ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

Москва "Машиностроение"

УЧРЕДИТЕЛИ:
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
науки и технологий РФ,
ОАО "АВТОСЕЛЬХОЗМАШ-ХОЛДИНГ"

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

№ 2 • февраль • 2018

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 656.138

ВОЗНИКНОВЕНИЕ РИСКОВ ПРИ НЕСОБЛЮДЕНИИ СТАНДАРТОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ В АВТОТЕХЦЕНТРАХ

Канд. экон. наук **ШВЕЁВА Е.И.**
Набережночелнинский институт (филиал) КФУ
(8552. 58-97-16)

Статья посвящена вопросам качества обслуживания потребителей в автосервисных предприятиях. Рассмотрена проблема несоблюдения стандартов обслуживания, которая может привести к возникновению рисков на предприятии.

Ключевые слова: *риск, потребитель, автосервис, стандарты обслуживания, качество.*

Shveyova E.I.

EMERGENCE OF RISKS AT NON-COMPLIANCE STANDARDS OF SERVICE IN AUTOTECHNICAL CENTERS

This article is devoted to questions of quality of service of consumers in the autoservice enterprises. The problem of non-compliance with standards of service which can lead to emergence of risks at the enterprise is considered.

Keywords: *risk, consumer, car service, standards of service, quality.*

Развитие российского автомобилестроения, частью которого стало в последние годы множество сборочных предприятий зарубежных брендов, определило рост спроса на автосервисные услуги. При этом усложнение автомобильной техники и внедрение современных технологий её производства неизбежно способствуют тому, что ужесточаются требования не только к персоналу, оказывающему услуги по техническому сервису и ремонту АТС предприятий, но и к самим стандартам такого обслуживания.

С точки зрения клиента качество сервиса всегда отличается от того, каким его видят сотрудники и владельцы предприятий автосервиса. Понимание этой разницы — один из ключевых факторов для привлечения новых и удержания лояльных клиентов, так называемых приверженцев компании. Для этого и нужны стандарты обслуживания. Автотехцентры должны уделять большое внимание "оттоку" потребителей и принимать меры, чтобы уменьшить его [1, 3]. При этом в отношении потребителей может быть предпринято множество маркетинговых мероприятий, составляющих так называемые программы лояльности. С возрастанием конкуренции на рынке автосервисных услуг бороться за каждого клиента всё сложнее. Несоблюдение стандартов может привести к появлению рисков, возникающие ввиду некачественного сервисного обслуживания: риск потери деловой репутации, риск потери клиентов и риск потери прибыли.

В современных условиях при организации стабильного уровня конкурентоспособности автотехцентры сталкиваются с проблемой формирования положительной деловой репутации. Данная категория оказывает существенное влияние на капитализацию и рыночную стоимость предприятия и, как следствие, определяет его конкурентные позиции. При этом выявлена закономерность, согласно которой снижение индекса репутации на 1 % вызывает падение её рыночной стоимости на 3 %. Таким образом, изучение факторов и рисков, влияющих на управление деловой репутацией предприятия, является основным звеном при формировании конкурентоспособного предприятия [2].

Для предприятий, работающих в сфере обслуживания, надёжность (способность предвидеть возникновение проблем и устранять их) более важна, чем умение "подогнать" товар или услугу под требования клиента (полное соответствие требованиям клиента). Автотехцентры не должны отказываться от инициатив, направленных на улучшение их непосредственной деятельности, стремясь отвечать потребностям клиентов. Самый серьёзный риск для предприятий автосервиса связан с репутацией, которая формирует-

ся в процессе оказания услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобиля (своевременность, качество и безопасность обслуживания услуг). В данном случае очень важна индивидуальная работа с клиентами, т.е. обратная связь [3]. Необходимо максимально удовлетворить потребности каждого клиента и постараться минимизировать его негативное мнение о работе предприятия. При этом следует учитывать специфику автотехцентров, когда репутация предприятия зависит, прежде всего, от наличия квалифицированных специалистов в требуемом количестве. Поскольку клиент обращается не в сам автосервис, а к определённому специалисту, работающему в данной сфере. Данная закономерность особенно ярко выражена в средних и мелких предприятиях, тогда как в крупных предприятиях основообразующим фактором является бренд.

Риск потери репутации влияет на способность автотехцентров привлекать новых клиентов, представлять новые услуги или поддерживать взаимоотношения с существующими клиентами [1]. Он может привести к судебному процессу, финансовым потерям или напряжённой ситуации с доходами, а также отрицательно сказаться при получении лицензии на право осуществления деятельности предприятия по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств.

Автотехцентры имеют *ряд специфических особенностей*: продукт производства сферы обслуживания и оказания услуг может иметь как материальную, так и нематериальную форму; ожидания потребителя об удовлетворении потребности носят случайный характер, так как результат обслуживания и предоставления услуги можно оценить после её оказания; уровень конкурентоспособности сферы обслуживания и оказания услуг определяется такими показателями, как культура обслуживания, эффективность процесса обслуживания, уровень организационно-технической оснащённости и деловая репутация.

Таким образом, для автотехцентров можно выделить следующие *рискообразующие факторы*, влияющие на деловую репутацию: уровень цен, качество обслуживания, оснащённость оборудованием, ожидания потребителей, сроки выполнения заказов. Уровень цен определяет статус предприятия и категории реальных и потенциальных потребителей. Качество процесса обслуживания зависит от используемого технологического оборудования и также влияет на уровень цен [3]. Соответствие сроков выполнения заказов ожиданиям определяют группу лояльных потребителей, образуя клиентскую базу и, таким образом, формируя деловую репутацию автотехцентров.

Репутационный риск возникает из-за недостатков в организации деятельности предприятия, а именно внутренних факторов и действий со стороны внешних контрагентов. В современных условиях очень важно управлять риском деловой репутации, так как результатом потери репутации предприятия может явиться "отток" потребителей, "потеря рынка" и, как следствие, снижение объёмов получаемой прибыли или возникновение убытков. Во избежание негативных последствий из-за невыполнения стандартов обслуживания автотехцентрам следует проводить контроль качества обслуживания.

При отклонении практики от стандартов в худшую сторону требуется срочное и почти автоматическое усиление предусмотренных мер или проведение дополнительных мероприятий. В ряде случаев возникает необходимость изменения самих стандартов [1, 3]. Это может быть вызвано различными причинами: изначально завышенными требованиями стандартов, которые невозможно достичь с имеющимися ресурсами (например, нехватка сотрудников для проведения всех предусмотренных мероприятий); изменением уровня предельно допустимого риска (в частности, из-за ухудшения/улучшения финансового состояния организации); усилением (переоценкой) известных рисков (принятие новой методики оценки риска); появлением (идентификацией) новых рисков (введение автоматизированной системы управления); изменением параметров используемых методов обработки; разработкой новых методов обработки. Очевидно, что подобные изменения происходят достаточно часто. Это делает регулярный мониторинг и корректировку обязательными элементами любой хорошей программы управления рисками.

Обязательные услуги при стандартах обслуживания [1] таковы: предварительная запись с коротким периодом ожидания; регламентное обслуживание, включая регулировку содержания СО; виды ремонта, предусмотренные дилерским договором; быстрый сервис; сервисная поддержка и консультирование клиентов.

Таким образом, можно сказать, что наиболее приоритетными задачами современного сервиса являются: неукоснительное выполнение персоналом порученных обязательств; увеличение прибыли посредством рационального управления предприятием и непрерывного контроля за показателями его эффективности; учёт и контроль рабочего времени; сокращение количества рекламаций за счёт повышения качества работы и контроля; предоставление гарантии качества. Для того, чтобы предприятие оставалось конкурентоспособным, а также для обеспечения возможности контроля качества деятельности существуют общие стандарты автопризводителей, которым должны следовать автотехцентры. Контроль за выполнением стандартов, которые осуществляются персоналом по работе с клиентами, призван гарантировать высокое качество обслуживания клиентов, а также соблюдение требований автопроизводителя.

Литература

1. Смирнов В.Г., Лебедев Ю.В. Развитие сервиса и услуг // Автотранспортное предприятие. — 2004. — № 6. — С. 60—63.
2. Федиско С. Сервисное обслуживание — дополнительные хлопоты или кратчайший путь к сердцу покупателя? // Техномир. — 2000. — № 2. — С. 14—17.
3. Автомобилизация в России выйдет на уровень развитых стран к 2025 году. http://www.autostat.ru/news/view/9649/ [Электронный ресурс].

УДК 621.436

ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С РАССЛОЕНИЕМ РАБОЧЕГО ЗАРЯДА И ДИЗЕЛЕЙ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ВПРЫСКИВАНИЕМ ТОПЛИВА

Кандидаты техн. наук **ВАЛЬЕХО-МАЛЬДОНАДО П.Р.** и **ТРИФОНОВ В.Л.**, д-р техн. наук **МАРКОВ В.А.**
РУДН, Московский политехнический университет (МАМИ), МГТУ имени Н.Э. Баумана
(prvm@rambler.ru)

Рассмотрены особенности организации рабочего процесса бензиновых двигателей. Показана возможность улучшения показателей топливной экономичности бензиновых двигателей при организации расслоения рабочего заряда. Проведено сравнение показателей топливной экономичности бензиновых двигателей с расслоением рабочего заряда и дизелей с непосредственным впрыскиванием топлива.

Ключевые слова: *бензиновый двигатель, дизельный двигатель, смесеобразование, камера сгорания, топливная экономичность.*

Val'jeho Mal'donado P.R., Trifonov V.L., Markov V.A.

FUEL EFFICIENCY OF GASOLINE ENGINES WITH STRATIFICATION OF THE WORKING CHARGE AND OF DIESEL ENGINES WITH DIRECT FUEL INJECTION

Peculiarities of the gasoline engines working process organization are considered. An opportunity of improving gasoline engines fuel efficiency parameters by organization of the working charge stratification is shown. A comparison of the fuel efficiency parameters of gasoline engines with stratification of the working charge with diesel engines with direct fuel injection is carried out.

Keywords: *gasoline engine, diesel engine, mixture formation, combustion chamber, fuel efficiency.*

Показателями, предопределяющими потребительские качества и конкурентоспособность современных автомобилей и, как следствие, эффективность их эксплуатации, остаются показатели топливной экономичности. Значительное влияние на топливную экономичность оказывают процессы топливоподачи и смесеобразования. Качество организации и протекания процесса смесеобразования определяет процесс последующего выгорания топлива и, следовательно, эффективность рабочего процесса ДВС. Среди используемых в настоящее время типов двигателей наилучшей топливной экономичностью обладают дизели с неразделёнными и полуразделёнными камерами сгорания, о чём свидетельствуют данные рис. 1 [1]. Сравнение характеристик топливной экономичности автомобилей, оснащённых двигателями различных типов, показывает, что в дизелях с неразделёнными камерами сгорания расход топлива в среднем на 15—25 % ниже по сравнению расходом топлива в дизелях с камерами разделёнными. Сравнительно невысокая топливная экономичность бензиновых двигателей обусловлена, с одной стороны, их меньшей степенью сжатия, а с другой — работой в сравнительно узком диапазоне коэффициента избытка воздуха α. Следует отметить и меньшие значения α бензиновых двигателей по сравнению с дизелями.

Вместе с тем бензиновые двигатели обладают и рядом преимуществ. Это более простое обслуживание при эксплуатации, более лёгкий пуск двигателя, особенно в зимнее время, существенно меньшая дымность отработавших газов. При этом имеются значительные резервы дальнейшего улучшения показателей топливной экономичности бензиновых двигателей за счёт оптимизации значений коэффициента избытка воздуха α, как средних по объёму камеры сгорания, так и его локальных значений в различных зонах её объёма. При организации рабочего процесса с гомогенной рабочей смесью бензина с воздухом её концентрационные пределы воспламеняемости: от $\alpha = 0{,}65$ (богатая смесь, избыток топлива) до $\alpha = 1{,}1$ (бедная смесь) [2]. Эти ограничения не позволяют обеспечить работу двигателя на смесях с бóльшими значениями α (при существенном избытке воздуха), что позволило бы реализовать более полное сгорание топлива и до-

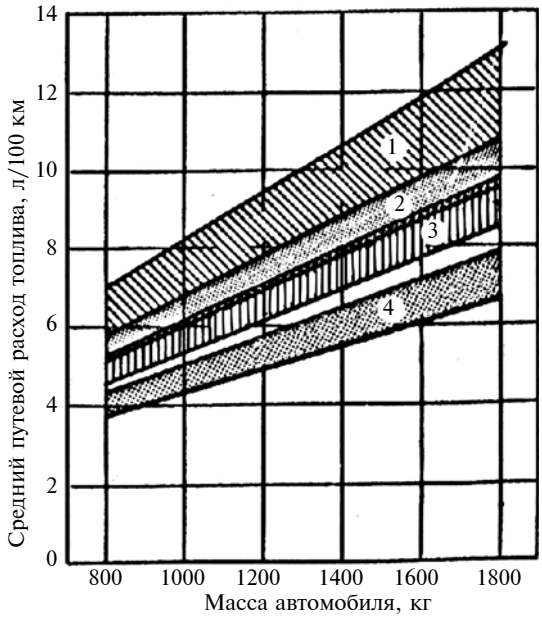

Рис. 1. Зависимость расхода топлива от типа двигателя и массы автомобилей:

1 — традиционные двигатели с искровым зажиганием; *2* — двигатели с искровым зажиганием, работающие на бедных смесях; *3* и *4* — дизели с разделёнными и неразделёнными камерами сгорания соответственно

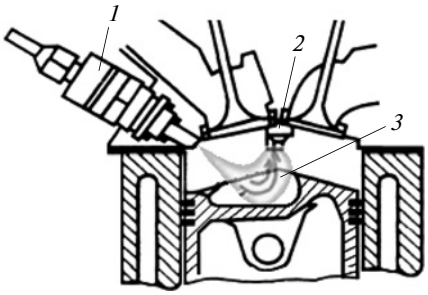

Рис. 2. Схема движения топливовоздушной смеси по камере сгорания бензинового двигателя при расслоении заряда:

1 — форсунка; *2* — свеча зажигания; *3* — направление богатой смеси к свече зажигания

стичь более высоких показателей топливной экономичности.

Один из путей устранения этого противоречия — организация расслоения заряда, позволяющая обеспечить благоприятное распределение значений коэффициента избытка воздуха α по объёму камеры сгорания. В этом случае вблизи свечи зажигания целесообразно получить богатую смесь, хорошо воспламеняющуюся при возникновении искры. Эта зона становится источником последующего высокотемпературного воспламенения топлива в зонах камеры сгорания с бедной смесью (с высоким α). При такой организации рабочего процесса становится возможным работа бензинового двигателя с общим коэффициентом избытка воздуха, значительно превышающим значения 1,0...1,1, характерные для обычных бензиновых двигателей.

Реализация в бензиновых двигателях рабочего процесса с расслоением заряда позволяет получить устойчивую работу двигателя при коэффициенте избытка воздуха большем 3,5, в то время как при организации смесеобразования с гомогенной рабочей смесью величина α обычно не превышает 1,1...1,25 [3, 4]. При этом двигатель, работающий на гетерогенной смеси, имеет малую склонность к детонации, что позволяет повысить степень сжатия до 12 и более. Кроме того, при расслоении заряда уменьшается температура газа в периферийной зоне камеры сгорания (рис. 2), что снижает теплоотдачу в стенки цилиндра и повышает эффективность процесса сгорания. В бензиновом двигателе с гетерогенной смесью удается перейти от качественного к количественному регулированию количества подаваемого в составе рабочей смеси топлива и, как следствие, снизить потери от дросселирования смеси на входе в цилиндры на эксплуатационных режимах. Благодаря всем этим факторам появляется возможность заметного повышения КПД бензинового двигателя — индикаторного η_i и эффективного η_e [3, 4].

С увеличением коэффициента избытка воздуха ($\alpha > 1$) снижается средняя по цилиндру температура T_z, соответствующая максимальному давлению сгорания p_z. Снижение температуры T_z приводит к уменьшению потерь теплоты, связанных с ростом теплоёмкости продуктов сгорания и диссоциацией молекул углекислого газа. Однако в связи с указанной неравномерностью распределения значений α по объёму камеры сгорания при расслоении заряда максимальная температура вблизи свечи возрастает, что может привести к увеличению эмиссии оксидов азота. Для предотвращения этого явления на некоторых режимах необходимо организовать рециркуляцию отработавших газов либо реализовать другие известные способы снижения выброса оксидов азота.

