в диагонали моста.

Низкоомные сопротивления эталонного делителя $R_- = R_+$ создают искусственный ноль между шинами питания U_- и U_+ . Достоинство схемы в том, что эталонные делители не шунтируют сопротивление изоляции, а значит, искусственный ноль между шинами питания U_- и U_+ сохраняется независимо от режима схемы, т.е. от величины сопротивлений изоляции $R_{из1}$ и $R_{из2}$ — между шинами питания и корпусом. Поэтому при равенстве $R_{из1}$ и $R_{из2}$ вольтметр V_1 покажет ноль (на модели — десятки микровольт), а вольтметры V_2 и V_3 напряжения на сопротивлениях эталонного делителя. При асимметрии $R_{из1}$ и $R_{из2}$ потенциал корпуса смещается относительно искусственного нуля, так как определяется

величинами сопротивлений изоляции.

Очевидно, что вольтметр V_1 покажет полуразность между напряжениями на сопротивлениях изоляции $R_{из1}$ и $R_{из2}$. Далее контроллер по знаку показаний вольтметра V_1 определяет неисправную шину, а по величине показаний ее сопротивление относительно корпуса.

В рассматриваемом варианте для расчетной схемы сопоставляется система четырех уравнений по методу контурных токов [2]:

$$\begin{aligned} R_{11}I_{11} - R_{12}I_{22} - R_{13}I_{33} - R_{14}I_{44} &= E; \\ -R_{21}I_{11} + R_{22}I_{22} - R_{23}I_{33} - R_{24}I_{44} &= 0; \\ -R_{31}I_{11} - R_{32}I_{22} + R_{33}I_{33} - R_{34}I_{44} &= 0; \\ -R_{21}I_{11} + R_2I_{22} - R_{23}I_{33} + R_{44}I_{44} &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где $R_{11} = 2R + r_E$, $R_{22} = R + R_0 + R_{из1} + \alpha r_l$, $R_{33} = R + R_0 + R_{из2} + \alpha r_l$, $R_{44} = R + R_0 + R_{из2} + \alpha r_l + R_h$, $R_{12} = R_{21} = R$, $R_{13} = R_{31} = R$, $R_{23} = R_{32} = R_0$, $R_{14} = R_{41} = 0$, $R_{24} = R_{42} = -R_{из1}$, $R_{34} = R_{43} = -R_{из2}$.

Значения сопротивления шин питания примут следующий вид:

$$\begin{aligned} R_{из1} &= \frac{d_1 s_2 R_{01} - k d_2 s_1 R_{02}}{s_2 U'_{21} - k s_1 U''_{21}}, \\ R_{из2} &= \frac{d_2 s_1 R_{01} - k d_1 s_2 R_{02}}{k d_1 U''_{21} - d_2 U'_{21}}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $d_1 = U'_{31} - U'_{21}$, $d_2 = U''_{31} - U''_{21}$, $s_1 = U'_{10} + U'_{21}$, $s_2 = U''_{31} + U''_{21}$.

Знаками $('')$, индексами 1, 2 обозначены переменные и их комплексы для режимов с резисторами $R_0 = R_{01}$, $R_0 = R_{02}$ соответственно.

В табличном процессоре MSExcel проведены расчеты с использованием уравнений контурных токов (1) для напряжений U_{10} , U_{21} , U_{31} для пар значений сопротивлений R_0 . Найденные значения напряжений были использованы для расчета значений сопротивлений изоляции $R_{из1}$, $R_{из2}$ по соотношениям (2).

Результаты моделирования приведены в таблицах. Погрешность вычисления значений сопротивлений изоляции сильно зависит от соотношения

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

Таблица 2

Примеры результатов расчетов модели с учетом сопротивлений шин и источника питания

$k = 0,03; \alpha = \beta = 0,5; R_{01} = 10 \text{ кОм}; R_{02} = 20 \text{ кОм}; R_H = 1,00 \text{ Ом}; r_E = 0,01r_L; R_{из2} = 1 \text{ МОм}$					Задано
$R_{из1} =$	10 000	5000	500	50	
$R_{из2} =$	1000	1000	1 000	1 000	Расчет
$R_{из1} =$	8870,32	4 732,16	503,578	50,696	
$R_{из2} =$	1012,92	1 011,47	986,062	788,168	
$\delta_1, \% =$	-11,3%	-5,4%	0,7%	1,4%	
$\delta_2, \% =$	1,3%	1,1%	-1,4%	-21,2%	
$k = 0,03; \alpha = 0,90; \beta = 0,10; R_{01} = 50 \text{ кОм}; R_{02} = 10 \text{ кОм}; R_H = 1,00 \text{ Ом}; r_E = 0,01r_L; R_{из2} = 1 \text{ МОм}$					Задано
$R_{из1} =$	10 000	5000	500	50	
$R_{из2} =$	1000	1000	1 000	1 000	
$R_{из1} =$	9326,06	4888,3	511,081	51,380	
$R_{из2} =$	1040,51	1037,8	992,068	688,628	
$\delta_1, \% =$	-6,7%	-2,2%	2,2%	2,8%	
$\delta_2, \% =$	4,1%	3,8%	-0,8%	-31,1%	
$k = 0,03; \alpha = 0,90; \beta = 0,10; R_{01} = 10 \text{ кОм}; R_{02} = 20 \text{ кОм}; R_H = 1,00 \text{ Ом}; r_E = 0,01r_L; R_{из2} = 1 \text{ МОм}$					Задано
$R_{из1} =$	10 000	5000	500	50	
$R_{из2} =$	1000	1000	1000	1000	
$R_{из1} =$	5452,23	3556,61	490,012	50,926	
$R_{из2} =$	961,87	959,45	917,941	640,736	
$\delta_1, \% =$	-45,5%	-28,9%	-2,0%	1,9%	
$\delta_2, \% =$	-3,8%	-4,1%	-8,2%	-35,9%	
$k = 0,03; \alpha = 0,10; \beta = 0,90; R_{01} = 10 \text{ кОм}; R_{02} = 20 \text{ кОм}; R_H = 1,00 \text{ Ом}; r_E = 0,01r_L; R_{из2} = 1 \text{ МОм}$					Расчет
$R_{из1} =$	10 000	5000	500	50	
$R_{из2} =$	1000	1000	1000	1000	
$R_{из1} =$	10 432,95	5114,23	502,563	50,175	
$\delta_1, \% =$	4,3 %	2,3 %	0,5 %	0,3 %	
$\delta_2, \% =$	1,0 %	0,9 %	0,4 %	-4,3 %	

значений сопротивлений изоляции, сопротивления линии и от места утечки. Однако следует заметить, что значения меньшего сопротивления изоляции получаются с вполне приемлемой погрешностью (единицы процентов), а значение большего сопротивления — занижаются.

Измерение значений напряжений U_1 и U_2 реализуется с помощью вольтметров (АЦП).

Результаты моделирования погрешностей в схеме с коммутируемым делителем напряжения приведены в табл. 2. Видно, что на краях диапазонов при $\alpha = 0,90$ (делитель R — R подключен близко к началу линии, утечка вблизи нагрузки) погрешность вычисления больших значений сопротивлений существенно возрастает, расчет занижает значения сопротивления изоляции. При этом критические