В связи с указанными преимуществами бензиновых двигателей с расслоением рабочего заряда в последние десятилетия проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по реализации этого типа рабочего процесса. В конце 90-х годов прошлого века ведущие зарубежные автомобилестроительные и двигателестроительные фирмы — "Мицубиси", "Тойота", "Ситроен", "Пежо", "Фольксваген" и другие приступили к разработке легковых автомобилей с двигателями, имеющими расслоение рабочего заряда [4—6]. Выигрыш в топливной экономичности бензиновых двигателей этих автомобилей можно оценить по различным методикам и критериям. Поэтому определённый интерес представляет сравнение показателей топливной экономичности двигателей без наддува с расслоением рабочего заряда и дизелей без наддува с непосредственным впрыскиванием топлива (с неразделённой камерой сгорания).

Для сравнительного анализа топливной экономичности различных типов двигателей внутреннего сгорания удобно пользоваться известной зависимостью 1 (в таблице) для индикаторного КПД двигателя η_i [7]. Здесь: m — константа, равная для дизеля и бензинового двигателя 0,22...0,25; коэффициент $\eta_{опт}$ учитывает потери от неполноты сгорания топлива, отдачу теплоты в стенки камеры сгорания и другие факторы; коэффициент η_α учитывает влияние коэффициента избытка воздуха α на индикаторный КПД двигателя η_i. Зависимости $\eta_\alpha = f(\alpha)$ для дизелей с неразделённой камерой сгорания и бензиновых двигателей (обычных и с расслоением рабочего заряда) приведены на рис. 3

№	Формула	Примечания
1	$\eta_i = (1 - \varepsilon^{1-m})\eta_\alpha\eta_{опт}$	ε — степень сжатия; m = 0,22—0,25; $\eta_{опт}$ = 0,76 для дизелей и $\eta_{опт}$ = 0,80 для бензиновых двигателей; η_α — коэффициент, учитывающий влияние α на η_i
2	$P_i = \frac{H_U}{\alpha L_o}(1 - \varepsilon^{1-m})\rho_в\eta_v\eta_i$	H_U — низшая теплота сгорания топлива; L_o — стехиометрическое соотношение подач топлива и воздуха; $\rho_в$ — плотность воздуха во впускном коллекторе двигателя; η_v — коэффициент наполнения
3	$P_e = P_i - P_м$	$p_м$ — среднее давление механических потерь: для дизеля $p_м$ = 0,140 МПа, для бензинового двигателя $p_м$ = 0,174 МПа
4	$\eta_м = P_e/P_i$; $\eta_e = \eta_i\eta_м$	—

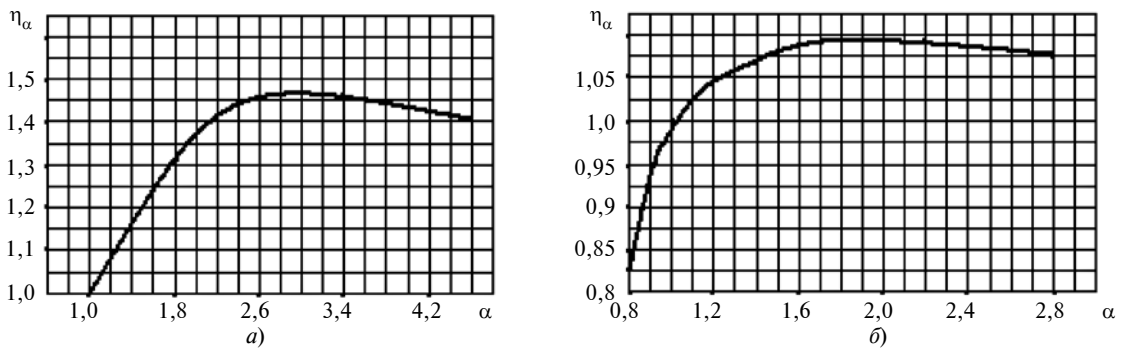

Рис. 3. Зависимость коэффициента η_α от коэффициента избытка воздуха α для дизеля с неразделённой камерой сгорания (а) и бензиновых двигателей (б)

[4—7]. Из представленных данных следует, что расслоение рабочего заряда (переход от α = 1,0 к α = 1,7...2,8, см. рис. 3, *б*) позволяет повысить КПД бензинового двигателя на 7...10 %, существенно расширив при этом диапазон устойчивой работы двигателя при изменениях α.

При оценке топливной экономичности двигателей различных типов используют значения индикаторного η_i и эффективного η_e КПД двигателя, а также средних индикаторного p_i и эффективного p_e давлений цикла. Среднее индикаторное давление определяется по формуле 2 [3, 4], где H_U — низшая теплота сгорания топлива, характеризующая его теплотворную способность. Среднее эффективное давление определяется по известному выражению 3.

Бóльшие механические потери у бензинного двигателя объясняются увеличенными насосными потерями, связанными с дополнительным сопротивлением на входе в камеру сгорания с расслоением заряда. С учётом полученных значений средних индикаторного p_i и эффективного p_e давлений цикла механический $\eta_м$ и эффективный η_e КПД двигателя находятся по формулам 4.

С использованием представленных зависимостей проведены расчётно-экспериментальные исследования показателей бензиновых двигателей с расслоением рабочего заряда и дизелей с непосредственным впрыскиванием топлива. На рис. 4 приведены зависимости индикаторного η_i и эффективного η_e КПД двигателя, среднего эффективного давления p_e и максимального давления сгорания p_z для дизеля со степенью сжатия ε = 16 при коэффициенте наполнения η_v = 0,91, теплотворной способности топлива H_U = 43,0 МДж/кг, стехиометрическом соотношении L_o = 14,7 кг/кг на скоростном режиме с частотой вращения коленчатого вала n = 3200 мин$^{-1}$ и средней скоростью поршня $c_п = Sn/30$ = 10,5 м/с (S — ход поршня). Как следует из данных рис. 4, максимальная величина эффективного КПД дизеля η_e = 0,40 достигает при значениях коэффициента избытка воздуха α = 2,5...2,8, а снижение эффективного КПД двигателя η_e при α > 2,8 объясняется уменьшением механического КПД $\eta_м$. При минимальном для рассматриваемого дизеля значении коэффициента избытка воздуха α_{min} = 1,3 среднее эффективное давление p_e и эффективный КПД η_e оказались равны соответственно p_e = 0,78 МПа и η_e = 0,33.

На рис. 5 приведены аналогичные характеристики показателей бензинного двигателя с расслоением рабочего заряда со степенью сжатия ε = 16 при коэффициенте наполнения η_v = 0,91, теплотворной способности топлива H_U = 42,5 МДж/кг, стехиометрическом соотношении L_o = 14,3 кг/кг на скоростном режиме n = 4000 мин$^{-1}$ со средней скоростью поршня $c_п$ = 11,0 м/с. Данные рис. 5 свидетельствуют о том, что в достаточно широком диапазоне изменения коэффициента избытка воздуха (α = 1,7...2,3) эффективный КПД двигателя оказался равен η_e = 0,35. Вместе с тем в диапазоне изменения коэффициента избытка воздуха α = 1,7...3,3 средняя по объёму цилиндра температура T_z и давление p_z быстро снижаются с увеличением α. При этом вблизи свечи зажигания локальное значение коэффициента избытка воздуха α близко к единице, а на периферии камеры сгорания с бедной смесью отмечается низкая температура рабочего заряда. Таким образом, удаётся обеспечить устойчивую работу бензинового двигателя в достаточно широком диапазоне коэффициента избытка воздуха α = 1,0...3,3 при относительно высоком значении эффективного КПД бензинового двигателя (η_e = 0,30...0,35), лишь немного уступающим эффективному КПД дизельного двигателя ($\eta_{e\,max}$ = 0,40, см. рис. 4).

Проведены расчётно-экспериментальные исследования показателей бензинового и дизельного двигателей и на других скоростных режимах. Так, при

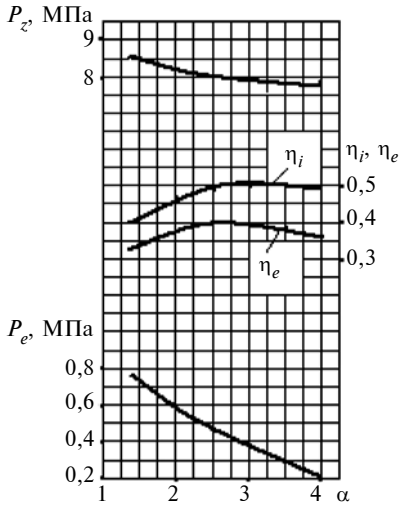

Рис. 4. Зависимости параметров безнаддувного дизеля с неразделённой камерой сгорания от коэффициента избытка воздуха при ε = 16 и n = 3200 мин$^{-1}$

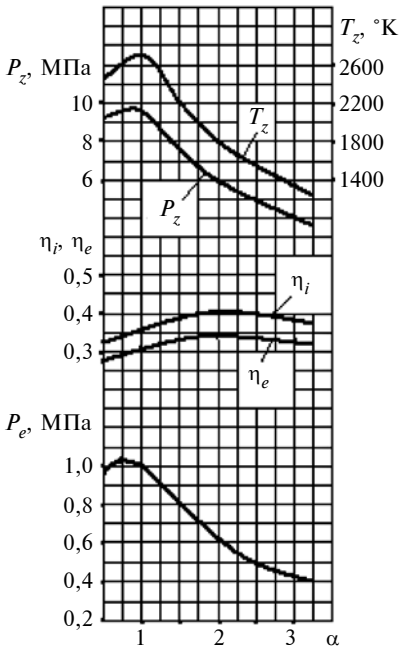

Рис. 5. Зависимости параметров бензинового двигателя с расслоением заряда от коэффициента избытка воздуха при ε = 16 и n = 4000 мин$^{-1}$

номинальной частоте вращения коленчатого вала дизеля $n = 4000$ мин$^{-1}$ его литровая мощность составила $N_л = p_e\, n = 32$ кВт/л. Соответственно, у бензинового двигателя с расслоением рабочего заряда при номинальной частоте вращения коленчатого вала $n = 5000$ мин$^{-1}$ литровая мощность двигателя оказалась равна $N_л = 50$ кВт/л. В то же время на эксплуатационных режимах с коэффициентом избытка воздуха $\alpha \geq 3...4$ дизель имеет на 10...15 % лучшую топливную экономичность по сравнению с бензиновым двигателем с расслоением рабочего заряда. Сравнительный анализ характеристик бензинового двигателя с расслоением и без расслоения рабочего заряда показывает, что на номинальном режиме (при α близком к единице) их мощностные и топливно-экономические показатели близки между собой. Но при этом на эксплуатационных режимах реализация расслоения рабочего заряда позволяет повысить топливную экономичность на 10...15 %.

Таким образом, проведённые расчётно-экспериментальные исследования показали возможность и целесообразность более широкого использования расслоения рабочего заряда в отечественных бензиновых двигателях.

Литература

1. Машиностроение. Энциклопедия. Том IV. Двигатели внутреннего сгорания / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков и др. Под ред. А.А. Александрова, Н.А. Иващенко. М.: Машиностроение, 2013. 784 с.
2. Гайворонский А.И., Марков В.А., Илатовский Ю.В. Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. М.: ООО "ИРЦ Газпром", 2007. 480 с.
3. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы: Учебник для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 720 с.
4. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 книгах. Книга 1. Теория рабочих процессов: Учебник для вузов / В.Н. Луканин, И.В. Алексеев, М.Г. Шатров и др. Под. ред. В.Н. Луканина. М.: Высшая школа, 2010. 480 с.
5. Fraidl G.K., Piock W., Wirth M., Schuggl P. Direkteinspritzung bei Ottomotoren: Aktuelle Trends und zukьnftige Strategien // MTZ. 1997. Jg. 58. № 2. S. 82—85.
6. Hoppe N. Weberbauer F., Woschni G., Zeilinger K. Experimentelle Erfassung und Simulation des Betriebsverhaltens von Ottomotoren mit Direkteinspitzung // MTZ. 2003. Jg. 64. № 7—8. P. 628—635.
7. Портнов Д.А. Быстроходные турбопоршневые двигатели с воспламенением от сжатия. М.: Машгиз, 1963. 638 с.

УДК 621.43.06

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТВЁРДЫХ ЧАСТИЦ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ МОТОЦИКЛОВ

БАКУТА Е.Ю., канд. биол. наук **ЧЕРНЫШЕВ В.В.,**
канд. хим. наук **ЗАХАРЕНКО А.М.,** канд. тех. наук **УГАЙ С.М., ХИЕН Т.Ч., ХАИ Л.Х.,**
канд. физ.-мат. наук **АНИСИМОВ Н.Ю.,** д-р биол. наук **ГОЛОХВАСТ К.С.**
Дальневосточный федеральный университет (elizabakuta@mail.ru)

Рассматривается вопрос версификации техногенных загрязнений, а именно, приводится морфологический и гранулометрический анализ твёрдых частиц в отработавших газах мопедов, мотоциклов, квадроциклов и аквабайков, эксплуатируемых на территории Владивостокского городского округа.

Ключевые слова: *отработавшие газы, твёрдые частицы, $PM_{2.5}$ PM_{10}, мотоциклы, мототехника, загрязнение, гранулометрия, морфометрия.*

Bakuta E.Yu., Chernyshev V.V., Zakharenko A.M., Ugay S.M., Hien T.Ch., Khai L.H., Anisimov N.Y., Golohvast K.S.

MORPHOLOGICAL AND CHEMICAL COMPOSITIONS OF SOLID PARTICLES OF EXHAUST GASES OF MOTORCYCLES

The issue of the version of technogenic pollution is considered, namely, the morphological and granulometric analysis of the solid particles of the exhaust gases of mopeds, motorcycles, ATVs and aquabikes operated in the Vladivostok urban district.

Keywords: *exhaust gases, solid particles, PM 2.5 PM 10, motorcycles, motor vehicles, pollution, granulomere, morphometry.*

В последние годы активно изучается микроразмерное загрязнение атмосферного воздуха техногенными источниками, такими как двигатели внутреннего сгорания. Наибольший вклад в общую концентрацию твёрдых веществ в атмосферном воздухе вносят выбросы микро- и наноразмерных фракций твёрдых частиц отработавших газов авто- и мототранспортных средств [7, 28]. При этом храктеристики источников микроразмерного загрязнения неоднородны по своему составу, содержанию и определяются в большей степени регионально. Если развитые страны — "автомобильные", то основным регионом, где массово эксплуатируются мотоциклы, являются азиатские и африканские страны, где в год их продаются десятки миллионов. Выпуск мотоциклов в целом растёт намного быстрее авто-

мобильного: с 2003 года мировое производство увеличилось на 42 %, а доля мототранспорта в азиатских странах к 2006 году составила 75 % и продолжает расти [30]. Соответственно высок и вклад таких транспортных средств в загрязнение атмосферного воздуха, при том что состав отработавших газов МТС имеет свою специфику. Так, в них наблюдают повышенное содержание полициклических углеводородов, органических компонентов, а также широкий гранулометрический диапазон твёрдых частиц [25; 26]. Это обусловлено, как конструкцией мотоциклетных ДВС, их рабочими объёмами, так и режимами работы.

Проведённые ранее исследования [4, 5, 9] показали, что оценить степень экологической опасности конкретного транспортного средства можно по углублённому анализу отработавших газов ДВС. Согласно исследованиям [6, 20, 21, 22], в которых проводился анализ транспортных средств с точки зрения загрязнения ими атмосферного воздуха, источниками максимального выброса твёрдых частиц являются мотоциклы и мопеды, а также дизельные легковые автомобили.

Проблема с микро- и наноразмерным загрязнением атмосферного воздуха городов Дальнего Востока, стоит также достаточно остро. В таких автомобилизированных городах, как Владивосток и Уссурийск, на 1 тыс. человек населения приходится свыше 600 единиц авто- и мототехники [5, 7]. Несмотря на то, что эксплуатация мототехники на территории городов Дальнего Востока носит сезонный характер, число мототранспортных средств в весенне-осенний период в селитебных зонах и прилегающих к ним территорий весьма значительно. Для объективного анализа основных источников загрязнения атмосферного воздуха и версификации этих источников было принято решение исследовать гранулометрический и химический состав твёрдых частиц отработавших газов мотоциклов, квадроциклов, мопедов и аквабайков, эксплуатируемых во Владивостоке.

Для исследования были отобраны пробы твёрдых частиц (*PM*) отработавших газов двигателей различного типа 44 технически исправных

Таблица 1

№ обр.	Закодированное название транспортного средства	Рабочий объём двигателя, см^3	Год выпуска	Тип топлива	Число тактов	Система питания	Пробег, км. (*наработка, мото/ч)
1	YR	1500	1997	Бензин 92	4	Карбюратор	30 000
2	HCB	400	2002	Бензин 95	4	Карбюратор	17 700
3	HCRF	250	2005	Бензин 95	4	Карбюратор	*200
4	KKXF	450	2008	Бензин 98	4	Карбюратор	*120
5	AC	700	2005	Дизель	4	EFI	140 000
6	HD	50	1991	Бензин 92 + масло	2	Карбюратор	3100
7	HCr	80	1992	Бензин 92 + масло	2	Карбюратор	*100
8	HXr	100	2005	Бензин 95	4	Карбюратор	23 000
9	SB	1800	2004	Бензин 92	4	EFI	50 000
10	HCB	400	2000	Бензин 92	4	Карбюратор	14 514
11	HXr	250	1997	Бензин 92	4	Карбюратор	7500
12	HCRF	450	2005	Бензин 95	4	Карбюратор	*130
13	YXjr	1300	2000	Бензин 92	4	Карбюратор	38 000
14	SB	800	2002	Бензин 92	4	Карбюратор	45 000
15	KZZR	400	1997	Бензин 92	4	Карбюратор	50 000
16	HCB	1300	2005	Бензин 92	4	Карбюратор	35 000
17	HCB	400	2001	Бензин 92	4	Карбюратор	39 000
18	Ksxf	350	2012	Бензин 95	4	EFI	*100
19	Ksxf	350	2011	Бензин 98	4	EFI	*30
20	YYZF	450	2005	Бензин 92	4	Карбюратор	*200
21	YYZF	250	2008	Бензин 95	4	Карбюратор	*180
22	HCB	1300	2003	Бензин 92	4	Карбюратор	40 000
23	KSX	250	2012	Бензин 92 + масло	2	Карбюратор	*150
24	HCRM	250	1997	Бензин 92 + масло	2	Карбюратор	*250
25	HCR	125	1991	Бензин 92 + масло	2	Карбюратор	*180
26	KSX	125	2010	Бензин 95 + масло	2	Карбюратор	*100
27	K	700	2007	Бензин 92	4	EFI	*50
28	KU	1500	2012	Бензин 95	4	EFI	*100
29	KS	1500	2011	Бензин 92	4	EFI	*85
30	BRPSD	1500	2009	Бензин 95	4	EFI	*150
31	YFZ	1800	2010	Бензин 92	4	EFI	*200
32	BRPSD	1800	2011	Бензин 92	4	EFI	*220
33	BRPSD	1800	2009	Бензин 92	4	EFI	28 000
34	YGP	1200	2000	Бензин 92	4	Карбюратор	30 000
35	YRZ	760	2000	Бензин 92	4	Карбюратор	30 500
36	HCB	1300	1998	Бензин 92	4	Карбюратор	30 000
37	YFZS	600	2001	Бензин 92	4	Карбюратор	41 000
38	KU	1400	2009	Бензин 92	4	EFI	10 200
39	SGSF	400	1992	Бензин 92	4	Карбюратор	80 000
40	SGSF	600	1992	Бензин 92	4	Карбюратор	75 000
41	SGSXR	1000	1995	Бензин 92	4	Карбюратор	35 000
42	SVS	1400	1988	Бензин 92	4	Карбюратор	40 000
43	HCBRXX	1000	2003	Бензин 92	4	EFI	37 000
44	YFJR	1300	2005	Бензин 92	4	EFI	25 000

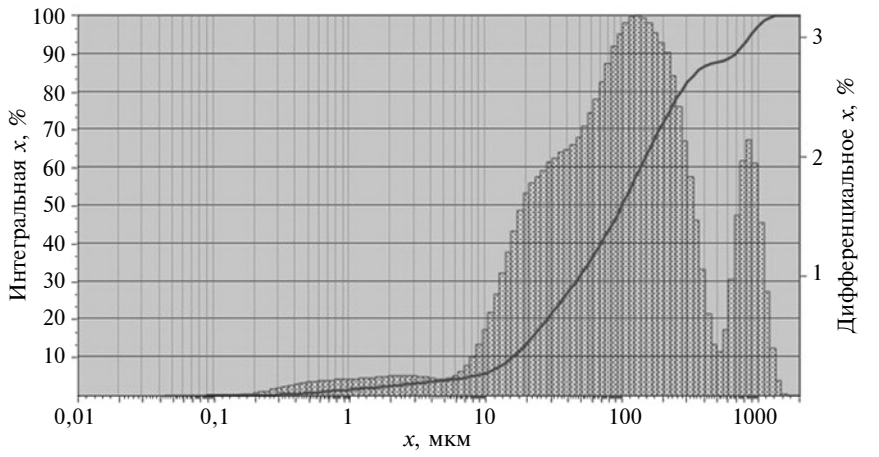

Рис. 1. Диаграмма размера частиц отработавших газов в образце 6, измеренных с помощью лазерной гранулометрии

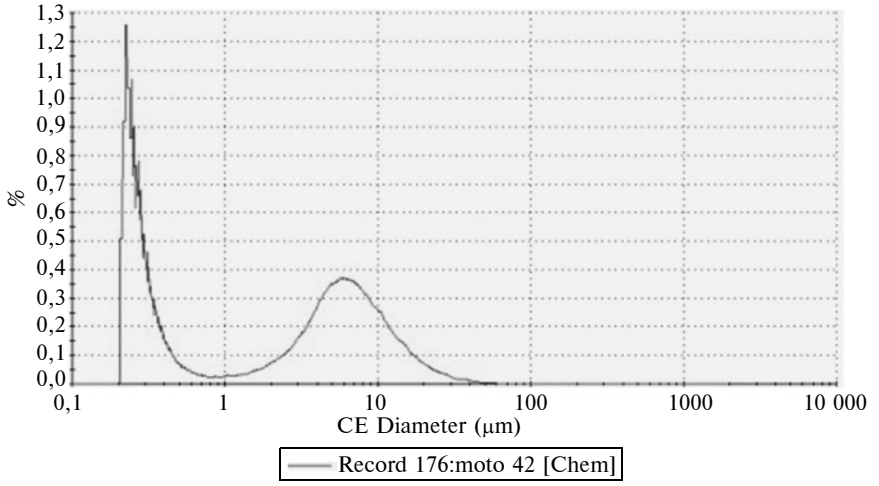

Рис. 2. Диаграмма размера частиц отработавших газов в образце 2, измеренных с помощью оптической морфометрии

МТС (табл. 1). Пробы отбирались с помощью скребка, которым вынимали сажу из выпускного коллектора мотоцикла, помещались в стерильную ёмкость и затем направлялись в лабораторию для дальнейших исследований.

Пробы исследовались двумя методами: лазерной гранулометрии и оптической морфометрии с рамановской спектрометрией, с помощью которой определяли тип углерода — кристаллический (сажа) или аморфный (пеплы) — и его долю в образце.

Лазерная гранулометрия осуществлялась с помощью анализатора частиц "Анализетт 22 плюс" [31], а оптическая морфометрия и рамановская спектрометрия — с помощью аналитической автоматизированной системы "Морфолоджи G3SE-ID". При оптической морфометрии в среднем анализировалось 100 тыс. частиц каждого образца. Далее с помощью автоматического спектрометра "Раман Rxn1" проводился химический анализ частиц образца методом комбинированного светорассеяния (в среднем — 1 тыс. частиц).

В результате эксперимента выяснилось, что лазерная гранулометрия не совсем подходит для анализа частиц отработавших газов мопедов и мотоциклов с двухтактными двигателями. Это связано с конструкционными особенностями таких ДВС: твёрдые частицы сажи содержат большое количества масла, что делает их гидрофобными и приводит к слипанию в конгломераты, которые не разрушаются даже под действием ультразвука. Добавление в объём специализированных ПАВ (ЭДТА) и этилового спирта не способствовало улучшению результатов. В итоге исследования на лазерном анализаторе гранулометрического состава "Фрич" показывают "ложное" увеличение размера частиц (рис. 1). Выявляются лишь крупные частицы, которые являются агрегатами. Процентное содержание частиц размерностью меньше PM_{10} составляет 5,4 %. В то же время исследование того же образца в сухом виде с помощью оптической морфометрии показывает, что процентное содержание частиц размерностью меньше PM_{10} составляет 68,7 % (рис. 2).

Все полученные результаты измерений представлены в табл. 2. Как видим, значительно преобладают по процентному содержанию наиболее мелкие и, соответственно, наиболее опасные для здоровья человека частицы PM_{10}. Для 25 образцов из 44 на PM_{10} приходится более 90 %, а для 43 образцов — более 50 %. Таким образом, можно отметить, что мотоциклы, мопеды, квадроциклы и аквабайки являются источником преимущественно микроразмерного загрязнения.

Полученные результаты позволяют говорить о том, что мототранспорт, наряду с автомобильным транспортом, является источником хорошо версифицируемого микроразмерного загрязнения. Результаты морфометрии и гранулометрии коррелируют с результатами исследований, проведённых в Китае. Среднеарифметический диаметр 90,3 % твёрдых частиц отработавших газов от двухтактных двигателей мопедов, имеющих рабочий объём до 50 см^3, находятся в диапазоне 0,1—1 мкм, [22].

Твёрдые частицы в отработавших газах любого ДВС представляют собой сажу, пеплы, минеральные частицы и частицы ряда металлов — Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Se и Zn. Гранулометрический и химический состав твёрдых частиц позволяет отнести их к потенциально опасным для здоровья человека и живых организмов [15, 31].

С ростом числа авто- и мотопарка задача по снижению выбросов твёрдых частиц с отработавшими газами ДВС становится наиболее приоритетной. Решение же данной пробле-

Таблица 2

№ обр.	Доля PM_{10}, %, при исследовании методом		Доля частиц с углеродом структурированного типа (сажей), %
	лазерной гранулометрии	оптической морфометрии	
1	13	89,88	8,81
2	5,4	68,69	62,56
3	27,7	98,66	100,00
4	23,8	94,99	12,46
5	24,6	76,11	2,88
6	64,4	93,72	5,23
7	20,6	99,62	14,29
8	33,5	93,12	14,33
9	47,5	97,04	35,90
10	19,7	73,03	8,96
11	29,7	75,71	0
12	22,4	67,36	1,40
13	16,6	61,47	0,56
14	14,5	49,31	0,09
15	17,7	93,36	1,72
16	18,5	91,32	0
17	28,1	97,57	2,17
18	37,2	94,31	0,60
19	39,5	91,56	11,75
20	39,7	85,55	7,43
21	29,6	84,70	3,08
22	55,1	94,47	0
23	71,7	92,31	58,12
24	19,4	97,86	20,54
25	24,2	84,62	12,48
26	20,8	98,21	28,68
27	50,9	98,80	19,65
28	19,1	57,61	3,60
29	30	78,53	6,66
30	28,6	81,58	1,83
31	28,6	93,03	1,00
32	25,8	93,46	2,14
33	30,9	76,69	6,59
34	36,7	58,77	1,99
35	14	83,97	0,70
36	64,8	97,43	63,19
37	22,6	95,25	1,77
38	15,3	86,53	2,30
39	31,5	98,86	2,59
40	34,5	95,52	4,01
41	32	95,50	13,29
42	43,1	99,38	53,86
43	25,9	79,00	7,54
44	32	91,67	42,77
Среднее значение	31,82	86,5	15,1

мы состоит не только в совершенствовании конструкции двигателей и систем выпуска, но также и в контроле за количеством твёрдых частиц в отработавших газах МТС, как производимых, так и эксплуатируемых, как в странах зарубежья, так и в России.

Согласно действующей на территории РФ нормативной документации, а именно ГОСТ Р 41.40—99 и ГОСТ Р 47.47—99 (правила ЕЭК ООН), нормирование предельных выбросов вредных веществ (г/км пути) производится для монооксида углерода и несгоревших углеводородов [1, 2]. Выбросы же твёрдых частиц для МТС не нормируются, в отличие от нормативов для АТС. В табл. 3 приведено сравнение норм для веществ, выбрасываемых в атмосферу мопедами, мотоциклами, а также автомобилями, имеющими контрольную массу менее 1305 кг. (Данная группа транспортных средств выбрана для сравнения из за объемов ДВС, который находится в диапазоне 600—1700 см^3.)

Отсутствие нормативов по выбросам твёрдых частиц мототранспортными средствами остро стоит не только в Росии и в ряде стран Азиатского региона. До 2013 г. более жёсткие меры экологического контроля за выбросами применялись в большей степени к легковым автомобилям, грузовому и пассажирскому транспорту, в то время как мототранспорту во всех странах мира уделялось меньше внимания [10]. Пока Евросоюз не утвердил директиву 2013/168 ЕС, предусматривающую более жёсткий контроль за выбросами мототехники. С 2016 г. производимая и эксплуатируемая мототехника на территории стран Евросоюза должна соответствовать экологическим нормам "Евро-4", а с 2020 года — "Евро-5". Согласно этому документу, контролю подлежат не только выбросы CO, CH и NO_x, но и количество твёрдых частиц на киллометр пути. На данный момент дерректива распространяется на территорию Евросоюза, в то время как на территориях других стран, в том числе и России, она пока не принята. Но принятие подобных поправок в технические регламенты и иные нормативные документы является крайне важным.

Об этом говорят, в частности, результаты продолжающихся в этой области исследований, показываю-

Таблица 3

Группы транспортных средств	Нормы выбросов, г/км		
	CO	*CH*	*PM*
Мототехника с двигателями рабочим объёмом до 50 см^3:			
двухколёсная	9,6	6,5	—
трехколёсная	18	13	—
Мотоциклы с двухтактным двигателем и массой (R):			
менее 100 кг	16	10,4	—
от 100 до 300 кг	16 + 24(R − 100)/200	10,4 + 6,4(R − 100)/200	—
более 300 кг	40	16,8	—
Мотоциклы с четырёхтактным двигателем и массой (R):			
менее 100 кг	21	6	—
от 100 до 300 кг	21 + 21(R − 100)/200	6 + 2,4(R − 100)/200	—
более 300 кг	42	8,4	—
Легковые автомобили категории M_2:			
бензиновые	1,0	0,1	—
дизельные	0,5		0,025
Легковые автомобили категории N_1 и класса I:			
бензиновые	1,0	0,1	—
дизельные	0,5	—	0,025

Примечание: категории и классы автотранспортных средств M_2 и N_1 согласно ГОСТ Р 41.83—2004. Значения взяты по категории В (2008) [3].

щие, что вклад твёрдых частиц выхлопных газов мототехники в общий объём загрязнения атмосферного воздуха городов продолжает возрастать. Так, по данным исследований в Риме вклад в загрязнение воздуха твёрдыми частицами отработавших газов мопедов и мотоциклов составляет порядка 30 % [12]. Исследования в городах Азиатских стран показывают, что в некоторых районах с ограниченным движением автомобильного транспорта мотоциклы являются основным источником загрязнения атмосферного воздуха $PM_{2.5}$ и PM_{10} [13, 14, 22].

Высокий уровень выброса тонких частиц с отработавшими газами у мотоциклов, квадроциклов, мопедов и аквабайков объясняется прежде всего относительной простотой конструкции двигателей и их систем питания и зажигания, что определяется не в последнюю очередь экономическими соображениями. Ведь одним из основных достоинств этого вида транспортных средств до сих пор является их сравнительно невысокая цена. Простота конструкции на практике предопределяет низкое качество регулировок и распыливания топлива карбюратором, работу мотора на богатой смеси. Конструкция двухтактного двигателя предусматривает продувку цилиндра смесью, в связи с чем часть её неизбежно выбрасывается в выпускную систему. Наконец, токсичность газов повышается из-за того, что масло, добавляемое в топливо, не сгорает полностью в цилиндре [19, 20, 23, 24].