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

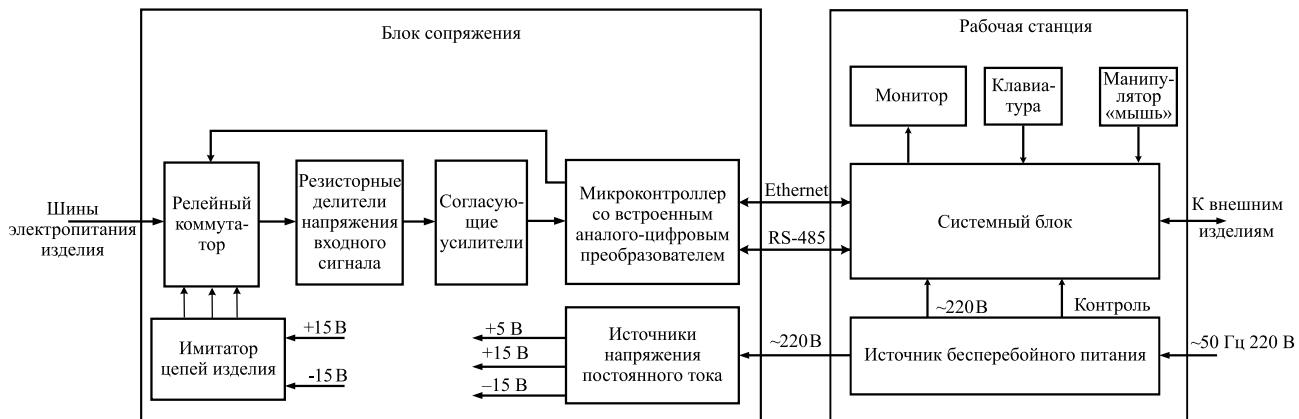


Рис. 4. Функциональная схема системы мониторинга работоспособности КЭ АТО

значения сопротивлений определяются достаточно точно.

С целью снижения влияния напряжения источника на результаты расчетов сопротивлений изоляции целесообразно проводить измерения напряжений одновременно по всем нужным каналам, а для проведения расчетов использовать нормированные значения напряжений. В качестве нормирующего множителя можно использовать напряжение источника или одно из напряжений U_{10} , U_{31} (рис. 4).

Таким образом, разработка и реализация системы мониторинга КЭ АТО, позволяет решать перспективные задачи, связанные с обеспечением работоспособности как традиционных, так и перспективных автотранспортных средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Высоцкий В. Е., Новикова А. П. Контроль сопротивления изоляции в двухпроводных системах автономного электроснабжения // VI международная молодежная научно-техническая конференция "Электроэнергетика глазами молодежи". 2015 г. г. Иваново // ИГУ. № 2. С. 471—474.
2. Иванчура В. И., Краснобаев Ю. В., Пожаркова И. Н. Определение входного импеданса системы каналов энергопотребления по ограниченным данным о конечных потребителях // Электронные и электромеханические системы и устройства. Тезисы докладов XVII НТК. Томск: ФГУП НПЦ "Полюс", 2006. С. 29.
3. Калашников Н. С., Кустов А. Г., Панайотис С. К. Перспективные методы контроля сопротивления изоляции разветвленных электрических цепей, Электрофорум. Санкт-Петербург, пилотный номер, 2000. — 15 с.
4. Коломийцев Ю. Н., Новикова А. П. Мониторинг сопротивления изоляции в двухпроводных системах автономного электроснабжения // Вести в электроэнергетике. 2015 г. № 4. С. 17—25.
5. Лачин В. И. Теория и методы построения устройств контроля и прогнозирования состояния объектов с дискретно-распределенными параметрами: Дис. д. т. н.: 05.13.05 / Ю РГТУ. — Новочеркасск, 2002 г. 304 с. — Библиогр.: с. 254—279. — Прил.: — 280 с.
6. Панфилов Д. И., Чепурин И. Н., Миронов В. Н., Обухов С. Г., Шитов В. А., Иванов В. С.: В 2 т. / Под общей ред. Д. И. Панфилова. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на ElectronicsWorkbench. — Т. 2: Электроника. М.: МЭИ, 2004. 325 с. — ISBN: 5-7046-0954-6 (изд-е 2-е, перераб и доп.).
7. Пожаркова И. Н. Формирование требований к выходному импедансу систем электропитания космических аппаратов. Дисс. канд. техн. наук 9214413: Сиб. федеральн. университет, 2009.
8. Lau K. Y., Vaughan A. S., Chen G., Hosier I. L., Holt A. F. Absorption current behaviour of polyethylene/silica nanocomposites (2013) Journal of Physics: Conference Series, 472 (1), art. no. 012003. doi: 10.1088/1742-6596/472/1/012003.
9. Lau K., Vaughan A., Chen G., Holt A., Ching K. On the space charge and DC breakdown behavior of polyethylene/silica nanocomposites. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation (2014): (1), 6740758. P. 340—351.
10. Cao Y. S., Jiang L. J., Ruehli A. E. Distributive Radiation and Transfer Characterization Based on the PEEC Method. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility (2015) 7004027. P. 734—742.