Одним из важных факторов, оказывающих влияние на выбросы МТС, является период эксплуатации двухколёсной техники. Используемый в большинстве стран парк мототехники имеет возраст 5...20 лет, что делает мототранспортные средства ещё более опасными с экологической точки зрения. Имеющихся сегодня технических решений по снижению токсичности выбросов на устаревшей эксплуатируемой технике нет [19]. Проведённое сравнение выбросов органических летучих соединений у двух- и четырёхтактных мотоциклов, совершенно новых и с пробегом, показало, что с увеличением срока эксплуатции их доля в отработавших газах значительно увеличивается. Так, для четырёхтактных мотоциклов эта разница составляла 15 раз между новыми и бывшими в эксплуатации мотоциклами [27].

В большинстве азиатских стран мотоцикл — основное средство передвижения, и, соответственно, загрязнение атмосферы выбросами от МТС наиболее актуально. Анализ атмосферного воздуха на загрязнение твёрдыми частицами, имеющими техногенное происхождение, во Вьетнаме показал, что в районах с повышенным трафиком мототехники с двухтактными двигателями количество твёрдых частиц в атмосферном воздухе составляло 66 %, в то время как в районах с меньшим трафиком данный показатель находился на уровне 30 % [17].

Перевод мототранспорта на биоэтанол и другие биотоплива снижает выброс диоксида углерода, но ведёт к увеличению выбросов углеводородов и оксидов азота, формальдегида и ацетальдегида вследствие большей доступности кислорода [24]. Немаловажным оказался тот факт, что использование этанола и биоэтанола в качестве альтернативных топлив не ведёт к существенному снижению выбросов твёрдых частиц в отработавших газах мотоциклов. Эффект снижения наблюдается лишь при холодном пуске, в остальных же режимах выбросы твёрдых частиц снижаются несущественно [18].

Единственным средством, которое позволит снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и снизить негативное влияние на здоровье населения, следует считать внедрение более строгих стандартов. Например, в Китае в связи с принятием более жёстких экологических норм прогнозируют снижение выбросов твёрдых частиц на 79 % к 2030 году [13]. Данное ожидание похоже на правду: недавно проведённый анализ EDGAR (База данных по выбросам для глобальных исследований атмосферы) показал, что применение стандартов "Евро" позволило снизить выбросы твёрдых частиц в отработавших газах ДВС на 60 % по всему миру [16].

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда 15-14-20032.

Список литературы

1. ГОСТ Р 41.40—99. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения мотоциклов с двигателями с принудительным зажиганием в отношении выделяемых двигателем вредных выбросов с отработавшими газами (актуализирован 06.04.2015). М.: ИПК Издательство стандартов. — 1999. — 23 с.
2. ГОСТ Р 41.47—99. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения мопедов, оборудованных двигателями с принудительным зажиганием, в отношении выделяемых двигателем загрязняющих выхлопных газов (актуализирован 06.04.2015). М.: ИПК Издательство стандартов. — 2000. — 25 с.
3. ГОСТ Р 41.83—2004. Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств в отношении выбросов вредных веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей. (актуализирован 06.04.2015). М.: ИПК Издательство стандартов. — 2004. — 146 с.
4. Третьяк Л.Н., Вольнов А.С., Косых Д.А. Состав и концентрации твердых частиц в отработавших газах как критерии технического состояния двигателей внутреннего сгорания // Фундаментальные исследования. — 2015. — № 2 (часть 21). — С. 4625—4634.
5. Голохваст К.С., Чернышев В.В., Чайка В.В., Бакута Е.Ю., Блиновская Я.Ю. Метод исследования суспензии выхлопных газов автомобилей без пробега с помощью сканирующей электронной микроскопии // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2016. — Вып. 12. — С. 23—26.
6. Николенко Д.А., Соловьева Т.В. Анализ опыта мониторинга загрязнения мелкодисперсной пылью придорожных территорий в странах ЕС и России // Инженерный вестник Дона. — 2015. — Вып. 3. — 16 с.
7. Чернышев В.В. Экологическая оценка загрязнения атмосферы городов твердыми частицами выхлопных газов автомобилей: дис. ... канд. биол. наук В.В. Чернышев. — Владивосток: Изд. ДВФУ, 2017. — 132 с.
8. Подгурский С. Нормы Евросоюза по токсичности отработавших газов // Основные средства. — 2008. — № 3.
9. Tsai J.-H., Huang P.-H., Chiang H.-L. Characteristics of volatile organic compounds from motorcycle exhaust emission during real-world driving // Atmospheric Environment. — 2014. — N. 99. — S. 215—226.
10. Rijkeboer R., Bremmersa D., Samaras Z., Ntziachristos L. Particulate matter regulation for two-stroke two wheelers:Necessity or haphazard legislation? // Atmospheric Environment. — 2005. — N. 39. — P. 2483—2490.
11. Etissaa D., Mohra M., Schreibera D., Buffat P.A. Investigation of particles emitted from modern 2-stroke scooters // Atmospheric Environment. — 2008. — N. 42. — P. 183—195.
12. Mario G., Nicola T., Laura V., Antonio P., Andrea M., Exposure to ultrafine particles in different transport modes in the city of Rome // Environmental Pollution. — 2017. — Vol. 228. — P. 201—210.
13. Ye W., Shaojun Z., Jiming H., Huan L., Xiaomeng W., Jingnan H., Michael P. Walsh, Timothy J. Wallington, K. Max Z., Svetlana S. On-road vehicle emissions and their control in China: A review and outlook // Science of The Total Environment. — 2017. — Vol. 574. — P. 332—349.
14. Rahul G., Sarath K. Guttikunda. Evolution of on-road vehicle exhaust emissions in Delhi // Atmospheric Environment. — 2015. — Vol. 105. — P. 78—90.

15. Zhi-Hui Z., Andrey K., Leslie K. Norford, Zhen-Kang T., Rajasekhar B. Characterization of traffic-related ambient fine particulate matter (PM) in an Asian city: Environmental and health implications // Atmospheric Environment. — 2017. — Vol. 161. — P. 132—143.
16. Crippa M., Janssens-Maenhout G., Guizzardi D., Galmarini S. EU effect: Exporting emission standards for vehicles through the global market economy // Journal of Environmental Management. — 2016. — N. 183. — P. 959—971.
17. Shila M., Hoseung C., Kwangyul L., Nguyen Phuoc D., Tran Tien K., Kihong P. Morphological and elemental properties of urban aerosols among PM events and different traffic systems // Journal of Hazardous Materials. — 2016. — Vol. 317. — P. 108—118.
18. Paolo I., Adolfo S., Giuseppe L., Amedeo A. Effect of ethanol—gasoline blends on CO and HC emissions in last generation SI engines within the cold-start transient: An experimental investigation // Applied Energy. — 2016. — Vol. 179. — P. 182—190.
19. Clairotte M., Adam T.W., Chirico R., Giechaskiel B., Manfredi U., Elsasser M., Sklorz M., DeCarlo P.F., Heringa M.F., R. Zimmermann, G. Martini, A. Krasenbrink, Vicet A., E. Tourni Online characterization of regulated and unregulated gaseous and particulate exhaust emissions from two-stroke mopeds: A chemometric approach // Analytica Chimica Acta. — 2012. — N. 717. — P. 28—38.
20. Costagliola M.A., Murena F., Prati M.V. Exhaust emissions of volatile organic compounds of powered two-wheelers: Effect of cold start and vehicle speed. Contribution to greenhouse effect and tropospheric ozone formation // Science of the Total Environment. — 2014. — N. 468—469. — P. 1043—1049.
21. Chang C.-T., Chen B.-Y. Toxicity assessment of volatile organic compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons in motorcycle exhaust // Journal of Hazardous Materials. — 2008. — N. 153. — P. 1262—1269.
22. Yang H.-H., Chien S.-M., Chaob M.-R., Lin C.-C. Particle size distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in motorcycle exhaust emissions // Journal of Hazardous Materials. — 2005. — N. 125. — P. 154—159.
23. Li L., Ge Y., Wan M., Pen Z., Son Y., Zhan L., Yuan W. Exhaust and evaporative emissions from motorcycles fueled with ethanol gasoline blends // Science of the Total Environment. — 2015. — N. 502. — P. 627—631.
24. Costagliola M.A., Prati M.V., Murena F. Bioethanol/gasoline blends for fuelling conventional and hybrid scooter. Regulated and unregulated exhaust emissions / Maria Antonietta Costagliola. // Atmospheric Environment, 2016. Vol. 132. P. 133—140.
25. Costagliola M.A. Exhaust emissions of volatile organic compounds of powered two-wheelers: Effect of cold start and vehicle speed. Contribution to greenhouse effect and tropospheric ozone formation / M. Antonietta Costagliola, Fabio Murena, M. Vittoria Prati // Science of The Total Environment, 2014. Vol. 468. P. 1043—1049.
26. Kumar P., Pirjola L., Ketzel M., Harrison R.M. Nanoparticle emissions from 11 non-vehicle exhaust sources — A review // Atmospheric Environment. 2013. Vol. 67. P. 252—277.
27. Tsai J.-H., Chiang H.-L., Hsu Y.-C., Weng H.-C., Yang C.-Y. The speciation of volatile organic compounds (VOCs) from motorcycle engine exhaust at different driving modes // Atmospheric Environment. 2003. Vol. 37 P. 2485—2496.
28. Marina K. Road-transport emission projections to 2020 in European urban environments / Marina Kousoulidou, Leonidas Ntziachristos, Giorgos Mellios, Zissis Samaras // Atmospheric Environment. 2008. Vol. 42. P. 7465—7475.
29. Yang H.-H., Chien S.-M., Chao M.-R., Lin C.-C. Particle size distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in motorcycle exhaust emissions // Journal of Hazardous Materials. 2005. Vol. 125. P. 154—159.
30. Clairotte M. Online characterization of regulated and unregulated gaseous and particulate exhaust emissions from two-stroke mopeds: A chemometric approach / M. Clairotte, T.W. Adam, R. Chirico, B. Giechaskiel, U. Manfredi, M. Elsasser, M. Sklorz, P.F. DeCarlo, M.F. Heringa, R. Zimmermann, G. Martini, A. Krasenbrink, A. Vicet, E. Tournій, A.S.H. Prйvфt, C. Astorga // Analytica Chimica Acta. 2012. Vol. 717. P. 28—38.
31. Golokhvast K.S., Chernyshev V.V., Chaika V.V., Ugay S.M., Zelinskaya E.V., Tsatsakis A.M., Karakitsios S.P., Sarigiannis D.A. Size-segregated emissions and metal content of particles emitted by vehicles with low and high mileage: implications to population exposure // Environmental Research, 2015. Vol. 142. P. 479—485.

УДК 621.431:621.43.068:502.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Д-ра техн. наук **ТРЕТЬЯК Л.Н.** и **БОНДАРЕНКО Е.В., ВОЛЬНОВ А.С.**
Оренбургский ГУ (+ 7. 9325. 43-59-52)

Проведён анализ современных технических решений по нейтрализации отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Представлено теоретическое обоснование и разработана принципиально новая конструкция универсального малогабаритного нейтрализатора отработавших газов. Показана результативность применения нейтрализатора отработавших газов по снижению концентраций вредных веществ.

Ключевые слова: *автотранспортное средство, двигатель внутреннего сгорания, отработавшие газы, нейтрализатор, каталитическая очистка, экологическая нагрузка.*

Tretyak L.N., Bondarenko E.V., Volnov A.S.

IMPROVEMENT OF CONSTRUCTION OF NEUTRALIZERS OF WORKED GASES OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

The analysis of modern technical solutions for neutralization of exhaust gases of internal combustion engines is carried out. The theoretical justification is presented and a fundamentally new design of the universal small-size neutralizer of exhaust gases is developed. The effectiveness of using the neutralizer of exhaust gases to reduce the concentration of harmful substances is shown.

Keywords: *motor vehicle, internal combustion engine, exhaust gases, neutralizer, catalytic purification, environmental load.*

В настоящее время в Российской Федерации находится в эксплуатации более 30 миллионов автотранспортных средств, большинство которых — автомобили "почтенного" возраста. Так, для легковых средний возраст составляет 12,5 лет, а для грузовых — 19,3 лет. По данным агентства "Автостат" [1, 2] по состоянию на 2016 г. нормам токсичности "Евро-2" не соответствовали 36,0 % легковых, 49,4 % лёгких коммерческих и 69,0 % парка грузовых АТС (рис. 1, 2), а требованиям норм "Евро-5" удовлетворяют только 8,0 % парка легковых АТС, 2,0 % лёгких коммерческих и 2,3 % парка грузовых.

Проведённый нами ранее анализ показал, что загрязнение приземного слоя атмосферы городов, характерное при использовании огромного парка устаревших автомобилей, в международной практике стремятся снизить законодательным ужесточением требований

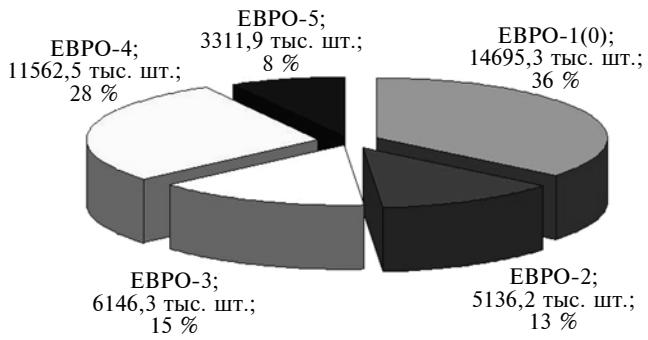

Рис. 1. Структура парка легковых автомобилей по нормам токсичности

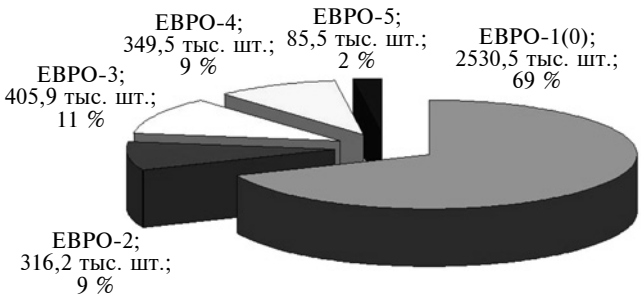

Рис. 2. Структура парка грузовых автомобилей по нормам токсичности

экологических классов на нормы выброса компонентного состава отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Законодательное принуждение и штрафные санкции привели к увеличению числа исследований по разработке способов очистки отработавших газов.

Используя метод оценки существенных признаков с применением информационно-поисковых систем матричного типа, разработанный "Роспатентом" [3], нами проанализированы основные направления конструирования нейтрализаторов отработавших газов (более 100 патентов пяти стран по классам F01N3/00, F01N3/08, F01N11/00, F02B75/10, B01D53/34, B01D53/94 за последние десять лет). Анализ научно-технических направлений новых патентных решений показал, что наиболее многочисленна группа по каталитической нейтрализации отдельных компонентов отработавших газов — преимущественно CO или NO. Причем в большинстве изобретений использованы в качестве катализаторов драгоценные металлы. Из всего многообразия структурного оформления заявленных нейтрализаторов наиболее часто встречаются конструкции с сотовым или ячеистым элементом или с нанесением катализатора на плёнку. Относительно новыми следует считать методы нейтрализации отработавших газов с использованием: плазменного разряда (патент US № 6274006); "электронного удара" (патент РФ № 2323355); электроимпульсных или магнитных методов нейтрализации (патент РФ № 2306440); добавлений метана и аммиака; впрыска в отработавшие газы углеводородов или водорода (патент РФ № 2100631); комбинированной очистки с накоплением продуктов "холодного пуска ДВС" в промежуточном носителе (патенты РФ 2490481, РФ № 2455503); каталитических нейтрализаторов с "кипящим слоем нейтрализатора" (патент РФ № 2124135) и др. Кроме этого, представляют интерес предложения по использованию топливной добавки, содержащей наночастицы диоксида цезия, позволяющей проводить каталитическое обезвреживание окислов азота в отработавших газах без встраивания нейтрализаторов (патент РФ № 2487753). Современные каталитические системы обезвреживания токсичных продуктов ориентированы на нейтрализацию монооксида углерода и оксидов азота. Для двигателей, работающих на дизельном топливе, применение нейтрализаторов, одновременно блокирующих выброс CO и NO, приводит к снижению КПД двигателя. Кроме того, существует проблема холодного пуска ДВС, при котором ещё не прогретые до 300 °С катализаторы не выходят на заданный режим работы и поэтому состав отработавших газов на 60 % более токсичен, чем при их работе "под нагрузкой".

Для применения новейших каталитических систем необходимы сложнейшие системы электронного управления процессом сгорания топлива в двигателе, требующие непрерывного экспресс-анализа степени очистки нейтрализатора и состава отработавших газов по каналам обратной связи в системе: "состав топливной смеси — состав отработавших газов". Однако отсутствие в конструкциях устаревших отечественных АТС электронных систем управления процессом сгорания топлива в двигателях не позволяет автотранспортным предприятиям РФ дооснащать автомобили современными многоступенчатыми нейтрализаторами. Даже производители импортных автомобилей, оснащённых современными электронными системами управления, сталкиваются с проблемой качества топлива, содержащего большое количество вредных примесей, способных "отравить" практически любой нейтрализатор. Поэтому разработка универсальных систем нейтрализации отработавших газов для дооснащения устаревших отечественных АТС, не соответствующих требуемым экологическим классам, — задача весьма актуальная.

С учётом проведённых исследований нами были спроектированы, изготовлены и испытаны несколько экспериментальных моделей нейтрализаторов, в которых очистку газа осуществляли в поточном режиме и не только от монооксида углерода и оксидов азота, но и несгоревших углеводородов.

В основу положен принцип термической нейтрализации. Сущность каталитической очистки отработавших газов заключается в беспламенном окислении продуктов неполного сгорания топлива или восстановлении оксидов азота в присутствии катализатора. Процесс дожигания проводится в камере нейтрализатора, где температура должна поддерживаться в диапазоне от 650 до 850 °С. Каталитический гетерогенный процесс осуществляется в несколько стадий: диффузии реагентов из потока отработавших газов к поверхности активного слоя пористого катализатора; адсорбции (хемосорбции) реагентов с образованием промежуточных химических комплексов типа реагент-катализатор; перегруппировки атомов исходных компонентов отработавших газов с образованием промежуточных соединений типа продукт-катализатор; десорбции образовавшихся продуктов (например, CO_2 и H_2O) с поверхности катализатора в поток отработавших газов. При этом скорость нейтрализации определяется как диффузией, так и химической гетерогенной реакцией на поверхности катализатора.

В отличие от известных технических решений спирали каталитического элемента в разработанном нами нейтрализаторе выполнены из хромоникелевого сплава, камера оснащена ресивером с сажевым фильтром кассетного типа, термоэлектрическим устройством охлаждения потока отходящих газов, и сигнализатором уровня опасных концентраций токсичных веществ со-

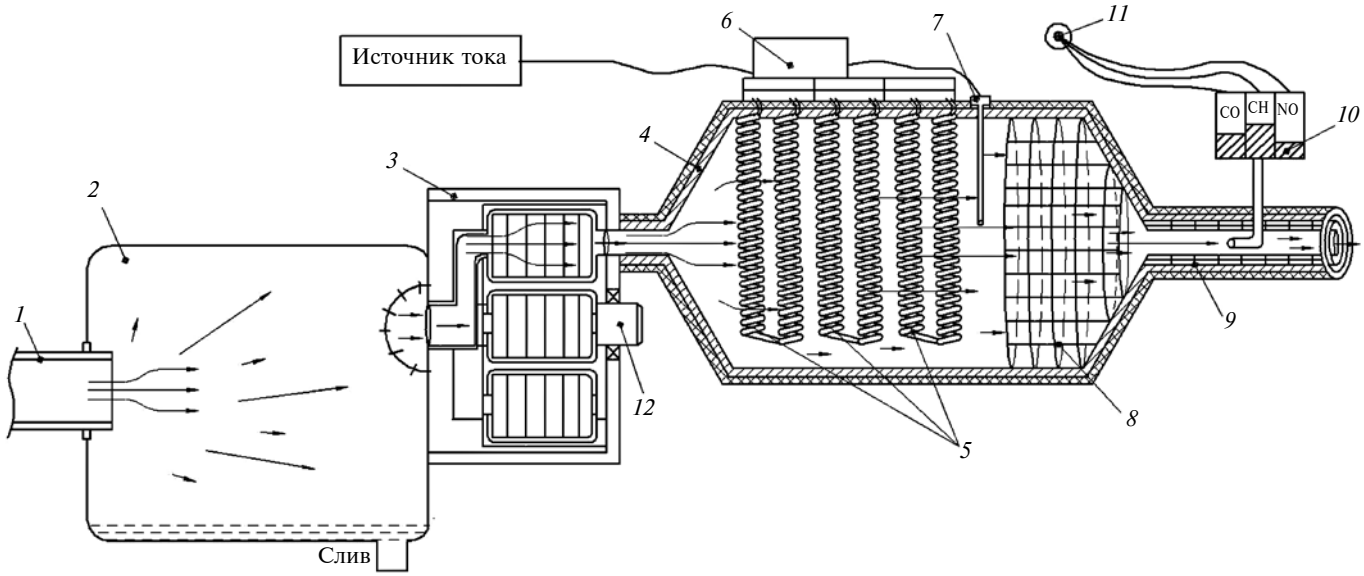

Рис. 3. Устройство очистки отработавших газов двигателей внутреннего сгорания (пат. РФ № 2563950):
1 — патрубок; *2* — ресивер; *3* — сажевый фильтр; *4* — камера нейтрализатора; *5* — каталитические элементы; *6* — терморегулятор; *7* — термопара; *8* — панели термоэлектрического генератора; *9* — панели термоэлектрического холодильника; *10* — газоанализатор; *11* — сигнализатор; *12* — механизм смены сажевого фильтра

става отработавших газов (рис. 3). При этом источником питания термоэлектрического устройства охлаждения потока отходящих газов служит термоэлектрический генератор, расположенный внутри камеры нейтрализатора.

Предложенный способ нейтрализации апробирован на экспериментальной установке нейтрализатора отработавших газов двигателей внутреннего сгорания (рис. 4). При этом очистке (нейтрализации) подвергали отработавшие газы бензинового двигателя с расходом газа 250 дм^3/мин. Результативность нейтрализатора оценивалась по степени очистки от CO, NO_x, CH, CO_2. Концентрации вредных веществ на выходе из камеры нейтрализатора определялись газоанализатором "Инфракар-5М3Т.02" в ежесекундном режиме с последующей компьютерной обработкой полученных результатов наблюдений.

Динамика содержания углеводородов на выходе из камеры нейтрализатора представлена на рис. 5. При измерении концентраций вредных веществ отходящие из камеры нейтрализатора газы на входе в газоанализатор охлаждали до температуры не выше 40 °С. Массу и состав твёрдых частиц на сажевых фильтрах после эксперимента определяли гравиметрическим и химико-аналитическими методами. Изменения средних концентраций компонентного состава отработавших газов после каталитической очистки в зависимости от температуры в реакторе приведены в таблице. (Для каждой температуры по каждому компоненту состава имелось более 75 результатов наблюдений.) Здесь же приведены концентрации компонентов исходного газа до поступления в камеру нейтрализатора.

Результативность очистки оценивалась при температуре 300 °С, соответствующей началу каталитической реакции, поскольку при температурах от 20 до 250 °С режимы работы нейтрализатора были нестабильными. Контроль температуры внутри камеры нейтрализатора выполнялся термопарой ТВР 251 с диапазоном измерения от 100 до 1800 °С, соединённой с универсальным измерителем-регулятором ОВЕН ТРМ 201. Эксперимент по очистке отработавших газов бензинового двигателя показал, что при температуре около 650 °С достигается оптимальная степень очистки от вредных веществ (100 % CH, 97 % CO, 96 % NO_x). Полученные результаты доказывают возможность использования нейтрализаторов портативного исполнения для снижения массы и токсичности выбросов в приземный слой атмосферы от АТС, не соответствующих требуемому экологическому классу.

В целях повышения производительности нейтрализатора и уменьшения скорости поступления отработавших газов в камеру нейтрализатора предложенная нами ранее конструкция (патент РФ 2563950, Л.Н. Третьяк, Е.М. Герасимов, А.С. Вольнов, 2015) была дооснащена камерой накопителя конденсата отработавших газов. Камера — криогенного типа с вакуумно-многослойной изоляцией, последовательно соединённой с камерой термокаталитического реак-

Рис. 4. Вариант портативной модели нейтрализатора отработавших газов двигателя автомобиля

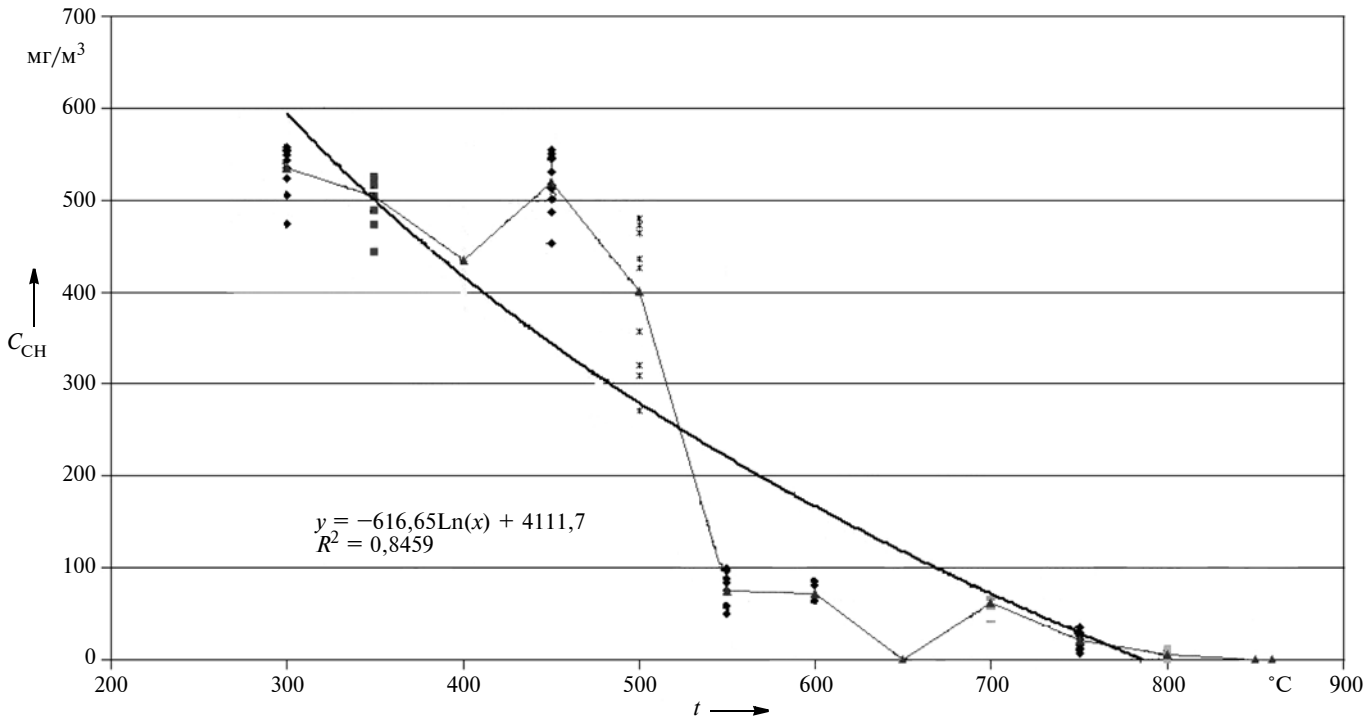

Рис. 5. Зависимость изменения концентраций несгоревших углеводородов в отработавших газах от температуры в камере нейтрализатора

тора восстановительного типа (патент РФ № 154120, Л.Н. Третьяк, Е.М. Герасимов, А.С. Вольнов, 2015). Предложенное конструктивное исполнение позволяет обеспечить высокую эффективность работы секции каталитического нейтрализатора за счёт снижения исходных концентраций отработавших газов вдвое.

Известно, что работающий в стационарном режиме двигатель грузового автомобиля расходует каждую минуту 150—350 г топлива, выбрасывая при этом 5—12 м^3 отработавших газов [4]. Эти газы практически не содержат кислорода, а содержание монооксида углерода превышает смертельную пятиминутную концентрацию (0,5 %) в 10 и более раз. Поэтому для соответствия условий труда в рабочей зоне производственных и вспомогательных помещений гигиеническим нормативам (ГОСТ 12.1.005—88) необходимо полное удаление отработавших газов из помещения, независимо от времени и условий работы двигателя. Для решения этой проблемы нами рекомендуется усовершенствованная конструкция нейтрализатора (рис. 6) для стационарного использования в гаражах, крытых стоянках и на станциях технического обслуживания.

Температура в реакторе нейтрализатора, °С	Концентрации компонентов отработавших газов, мг/м^3				
	монооксид углерода	углеводороды	диоксид углерода	кислород	оксиды азота
300	188,132	535,141	2480,983	93,2108	19,918
350	185,581	504,008	2358,737	227,288	15,556
400	129,841	434,610	2251,180	398,362	14,029
450	184,288	519,521	2409,387	184,965	17,180
500	163,600	400,435	2344,935	264,078	13,401
550	103,957	74,631	1851,867	807,681	0,000
600	107,648	72,075	2577,775	60,506	19,918
650	42,980	0,000	2581,757	233,387	1,245
700	105,449	61,580	2085,987	593,117	1,149
750	88,562	20,590	2555,161	221,013	0,432
800	40,353	6,167	2497,699	339,042	0,000
850	27,471	0,000	2681,012	169,852	0,000
860	38,542	0,000	2449,671	395,934	0,000
Исходный газ до нейтрализатора	304,003	831,156	2412,228	101,944	32,352

Для этого предлагается местная локализация и утилизация выбросов вместо традиционно применяемого метода разбавления всего объёма загрязняющих веществ в гаражах. Это позволит многократно снизить объём воздуха, подаваемого в помещение для разбавления отработавших газов. Кроме этого, данный метод позволяет локализовать и нейтрализовать через местные отсосы большую часть выбросов за время холодного пуска, прогрева и внутригаражного маневрирования АТС с последующей утилизацией собранных газов в стационарном нейтрализаторе.

Применение стационарного нейтрализатора существенно снизит расход электроэнергии как на вентиляцию, так и на нагрев подаваемого воздуха. Опытные образцы портативного и стационарного нейтрализаторов были испытаны согласно разработанному регламенту на АТС различных категорий (ВАЗ-2115, ВАЗ-2109, ГАЗ-32213, ГАЗ-3302, ПАЗ-3205, ЗИЛ-130, КамАЗ-55102, КамАЗ-55111, ГАЗ-3307, ГАЗ-3309, КАвЗ-423800) в гаражах ЗАО "Автоколонна 1825",

Рис. 6. Стационарная модель нейтрализатора отработавших газов для использования в помещениях АТП, на станциях технического осмотра и ремонта автотехники

ЛПУ УЭСП ООО "Газпром добыча Оренбург". Применение разработанной системы для типового гаража на 70 АТС позволило уменьшить массу выбросов за время фактического их пребывания в гараже с 228,890 до 65,496 г, при уменьшении кратности воздухообмена с 15,9 до 5,6 для обеспечения требуемой максимально разовой концентрации ($ПДК_{м.р}$). Разработанная нами конструкция стационарного нейтрализатора рекомендуется для дооснащения существующей системы вентиляции с вытяжными катушками в гаражах, крытых стоянках, а также на станциях технического обслуживания и ремонта.

Таким образом, разработанные модели нейтрализаторов имеют перспективы для создания наиболее совершенных нейтрализаторов отработавших газов. Применение стационарных нейтрализаторов отработавших газов, состоящих из криогенной ловушки и каталитического блока, позволит обеспечить экологическую безопасность автомобильного транспорта в гаражах, крытых стоянках, а также на станциях технического обслуживания и ремонта без реконструкции вентиляционных систем. Снижение объёма выбросов вентиляционных систем гаражей и цехов автотранспортных предприятий позволит не только уменьшить затраты на энергообеспечение предприятий, но и снизит размеры штрафных санкций за негативное экологическое влияние. Практическое внедрение разработанных нейтрализаторов отработавших газов двигателей автомобилей не только предотвратит загрязнение приземного слоя атмосферы около подземных гаражей, крытых стоянок, но и защитит население прилегающих к автомобильным дорогам жилых кварталов от дополнительной экологической нагрузки. Внедрение изобретений позволит владельцам отечественных автомобилей с повышенным выбросом вредных веществ избежать штрафов, размеры которых в ближайшие годы вырастут в РФ в 25—100 раз.