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

УДК 51-71

А. В. Кочетков, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО "Пермский национальный исследовательский политехнический университет", г. Пермь, e-mail: soni.81@mail.ru, **П. В. Федотов**, инж., ООО "Научно-исследовательский центр технического регулирования", г. Саратов, e-mail: klk50@mail.ru, **С. В. Карпев**, канд. техн. наук, эксперт ООО "Научно-исследовательский центр технического регулирования", г. Саратов

ПРОБЛЕМЫ ДЛИННЫХ ВОЛН В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Показано, что применение преобразований Фурье в дорожной отрасли, применительно к анализу ровности автомобильных дорог имеют строгие ограничения. В частности, применение анализа Фурье должно быть ограничено случаями, когда анализируемые длины волн намного меньше чем диапазон анализа. Применение анализа Фурье для "длинных волн" дает нереальные результаты спектра.

Ключевые слова: ровность автомобильных дорог, преобразования Фурье, спектральный анализ, автомобильный транспорт, дорожное хозяйство.

It is shown that the use of the use of Fourier transforms in the road sector, with regard to the analysis of the evenness of roads have strict limits. In particular, the use of Fourier analysis should be limited to cases where the analyzed wavelength range less than analysis. The use of Fourier analysis for the "long waves" give unrealistic results range.

Keywords: evenness of roads, Fourier transforms, spectral analysis, road transport, road facilities.

(Рисунки на 2-й, 3-й полосах обложки)

Введение

В последнее время большое внимание в практике дорожного строительства уделяется проблеме ровности. Такое повышенное внимание объясняется тем, что ровность автомобильной дороги во многом определяет безопасность движения транспортных средств [1–4]. При анализе ровности автомобильных дорог широко используется анализ Фурье.

"Преобразование Фурье стало мощным инструментом, применяемым в различных научных областях. В некоторых случаях его можно использовать как средство решения сложных уравнений, описывающих динамические процессы, которые возникают под воздействием электрической, тепловой или световой энергии. В других случаях оно позволяет выделять регулярные составляющие в сложном колебательном сигнале, благодаря чему можно правильно интерпретировать экспериментальные наблюдения в астрономии, медицине и химии" [1].

Постановка задачи

Преобразования Фурье применяются и при анализе ровности автомобильных дорог именно потому,

что неровности на дорогах представляют собой повторяющиеся отклонения от идеальной поверхности. Основной задачей, которая решается преобразованиями Фурье, является разложение сложных колебаний рельефа на периодические составляющие (спектр). Подобное разложение называется спектральным анализом. Предполагается, что разложение сложно-составного профиля на элементарные гармонические колебания позволят вычленить отдельные периодические отклонения от идеального профиля.

На самом деле это далеко не так. Точнее, не всегда, а только при выполнении определенных условий.

Волны неровности автомобильных дорог можно разделить условно на две категории: "короткие волны" и "длинные волны". Короткие волны — это периодические неровности с короткой длиной волны от нескольких сантиметров до метра. Длинные волны — это волны с длиной волны от 10 м и более. Такое деление обосновано тем, что неровности менее нескольких сантиметров транспортным средством не ощущаются. С другой стороны, анализ неровностей на дорогах определяется на участках не более 100 м, так как волны более 100 м относятся уже к особенностям рельефа.

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

Для коротких волн анализ Фурье успешно применяется в практике дорожного строительства и диагностики. С другой стороны, в случае анализа спектра длинных волн имеются проблемы. Так как длины волн сравнимы с длиной анализируемого участка дороги.

Случай простой синусоидальной функции

Рассмотрим, какие условия должны быть выполнены, чтобы спектральный анализ на основе преобразования Фурье давали бы адекватные результаты. Для этого рассмотрим преобразование Фурье для простой синусоидальной функции, но будем рассматривать различные диапазоны анализа (рис. 1—4).

На приведенных рисунках легко увидеть, что изначально одноколебательная кривая в результате преобразований Фурье дает сложный спектр, состоящий из нескольких колебаний. Исключение составляют случаи, когда на анализируемом диапазоне укладывается ровно n периодов колебаний, где n — целое число. Только в этом случае спектр составляет одна единственная гармоника, и длина волны гармоники соответствует первоначальной кривой. В остальных случаях ни количество гармоник, ни длины волн гармоник не соответствуют первоначальной кривой.