Литература

1. Структура парка России по нормам токсичности [Электронный ресурс] / ООО "Автомобильная статистика" — 2005—2017. — Режим доступа: https://www.autostat.ru/infographics/25282/ — 01.08.2017.
2. Парк грузовых автомобилей в России: ключевые цифры [Электронный ресурс] / ООО "Автомобильная статистика" — 2005—2017. — Режим доступа: https://www.autostat.ru/infographics/27148/ — 01.08.2017.
3. Блинников В.И. Методика построения структурных матриц / В.И. Блинников [и др.]. — М.: ВНИИПИ, 1983. — 38 с.
4. Полевой А. Системы удаления выхлопных газов в автотранспортных центрах / Промышленные страницы Сибири, 2013. — № 08 (79). — С. 68—69.

УДК 629.113

ВЛИЯНИЕ НА СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ РАДИУСА КОЛЁС И ВЫСОТ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРОВ ПАРУСНОСТИ И МАСС

Д-р техн. наук **МАМИТИ Г.И.**
Горский ГАУ (8672.53-28-84)

На основе нового уравнения движения колёсной машины дано объяснение увеличению скорости движения гоночного автомобиля с уменьшением высот расположения центров парусности и масс и увеличением радиуса колёс.

Ключевые слова: *новое уравнение движения колёсной машины; увеличение; уменьшение; влияние; высота расположения; центр парусности; центр масс; скорость движения гоночного автомобиля.*

Mamiti G.I.

INFLUENCE OF THE HEIGHT OF THE SAILING CENTERS, MASS AND RADIUS WHEELS ON THE SPEED OF THE MOVEMENT OF THE VEHICLE

On the basis of the new equation of motion of the wheeled vehicle, an explanation is given for the increase in the speed of the racing car with a reduction in the altitudes of the centers of sail, masses, and an increase in the radius of the wheels.

Keywords: *new equation of motion of a wheeled vehicle; increase; decrease; effect; the location; the centre of the sail; center of mass; the speed of a racing car.*

Общепринятое уравнение движения автомобиля [1; 2 и др.] получают, как известно, проецированием действующих на него сил (рис. 1) на плоскость дороги:

$$P - mj\delta - \psi G - P_w = 0. \qquad (1)$$

Из него следует, что высоты (точки) h_w и h приложения сил P_w и $mj\delta$ не имеют значения. Однако это противоречит самому понятию "сила", принятому в

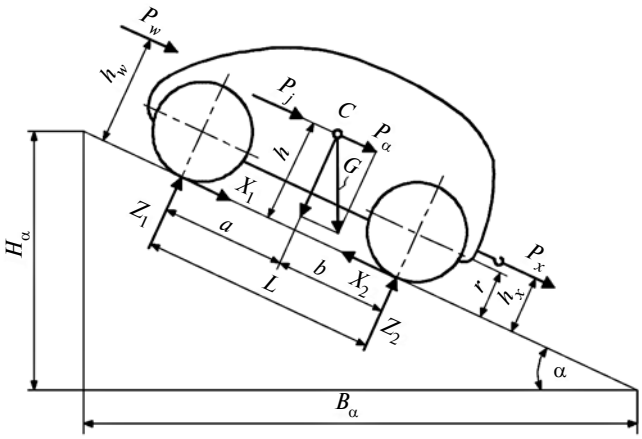

Рис. 1. Общепринятая расчётная схема автомобиля

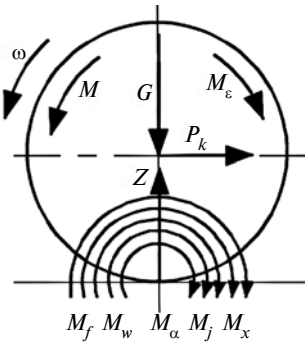

Рис. 2. Новая расчётная схема автомобиля

механике. *Новое* же уравнение движения колёсной машины, последовательный вывод которого приведён в [3; 4 и др.], с устранением замеченных нами в прежних работах [5; 6 и др.] опечаток, в отличие от общепринятого уравнения, получено не проецированием, а приведением этих сил к центрам моментов основной системы (рис. 2).

Если за центр моментов принять ось ведущих задних колёс одиночного автомобиля, то получим первое уравнение движения:

$$P - mj\delta - \psi G - [P_w + P_w(h_w - r)/r] = 0. \qquad (2)$$

Если же за центр моментов принять точку касания ведущего колеса с дорогой, то получим второе уравнение движения автомобиля:

$$P - mj\delta - \psi G - P_w h_w/r = 0, \qquad (3)$$

где P — сила тяги; $mj\delta$ — приведённая сила инерции автомобиля при разгоне; ψG — сила сопротивления дороги; ψ — коэффициент сопротивления дороги, $\psi = f_v + \sin\alpha$; f_v — коэффициент сопротивления качению при скорости v движения автомобиля; P_w — сила сопротивления воздуха; h_w — высота парусности; r — радиус ведущих колёс.

Уравнения (2) и (3), с учётом того, что $[P_w + P_w(h_w - r)/r] = P_w h_w/r$, трансформируются друг в друга. Это является исчерпывающим доказательством того, что новые уравнения движения колёсной машины верны. Кроме того, уравнения, полученные на основе разных расчётных схем (рис. 1 и рис. 2), совпали, тем самым ещё раз подтвердив их верность.

Уравнение движения колёсной машины для тягового расчёта

Уравнение движения автомобиля используется, прежде всего при тяговом расчёте, для определения мощности сопротивлений движению, и тем самым требуемой мощности двигателя, необходимой для их преодоления с максимальной скоростью. В этом, самом важном для проектирования автомобиля случае, расчётная схема предельно упрощается.

При равномерном движении заднеприводного автомобиля, прижатого к опорной поверхности силой G тяжести, приложенной в центре C масс, по ровной, с хорошим покрытием, горизонтальной ($\psi = f_v$) дороге с максимальной скоростью $V_{\max}$, он преодолевает при помощи подведённого от двигателя к оси ведущих колёс тягового момента M, силу P_w сопротивления воздуха, приложенную на высоте h_w центра парусности, и моменты $M_f = M_{f1} + M_{f2}$ сопротивления качению передних M_{f1} и задних M_{f2} колёс. Нормальные реакции опорной поверхности уравновешивают силу тяжести, $G = Z_1 + Z_2$ (рис. 3).

Общепринятое уравнение движения для рассматриваемого случая получают проецированием силы P_w сопротивления воздуха на опорную плоскость, где возникают реакции дороги на действие моментов M и M_f — сила P тяги и сила сопротивления качению $f_v G$:

$$P - P_w - f_v G = 0. \qquad (4)$$

Новое уравнение движения автомобиля с максимальной скоростью, в зависимости от выбора центра моментов, имеет вид:

$$P - [P_w + P_w(h_w - r)/r] - f_v G = 0$$
$$\text{или } P - P_w h_w/r - f_v G = 0, \qquad (5)$$

из которых первое уравнение позволяет исследовать влияние высоты h_w приложения силы и радиуса r ведущего колеса на динамику автомобиля, в целях определения их оптимальных значений для проектируемых автомобилей, в том числе гоночных.

Уравнение (5) получено исходя из следующих положений механики: *сила имеет точку приложения, величину и направление действия; при параллельном переносе силы возникает момент, равный произведению силы на расстояние переноса (теорема Вариньона).* Эти основополагающие положения механики не соблюдены в общепринятом уравнении движения (1) и (4), где не учтены высоты, и тем самым точки приложения сил к корпусу машины и, следовательно, не учтены моменты, возникающие при переносе сил к оси ведущих колёс или к контакту колёс с дорогой.

Заметим, что устойчивое движение машины обеспечивается надёжным контактом колёс с дорогой и происходит благодаря вращению катящихся ведущих колёс вокруг оси, одновременно являющейся центром моментов. Собственно колесо и его ось являются средством передачи сил и моментов, действующих на машину, к плоскости контакта колёс с дорогой.

Исследование влияния высот приложения сил сопротивления движению на максимальные скорости автомобиля

Для выяснения влияния высот расположения центров парусности и масс на скорость движения автомобиля рассмотрим следующую схему сил, составленную на основе нового уравнения движения. На рис. 4 изображено ведущее колесо автомобиля, где O — ось ко-

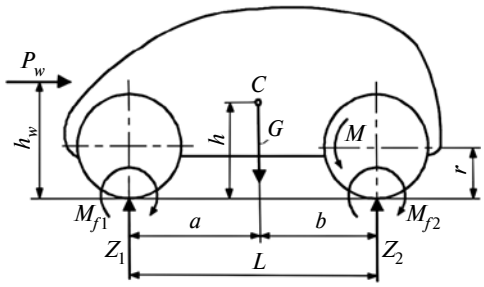

Рис. 3. Силы и моменты, действующие на заднеприводный автомобиль при равномерном движении с максимальной скоростью

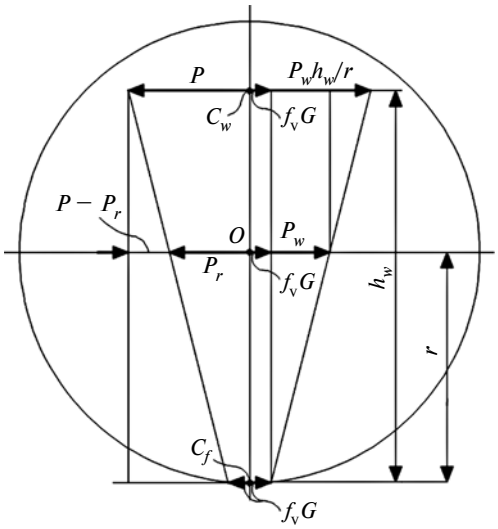

Рис. 4. Эпюры изменения баланса сил, действующих на автомобиль при движении с максимальной скоростью, в зависимости от высот приложения сил сопротивления движению

леса, C_f — центр пятна контакта колеса с дорогой, r — радиус колеса.

В случае расположения центра C_w парусности на высоте $h_w > r$, максимальная скорость $V_{\max 1}$, будет достигнута при полной реализации силы тяги P, развиваемой двигателем автомобиля, и уравнение движения запишется как (5): $P - f_v G - P_w h_w / r = 0$.

Если же $h_w = r$ (рис. 4), то будем иметь (4): $P_r - f_v G - P_w = 0$, где P_r — сила тяги, требуемая автомобилю для движения с прежней скоростью $V_{\max 1}$.

Но двигатель автомобиля развивает силу тяги P. Следовательно, излишек силы тяги, равный $P - P_r$, будет использоваться для достижения максимальной скорости $V_{\max r}$, которая будет больше $V_{\max 1}$. Этот излишек будет увеличиваться с уменьшением высоты h_w парусности и расходоваться на разгон автомобиля. Ясно, что излишек силы тяги может реализоваться только в виде приведённой силы инерции, приложенной на высоте h центра масс.

Следовательно, с уменьшением высоты h_w центра парусности (точки приложения силы P_w сопротивления воздуха) и высоты h центра масс (точки приложения приведённой силы инерции $mj\delta$), с увеличением радиуса r колёс, силы сопротивления движению автомобиля уменьшаются, достигается более высокая скорость движения. Ярким практическим подтверждением полученных уравнений являются конструкции гоночных автомобилей, где высоты приложения продольных сил сведены до возможного минимума.

Литература

1. Вахламов В.К. Автомобили. Эксплуатационные свойства. — М.: ИЦ "Академия", 2006. — 240 с.
2. Мамити Г.И. Теория движения двухосной колесной машины. Книга 1. Механика эластичного колеса. Тяговая и тормозная динамика. Тяговый расчет. Моделирование процесса торможения. Топливная экономичность, маневренность, проходимость и плавность хода: учебник для вузов. — Владикавказ: Изд-во ФГБОУ ВПО "Горский госагроуниверситет", 2012. — 216 с.
3. Мамити Г.И. Новое уравнение движения колёсной машины — верно // Автомобильная промышленность, 2017, № 3. — С. 22—27.
4. Мамити Г.И. Прорыв в науке? Пусть ответит непредвзятый читатель // Автомобильная промышленность, 2017, № 7. — С. 21—30.
5. Мамити Г.И. Новое уравнение движения колесной машины // Тракторы и сельхозмашины, 2014, № 6. — С. 15—18.
6. Мамити Г.И. Новое уравнение движения, тяговый расчёт, определение площади фронтального сечения и высоты центра парусности автомобиля // Автомобильная промышленность, 2015, № 10. — С. 16—18.

УДК 629.3.07

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ ШИН С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ОПЕРЕЖАЮЩИХ СИСТЕМ ЭКСТРЕННОГО ТОРМОЖЕНИЯ

Д-р техн. наук **ИВАНОВ А.М.**, канд. техн. наук **КРИСТАЛЬНЫЙ С.Р.**, **ТОПОРКОВ М.А.**
МАДИ (makstoporkov@rambler.ru)

Описаны возможные причины снижения эффективности действия опережающих систем экстренного торможения. Предлагаются возможные направления решения данной проблемы. В частности предлагается идея прогнозирования состояния дорожного покрытия, базирующаяся на ресурсах интеллектуальных транспортных систем.

Ключевые слова: *интеллектуальные транспортные системы, система автоматического торможения, опережающие системы экстренного торможения, коэффициент сцепления.*

Ivanov A.M., Crystalny S.R., Toporkov M.A.

USE OF FORECASTING COEFFICIENT OF COUPLING OF TIRES WITH SUPPORT SURFACE FOR INCREASING EFFICIENCY OF ACTION OF ADVANCED EMERGENCY BRAKING SYSTEM

The article describes possible reasons for the decrease in the effectiveness of the action of advanced emergency braking systems. Possible ways of solving this problem are suggested. In particular, the idea of predicting the state of the road surface, based on the resources of intelligent transport systems, is proposed.

Keywords: *intelligent transport systems, automatic braking system, advanced emergency braking systems, the coefficient of adhesion.*

Статистика ГИБДД РФ показывает: наиболее часто встречающимся видом дорожно-транспортных происшествий является столкновение транспортных средств; на втором месте — наезд на пешеходов (рис. 1) [1]. По пассивной и активной безопасности АТС, в их традиционном понимании, сделано уже очень многое, и теперь наиболее бурно развивается новое направление — разработка систем, которые позволили бы в различных дорожных ситуациях избежать аварий. В частности, *опережающих систем экстренного торможения* (ОСЭТ).

Первая демонстрация такой системы была проведена группой инженеров и учёных из Калифорнии (*"Hughes Research Laboratories"*) в 1995 году. В дальнейшем американское Национальное управление безопасностью движения на трассах ввело требования к обязательному применению систем предупрежде-

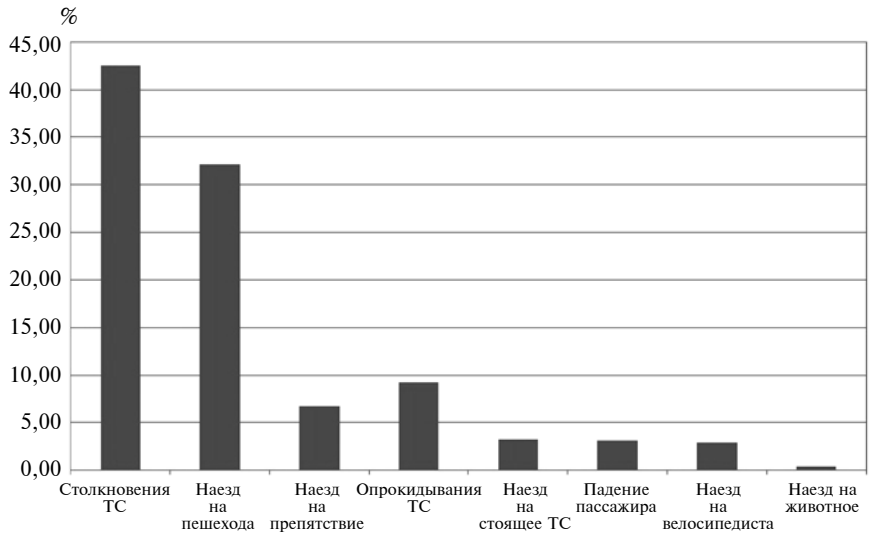

Рис. 1. Статистика по видам дорожно-транспортных происшествий на территории РФ за 2015 г.

Рис. 2. Структурная схема опережающей системы экстренного торможения

ния столкновений и систем предупреждения схода с полосы движения [2]. В 2011 году вопрос о возможном внедрении подобных систем и возможной пользе был поставлен Европейской комиссией [3]. На данный момент свои ОСЭТ предлагают следующие автопроизводители: БМВ, "Вольво", "Дженерал Моторс", "Кадиллак", "Крайслер", "Мазда", "Мерседес-Бенц", "Мицубиси", "Ниссан", "Пежо", "Рено", "Субару", "Тесла", "Тойота", "Фиат", "Фольксваген" "Форд", "Хёндэ", "Хонда", "Шкода". Алгоритмы действия большинства систем схожи. На начальных стадиях срабатывания система выдаёт предупреждающие световые и звуковые сигналы, а также подготавливает элементы пассивной безопасности к возможному удару. При отсутствии какой-либо реакции со стороны водителя система сама начинает торможение автомобиля.

Структурно ОСЭТ можно представить в виде трёх блоков (рис. 2): блока технического зрения [4], блока управления и системы автоматического торможения [5], которая базируется на исполнительных механизмах системы электронного контроля устойчивости.

Нормативная документация

Предписания, касающиеся опережающих систем экстренного торможения, содержатся в Правилах № 131 ЕЭК ООН [6]. Данные Правила распространяются на системы, устанавливаемые на механические транспортные средства категорий M_2, M_3, N_2 и N_3, эксплуатируемые, главным образом, на автомагистралях.

Так же как АБС и система электронного контроля устойчивости транспортных средств M1, N1, ОСЭТ подпадает под действие Правил № 13Н-00 ЕЭК ООН [7]. В частности, данным документом введено общее определение функций подобных систем (п. 2.20 [7]). *"Автоматически включающееся торможение"* — означает функцию в рамках комплексной электронной системы управления, при которой тормозные системы или тормоза на некоторых осях срабатывают в целях замедления транспортного средства в результате прямого воздействия со стороны водителя либо без такого воздействия, но в результате автоматической оценки бортовой информации. ОСЭТ могут выполнять роль *систем вспомогательного торможения* (п. 2.34 [7]). Это означает функцию тормозной системы, которая идентифицирует ситуацию экстренного торможения исходя из характеристики использования тормоза водителем и в таких условиях либо помогает водителю обеспечить максимально достижимый коэффициент торможения, либо сама обеспечивает срабатывание антиблокировочной системы тормозов в режиме полного цикла.

К опережающим системам экстренного торможения также применимы положения Приложений 8 и 9 [7] к Правилам № 13Н-00 ЕЭК ООН, касающиеся аспектов безопасности комплексных электронных систем управления транспортными средствами и систем вспомогательного торможения.

Правила № 13-11 ЕЭК ООН распространяют своё действие на АТС категорий M_2, M_3, N и O в отношении торможения. В случае транспортных средств категории N_1 стороны, подписавшие как Правила № 13-Н, так и Правила № 13-11, признают официальные утверждения на основании любых из этих Правил в равной степени действительными [8].

Как видим, нормативная база пока довольно разрозненна и имеет разночтения в определении ОСЭТ. Требования же к эффективности функционирования таких систем на АТС категорий M_1, N_1 в ней вообще не обнаружены

Проблема корректного функционирования ОСЭТ

Тормозной путь автомобиля обычно определяется по формуле 1 (в таблице) [4]. Время задержки срабатывания τ_C обусловлено выбиранием зазоров в тормозных механизмах при срабатывании тормозной системы. Оно составляет примерно 0,05—0,07 с для тормозных систем с гидравлическим приводом и дисковыми тормозными механизмами [9]. Время τ_H и характер нарастания замедления зависят от многих факторов, включая особенности конструкции тормозного привода, тип и состояние тормозных механизмов, состояние дороги и квалификацию водителя. Для легковых автомобилей оно составляет 0,05—0,2 с [9].

№	Формула	Примечания
1	$S_T = (\tau_с + 0{,}5\tau_н)V_0 + \frac{(V_0^2 - V_{уст}^2)}{2j_{уст}}$	$\tau_с$ — время задержки срабатывания; $\tau_н$ — время нарастания замедления; V_0 — скорость ТС в начале торможения; $V_к$ — конечная скорость ТС; $j_{уст}$ — установившееся замедление ТС
2	$j_{уст} = \varphi_x g$	—
3	$S_T = 0{,}11V_0 + \frac{(V_0^2 - V_к^2)}{2\varphi_x g}$	—

На значение установившегося замедления непосредственное влияние оказывает коэффициент сцепления шин в продольном направлении φ_x (формула 2). Преобразуя формулу 1 с учётом средних значений τ_C и τ_H ($\tau_C = 0{,}06$ с, $\tau_H = 0{,}1$ с) [9], а также формулы 2, получим формулу 3.

Анализ последней показывает, что тормозной путь находится в прямой зависимости от коэффициента сцепления φ_x шин автомобиля с дорогой. Другие переменные, определяющие тормозной путь, заранее известны или могут быть определены датчиками. При торможении со скорости 60 км/ч до полной остановки на сухом асфальтобетонном покрытии ($\varphi_x \approx 0{,}8$) [9] тормозной путь составит 17,8 м. При торможении на мокром асфальте ($\varphi_x \approx 0{,}6$) [9] он возрастёт до 23,7 м (относительный прирост 24,8 %), при торможении на обледенелой дороге ($\varphi_x \approx 0{,}2$) [9] тормозной путь составит 70,9 м. В данном примере рассматривалось торможение с условно "городской" скорости 60 км/ч. Движение же на загородных дорогах и автомагистралях допускает, разумеется, более высокие скорости.

Для анализа зависимости тормозного пути от начальной скорости торможения и коэффициента сцепления в соответствии с формулой 3, можно построить трёхмерную поверхность (рис. 3). На величину тормозного пути оказывает влияние определённое количество факторов. Наиболее значимыми являются скорость в начале торможения и уровень сцепления шин АТС с дорогой. Необоснованное ограничение скоростного режима приведёт к снижению общей пропускной способности дорожной сети. Также на данный момент отсутствуют законодательные меры, определяющие величину безопасной дистанции между движущимися транспортными средствами.

Немаловажное влияние на величину тормозного пути оказывает и коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью. На рис. 3 видно, что с увеличением скорости начала торможения ($V_0 - V_к$) это влияние возрастает, так как тормозной путь (S_T) прямо пропорционален квадрату скорости ($V_0 - V_к$).

Встаёт вопрос об определении дистанции начала срабатывания системы автоматического торможения в зависимости от скорости и коэффициента сцепления. Также возникает закономерный вопрос о торможении в плотном городском транспортном потоке. При условии низкого уровня сцепления шин с опорной поверхностью возможно позднее срабатывание системы автоматического торможения (рис. 4, *б*). Излишнее увеличение дистанции начала её срабатывания приведёт к частым преждевременным и лож-

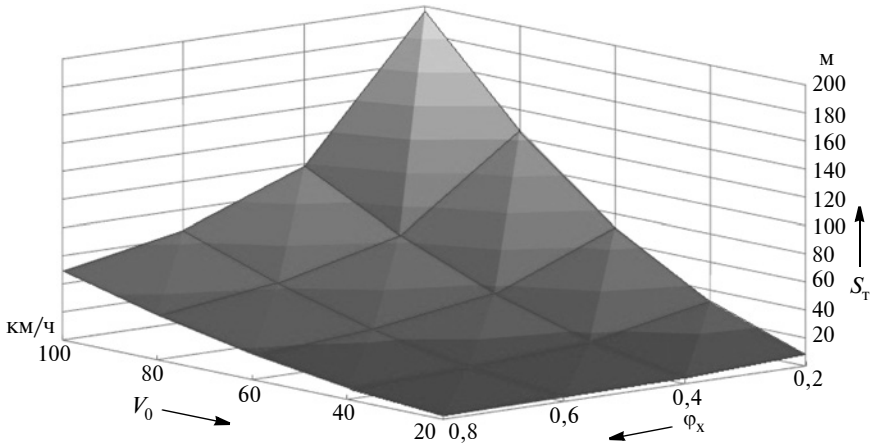

Рис. 3. Поверхность зависимости тормозного пути от скорости начала торможения и коэффициента сцепления

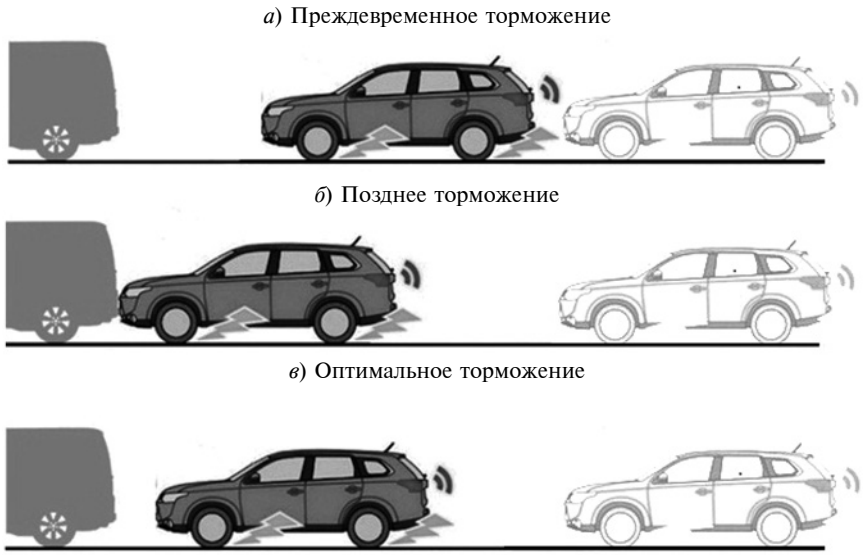

Рис. 4. Выбор оптимальной дистанции начала торможения

ным срабатываниям (рис. 4, *а*). Если говорить о повсеместном применении подобных систем, то чрезмерное увеличение дистанции до момента срабатывания системы способно ухудшить пропускную способность автомобильных дорог. Помимо этого преждевременное торможение может быть неожиданным для АТС, движущегося сзади.

Основная задача — разработка алгоритма функционирования ОСЭТ, который учитывал обозначенные моменты и особенности. Соответствующие результаты получены в рамках выполнения государственного задания Министерства образования и науки РФ.

Использование инфраструктуры интеллектуальных транспортных систем для прогнозирования коэффициента сцепления шин с дорогой

Состояние дорожного покрытия может быть определено после анализа следующих параметров: температура воздуха, влажность, наличие осадков и др. Прогнозирование коэффициента сцепления на основе комплексного анализа косвенных факторов в принципе возможно, однако точность подобной оценки может вызывать закономерные вопросы. Сегодня ведутся разработки в области создания портативных устройств, которые смогли бы определять коэффициент сцепления во время движения автомобиля [10]. Однако эффективность действия подобных устройств пока недостаточна. Таким образом, на данный момент не ставится задача точного определения коэффициента сцепления. Задача состоит в выборе способа и соответствующей методики для его прогнозирования с достаточной степенью доверительной вероятности.

Одним из наиболее перспективных направлений представляется методика прогнозирования значения коэффициента сцепления с использованием инфраструктуры интеллектуальных транспортных систем [11] для обмена данными о состоянии поверхности дорожного полотна между АТС и инфраструктурой в реальном времени. Технология интеллектуальных транспортных систем базируется на современных средствах беспроводной связи, спутниковой навигации и вычислительных мощностях современных компьютеров.

Основные компоненты интеллектуальной транспортной системы представлены на рис. 5. Цели её внедрения [12] таковы: повышение безопасности дорожного движения; повышение пропускной способности улично-дорожной сети; повышение качества обслуживания участников дорожного движения; уменьшение вредного воздействия транспортных потоков на окружающую среду; повышение эффективности функционирования транспорта.

Рис. 5. Основные компоненты интеллектуальной транспортной системы

Таким образом, после анализа ряда и исходных параметров становится возможным спрогнозировать состояние дорожного полотна (коэффициент сцепления) на определённом участке дороги. Полученные данные будут доступны всем АТС, находящимся на данном участке дорожной сети. Также возможен сценарий, который предполагает передачу информации о факте срабатывания систем автоматического торможения и электронного контроля устойчивости (включая АБС, ПБС) и определённом при этом состоянии дорожного покрытия. Данные могут передаваться от одного автомобиля к другому, следующему за ним (V2V [12]). Также доступны алгоритмы обмена информацией типа: "Автомобиль — Инфраструктура" и "Инфраструктура — Автомобиль" (V2I и I2V соответственно [13]), которые появились благодаря развитию и распространению технологий беспроводной передачи данных, применяемых в интеллектуальных транспортных системах.

Таким образом, существование проблемы корректного функционирования опережающих систем экстренного торможения при значительном изменении коэффициента сцепления с дорогой очевидно. Прогнозирование данного параметра при помощи технологий интеллектуальных транспортных систем и данных, которые можно получить от бортовых систем автомобиля, может быть решением данной проблемы. Для этого предстоит решить следующие задачи: определить минимально необходимый объём исходной информации, а также перечень дополнительной информации, повышающей точность прогноза; подобрать оптимальный алгоритм прогнозирования значения коэффициента сцепления; разработать требования к соответствующим элементам инфраструктуры ИТС и прото-

колам обмена данными; выдвинуть требования к быстродействию подсистемы прогнозирования коэффициента сцепления; выдвинуть требования к точности прогнозирования значения коэффициента сцепления, достаточной для корректного функционирования ОСЭТ.

Литература

1. Сведения о статистике дорожно-транспортных происшествий в РФ за 2015 г. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.1gai.ru/autonews/514631-avarii-na-dorogah-rossii-statistika.html.
2. Forward Collision Warning Requirements Project Final Report — Task 1.
3. Written question — Rear-end traffic collisions in the European Union — E-011477/2011.
4. Долгова Л.А. Автоматизированная система предотвращения аварийных столкновений автомобилей / Долгова Л.А., Рылякин Е.Г., Василиади Г.Н. // Технологии техносферной безопасности. — 2015. — № 4 (62). — С. 1—6.
5. Попов А.И. Система автоматического торможения автомобиля / Попов А.И., Спинов А.Р. и др. // Журнал автомобильных инженеров. — 2011. — № 6 (71). — С. 28—31.
6. Правила ЕЭК ООН № 131. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств в отношении опережающих систем экстренного торможения (ОСЭТ).
7. Правила ЕЭК ООН № 13Н-00. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей в отношении торможения.
8. Правила ЕЭК ООН № 13-11. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий M, N и O в отношении торможения.
9. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: Учебник для вузов по специальности "Автомобили и автомобильное хозяйство". — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.
10. Robust Estimation of Road Friction Coefficient for Vehicle Active Safety Systems / Chang Sun Ahn // The University of Michigan, 2011.
11. Современные вызовы развития теории автомобиля как интеллектуального транспортного средства / Белоусов Б.Н., Гладов Г.И., Ксеневич Т.И., Малиновский М.П. // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: сборник научных докладов Международной научно-технической конференции / Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. — М., 2015. — С. 62—66.
12. Основные сведения об интеллектуальных транспортных системах [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.nisglonass.ru/products/intellektualnye_transportnye_sistemy/.
13. ГОСТ Р 56829—2015. Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2016. 10 с.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

УДК 656.025.2(076.5)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРКА АВТОМОБИЛЕЙ НА ГАЗОМОТОРНОМ ТОПЛИВЕ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Д-ра техн. наук **ЯКУНИН Н.Н., ЯКУНИНА Н.В.**,
канд. техн. наук **ДРЮЧИН Д.А., ТИЩЕНКО А.С.**
Оренбургский ГУ, ООО "Газпром добыча Оренбург"
(dmi-dryuchin@yandex.ru)

На основе структурно-ориентированного подхода создана математическая модель, позволившая исследовать характер влияния различных эксплуатационных факторов на эффективность применения различных видов газомоторных топлив. Построены многомерные массивы данных, характеризующие области предпочтительного применения различных видов газомоторных топлив. Разработан методологический инструментарий, позволяющий повысить эффективность эксплуатации автотранспортных средств. Отражены результаты практического применения разработанной методики на транспортных предприятиях газоперерабатывающего комплекса Оренбургской области.

Ключевые слова: *газомоторное топливо, эксплуатация автотранспортных средств, математическое моделирование.*

Yakunin N.N., Yakunina N.V., Dryuchin D.A., Tishenko A.S.