Случай длинных волн

Еще хуже дело обстоит в случае длинных волн, когда длина волны превышает диапазон анализа (рис. 5 и 6).

Обсуждение результатов

На рис. 5 и 6 видно, что и в этом случае простое колебание дает спектр сложных колебаний. Но, что еще важнее, основной вклад в спектр дает первая гармоника. Согласно правилам разложения функции в ряд Фурье, первая гармоника — это колебание с длиной волны, равной диапазону анализа.

В данном же случае приведена попытка анализировать функцию, имеющую длину волны больше диапазона анализа.

Выводы

Для случаев коротких волн, когда на анализируемом участке укладывается много периодов волны, ошибка имеет место, но имеет несущественную величину, что вполне укладывается в величину необъясненной дисперсии.

Приведенные примеры показывают, что в случае, когда длина анализируемых волн меньше диапазона анализа, то результаты преобразований Фурье мало соответствуют реальности.

В случае длинных волн спектр, полученный в результате преобразований Фурье, не позволяет выделить регулярные составляющие, для которых необходима разработка специализированного математического обеспечения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брейсуэлл Р. Н. Преобразование Фурье // Scientific American. Издание на русском языке. 1989. № 8. — С. 48—56.
2. Балакина Е. В., Кочетков А. В., Санжапов Р. Р., Зотов Н. М. Повышение устойчивости движения колесной машины путем выбора величины базы // Грузовик. 2015. № 12. С. 23—26.
3. Классификация и анализ моделей эластичного колеса / Е. В. Балакина, Н. М. Зотов, А. П. Федин, Т. А. Сторчилова, Д. А. Марухин, А. В. Кочетков // Грузовик. 2015. № 10.
4. Санжапов Р. Р., Балакина Е. В., Кочетков А. В., Зотов Н. М. Исследования закономерностей влияния базы автомобиля на его устойчивость движения при торможении / Интернет-журнал "Науковедение", 2015. Том 7, № 5 (2015). Идентификационный номер статьи в журнале: 38TVN515.

БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 629.33.083.4

Б. А. Крамаренко, доцент, МАДИ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ГОСТЕХНАДЗОР В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Решение задачи по разработке концепции повышения результирующей составляющей по оптимизации Федерального государственного надзора (контроля) в конечном итоге будет способствовать повышению эффективности надзорной деятельности.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, государственная политика РФ, транспортная инфраструктура, уровень безопасности, гостехнадзор.

The decision of task on development of conception of increase of resultiruyushchey of constituent on optimization of the Federal state supervision (control) in the end will be instrumental in the increase of effektivnosti of supervisory activity.

Keywords: safety of travelling motion, state politika Russian federation, transport infrastructure, strength security, gostekhnadzor.

На заседании Президиума Госсовета под председательством Президента Российской Федерации В. В. Путина, состоявшегося в г. Ярославле 14 марта 2016 г., шло обсуждение в сфере повышения безопасности дорожного движения, о сохранении жизни, здоровья сотен тысяч граждан нашей страны — одного из важнейших направлений государственной политики страны. Уровень безопасности дорожного движения напрямую влияет на устойчивость социально-экономического развития, на эффективную работу всей транспортной инфраструктуры России.

За прошедшие годы количество дорожно-транспортных происшествий сократилось на 11,8 %, существенно уменьшились социальный и транспортный риски. При этом уровень автомобилизации в стране возрос более чем в 1,5 раза: сейчас во многих городах на тысячу жителей приходится в среднем по 300 транспортных средств (ТС).

Фактор массовой автомобилизации не может и не должен быть обоснованием неизбежности аварий и их трагических последствий — наоборот, мы должны добиться кардинального снижения числа погибших и пострадавших при ДТП. За прошедшее десятилетие в результате таких происшествий получили ранения более 3 млн человек, погибло при этом 350 тыс. человек. Это население достаточно приличного города. Страшные, бессмысленные жертвы, которых можно было бы избежать. И абсолютное большинство таких трагедий произошло по вине водителей.

Действующее законодательство не располагает четким определением термина "федеральный надзор в области безопасного дорожного движения", хотя в других различных частях правоприменительной практики взаимоотношений довольно часто присутствует наличие таких терминов (например, "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам осуществления государственного контроля (надзора) и муниципального контроля". Федеральный закон № 242-ФЗ от 18 июля 2011 г.).

Президентом Российской Федерации была поставлена задача разработать концепцию повышения результативности и оптимизации контрольно-надзорной деятельности (поручение Президента Российской Федерации № Пр.-1391 от 28 июня 2013 г.).

Это будет способствовать повышению эффективности надзорной деятельности.

Правовую основу Федерального государственного надзора в области безопасности дорожного движения составляют: Конституция Российской Федерации, принятая всенародным голосованием 12 декабря 1993 г., Федеральный закон № 196-ФЗ от 10 декабря 1995 г. "О безопасности дорожного движения", Федеральный закон № 294-ФЗ от 26 декабря 2008 г. "О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля", Федеральный закон № 3-ФЗ

БЕЗОПАСНОСТЬ

от 7 февраля 2011 г. "О полиции", Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях. Положение о Государственной инспекции безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации, утвержденное указом Президента Российской Федерации № 711 от 15 июня 1998 г. "О дополнительных мерах по обеспечению безопасности дорожного движения", Положение о федеральном государственном надзоре в области безопасности дорожного движения, утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации № 716 от 19 августа 2013 г., Административный регламент Министерства внутренних дел Российской Федерации по исполнению государственной функции по контролю и надзору за соблюдением участниками дорожного движения требований в области обеспечения безопасности дорожного движения, утвержденный приказом МВД России № 185 от 2 марта 2009 г. Понятие термина "федеральный надзор" связано с принятием Федерального закона № 242-ФЗ от 18 июля 2011 г. "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам осуществления государственного контроля (надзора) и муниципального контроля". Этим законом внесены изменения в Федеральный закон "О безопасности дорожного движения, установленных в Положении о Федеральном надзоре, следует отнести соблюдение юридическими и физическими лицами, эксплуатирующими ТС, следующих обязательных требований: к конструкции и техническому состоянию находящихся в технической эксплуатации ТС, прицепов

к ним и предметов их дополнительного оборудования; к изменению конструкции зарегистрированных в Госавтоинспекции МВД России ТС и прицепов к ним. Соответствующие требования безопасности содержатся в ФЗ "О безопасности дорожного движения", Техническом регламенте Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств" № 877, утвержденном Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г., Перечне неисправностей и условий, при которых запрещается эксплуатация транспортных средств (Приложение к Основным положениям) Правила дорожного движения Российской Федерации.

Соблюдение требований безопасности осуществляется в реализации надзорных полномочий службой технического надзора Госавтоинспекции МВД России.

Решение поставленной задачи по разработке концепции повышения результирующей составляющей по оптимизации Федерального государственного надзора (контроля) в конечном итоге будет способствовать повышению эффективности надзорной деятельности за обеспечением безопасности дорожного движения на территории Российской Федерации как составной части национальных задач. А ими являются: охрана жизни, здоровья и имущества граждан, защита их прав и законных интересов, обеспечение личной безопасности, решение демографических, социальных и экономических проблем, а также защита интересов общества и государства путем предупреждения дорожно-транспортных происшествий, снижения тяжести их последствий.

Конференция официальных дилеров

В Набережных Челнах прошла 20-я конференция официальных дилеров ПАО "КАМАЗ".

Двухдневная конференция проводится с целью обмена опытом продаж и развития между дилерскими центрами и специалистами "КАМАЗа". В этом году дилеров ждала насыщенная программа: посещение главного сборочного конвейера, расположенного на автомобильном заводе, и прессово-рамного завода, где гостям показали цех сварки новых кабин. Для продавцов КАМАЗов была организована выставка автомобилей-новинок и тест-драйв.

В первый день конференции состоялось большое совещание с участием генерального директора "КАМАЗа" Сергея Когогина, в ходе которого обсуждали продажи и продуктную политику. Во второй день конференции прошли круглые столы, посвященные развитию дилерской сети, продажам автомобилей и запчастей, сервису.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

Художественный редактор Д. С. Рыбакова. Технический редактор Е. М. Патрушева. Корректор Е. В. Комиссарова

Сдано в набор 22.06.2016. Подписано в печать 03.08.2016. 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