INCREASE OF EFFICIENCY OF OPERATION OF THE CAR PARK ON GAS-MOTOR FUEL ON THE BASIS OF STRUCTURALLY-ORIENTED MODELING

On the basis of the structurally-oriented approach, a mathematical model has been created that made it possible to investigate the nature of the influence of various operational factors on the effectiveness of the use of various types of gas engine fuels. Multidimensional data sets are constructed that characterize the areas of the preferred application of various types of gas engine fuels. A methodological toolkit has been developed to improve the efficiency of vehicle operation. The results of practical application of the developed technique at transport enterprises of the gas processing complex of the Orenburg region are reflected.

Keywords: *gas motor fuel, operation of vehicles, mathematical modeling.*

Использование газомоторных топлив на автомобильном транспорте — одно из направлений решения жизненно важной для всего человечества задачи поиска альтернативных источников энергии. Широкое применение газомоторных топлив требует решения комплекса организационных и технических вопросов, к числу которых относятся совершенствование структуры парка, создание и организация развитой сети за-

правочных станций, организация технического обслуживания и ремонта, создание специализированного оборудования, обеспечение безопасных условий эксплуатации, что нашло отражение в соответствующих региональных и федеральных целевых программах.

В соответствии с требованиями действующих нормативов [1—4], автомобили, оснащённые газобаллонным оборудованием, должны обслуживаться на производственно-технической базе, в состав которой входят следующие объекты: участок по техническому обслуживанию и ремонту топливной аппаратуры, пост выпуска (аккумулирования) газового топлива и дегазации газовых баллонов, пост испытания газовых систем, участок для хранения баллонов, открытые площадки или специальные помещения для хранения газобаллонных автомобилей.

Производственные помещения и помещения для хранения подвижного состава должны быть оборудованы системой освещения и электроснабжения во взрывобезопасном исполнении, приточно-вытяжной вентиляцией также во взрывобезопасном исполнении, аварийной вентиляцией с нормативной кратностью воздухообмена во взрывобезопасном исполнении, системой контроля загазованности среды, системой пожаротушения и пожарным инвентарём.

К факторам, способствующим снижению эффективности применения газомоторных топлив, относятся снижение показателей топливной экономичности, уменьшение грузоподъёмности, снижение мощности энергетических установок, увеличение нулевых пробегов, ухудшение пусковых свойств транспортных средств. Следовательно, несмотря на низкую стоимость газомоторных топлив, экономическая целесообразность их применения не всегда однозначна. Она возможна при определённых условиях, формирующих многомерную область, определение которой представляет собой актуальную научную и прикладную задачу.

Оценка эффективности применения различных видов газомоторных топлив основана на сравнительном анализе эксплуатационных затрат и капиталовложений. [5] Годовой экономический эффект от применения рассматриваемого (i-го) вида газомоторного топлива определяется по формуле 1, показанной в таблице. Эффективность капиталовложений, связанных с применением i-го вида газомоторного топлива определяется по формуле 2, в которой нормативный коэффициент эффективности капиталовложений $E_H = 0{,}15$ [6]. В ходе исследования рассматриваются все альтернативные виды газомоторных топлив и топливных систем. Выбирается вариант, обеспечивающий максимальную положительную эффективность капиталовложений.

Для выполнения практических расчётов при помощи формул 1 и 2 выполнен анализ годовых затрат на эксплуатацию автотранспортных средств. Структура эксплуатационных затрат представлена на рис. 1. Все затратные статьи целесообразно разделить на две груп-

№	Формула	Примечания
1	$Э_i = \Sigma З_{ГАЗi} - \Sigma З_{Ж.ТОП}$	$\Sigma З_{ГАЗi}$ — суммарные годовые эксплуатационные затраты при эксплуатации транспортного средства на i-м виде газомоторного топлива, р.; $\Sigma З_{Ж.ТОП}$ — суммарные годовые эксплуатационные затраты при эксплуатации транспортного средства на традиционном топливе, р.
2	$Э_{Ki} = Э_{Ki} - K_i E_H$	K_i — объём капиталовложений, необходимых для перевода транспортного средства на газомоторное топливо, р.; E_H — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений
3	$З_{ПОСТ} = A + H_И + З_{ПТБ}/N_A$	A — амортизационные отчисления на восстановление газобаллонного оборудования, р.; $H_{ИМ}$ — налог на имущество (для юридических лиц), р.; $З_{ПТБ}$ — дополнительные затраты на содержание производственно-технической базы, связанные с эксплуатацией газобаллонных автомобилей, р.; N_A — количество транспортных средств, эксплуатируемых на газомоторном топливе
4	$З_{ПЕРЕМ} = З_{ТОП} + З_{ТО} + З_{ТР}$	$З_{ТОП}$ — затраты на топливо, руб./км.; $З_{ТО}$ — затраты на техническое обслуживание автобусов, руб./км.; $З_{ТР}$ — затраты на текущий ремонт, руб./км
5	$K = З_{ОБ1} + \frac{З_{O1} P_{раб}}{N_A} + \frac{З_{учТОиР}}{N_A} + \frac{З_{СЛИВ}}{N_A} + \frac{З_{ИСП}}{N_A} + \frac{З_{ХР.Б}}{N_A} + \frac{З_{ЗАПР}}{N_A} + \frac{З_{КОМ}}{N_A}$	$З_{ОБ1}$ — затраты на установку комплекта топливной аппаратуры, р.; $З_{O1}$ — затраты на обучение одного человека, р.; N_A — количество газобаллонных транспортных средств, ед.; $P_{раб}$ — численность персонала, прошедшего переподготовку, чел.; $З_{учТОиР}$ — затраты на организацию участка ТО и ремонта топливной аппаратуры газобаллонных автомобилей, р.; $З_{СЛИВ}$ — затраты на организацию поста слива газовых топлив и дегазации баллонов, р.; $З_{ИСП}$ — затраты на организацию поста испытания газовых систем, р.; $З_{ХР.Б}$ — затраты на организацию участка для хранения газовых баллонов, р.; $З_{ЗАПР}$ — затраты на приобретение и монтаж газозаправочных средств, р.; $З_{КОМ}$ — затраты на реконструкцию коммуникаций производственных помещений, руб.

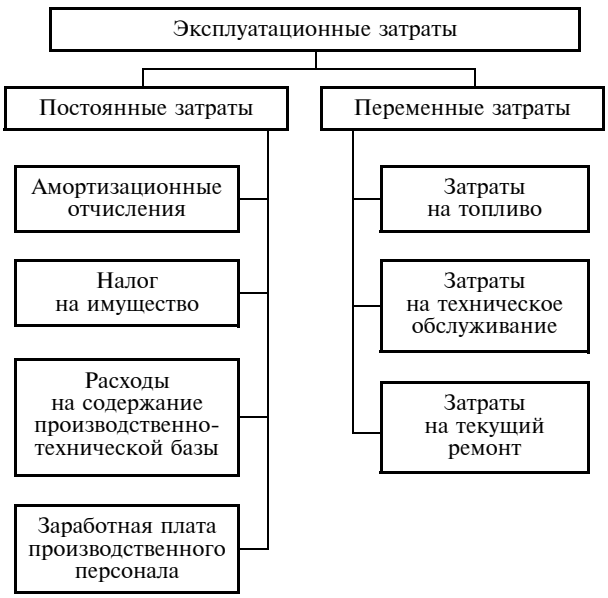

Рис. 1. Структура затратных статей на эксплуатацию автотранспортных средств

пы. Первая — постоянные затраты ($З_{ПОСТ}$) — затратные статьи, не зависящие от интенсивности эксплуатации транспортного средства. Вторая — переменные затраты ($З_{ПЕРЕМ}$) — затратные статьи, пропорционально зависящие от интенсивности эксплуатации транспортного средства. Постоянные затраты равномерно распределены в течение года. Их величина, приходящаяся на один автомобиль, может быть определена по формуле 3. Переменные затраты определяются как простая сумма составляющих их статей — формула 4.

Дополнительные капиталовложения, необходимые для перевода парка транспортных средств на газомоторное топливо складываются из затрат на переоснащение парка; затрат на обучение персонала и затрат на реконструкцию производственно-технической базы. В обобщённом виде объём капиталовложений определяется по формуле 5.

На основании выдвинутых теоретических положений разработан алгоритм сравнительного анализа технико-экономических показателей эксплуатации газобаллонных автомобилей. Он описан в виде блок-схемы, представленной на рис. 2. На основании данного алгоритма создан программный продукт, позволяющий выполнить оценку эффективности применения различных видов газомоторных топлив индивидуально для каждого транспортного средства, с учётом особенностей его эксплуатации.

Программный продукт уже внедрён на автотранспортных предприятиях газоперерабатывающего комп-

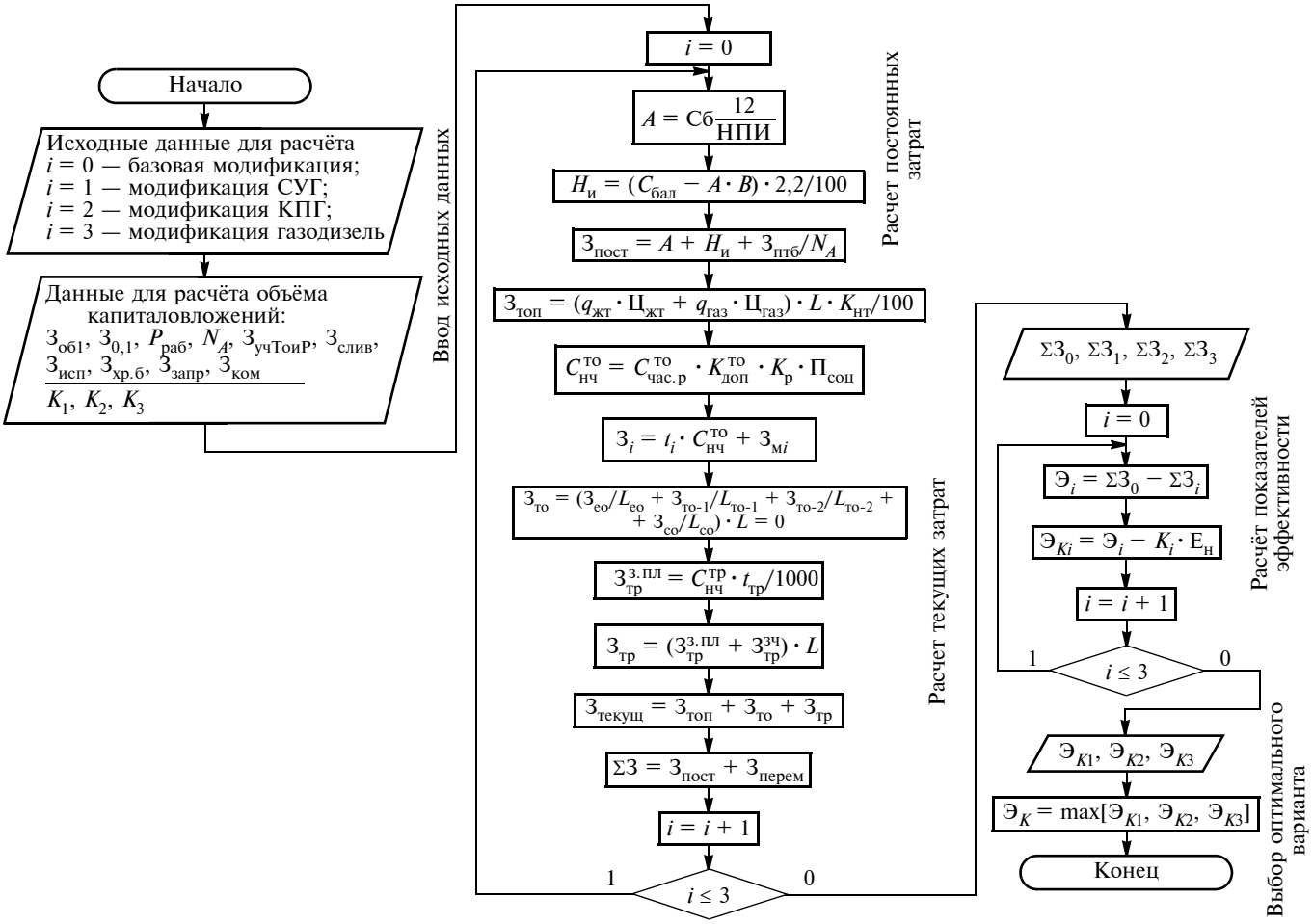

Рис. 2. Блок-схема алгоритма оценки эффективности применения различных видов газомоторных топлив

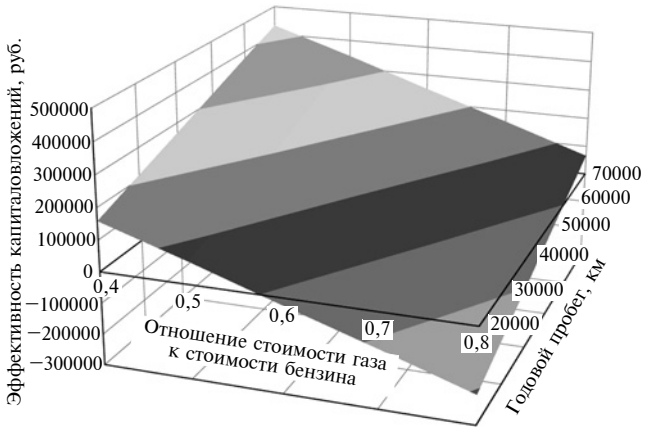

Рис. 3. Зависимость эффективности капиталовложений на один автобус ПАЗ-3205 при переводе парка на сжиженный углеводородный газ от годового пробега одного автобуса и соотношения стоимости газового топлива и бензина

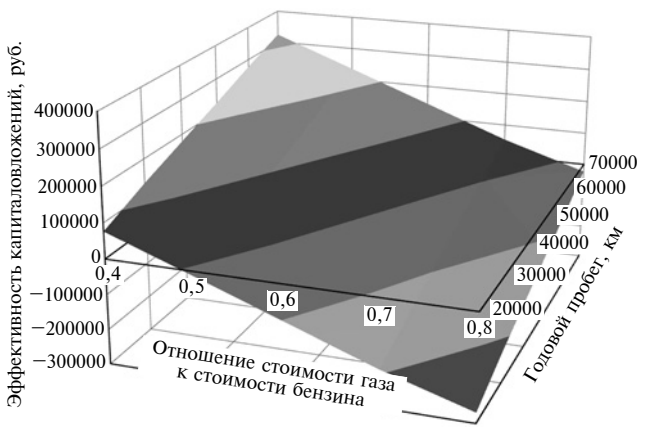

Рис. 4. Зависимость эффективности капиталовложений на один автобус ПАЗ-3205 при переводе парка на компримированный природный газ от годового пробега одного автобуса и соотношения стоимости газового топлива и бензина

лекса Оренбургской области. Результаты внедрения использованы при разработке программы перевода парка транспортных средств на газомоторные виды топлив. Целесообразность использования газомоторных топлив, выполненная в отношении каждой единицы технологического транспорта и специальной техники, позволила добиться годового экономического эффекта в размере 62 млн руб.

Разработанный программный продукт позволил произвести моделирование процесса эксплуатации газобаллонных автомобилей при использовании различных видов газомоторных топлив и топливных систем. По результатам моделирования построены многомерные области эксплуатационных факторов, определяющих значения эффективности капиталовложений, необходимых для перевода парка транспортных средств на газомоторные виды топлив.

В качестве примера ниже приведены трёхмерные зависимости эффективности капиталовложений, связанных с переводом на газомоторное топливо парка автобусов ПАЗ-3205 от таких эксплуатационных факторов, как средний годовой пробег одного автобуса и соотношение стоимости газового топлива и бензина. При моделировании принято, что на автобусы устанавливается газобаллонное оборудование отечественного производства; переоборудование осуществляется на базе специализированного сервисного предприятия; списочное число транспортных средств на предприятии — 150 единиц; коэффициент выпуска 0,8. На рис. 3 представлена зависимость эффективности капиталовложений от указанных эксплуатационных факторов при переоборудовании автобусов для работы на сжиженном углеводородном газе, на рис. 4 представлена аналогичная зависимость при переоборудовании автобусов для работы на компримированном природном газе.

Аналогичные результаты могут быть получены для любых моделей транспортных средств, различных видов топлив и топливных систем. Методика моделирования предполагает использование в качестве переменных различных эксплуатационных факторов, что позволяет исследовать их влияние на эффективность применения рассматриваемых видов топлив. Полученные в ходе моделирования результаты могут быть использованы при разработке федеральных и региональных программ перевода парка автотранспортных средств на газомоторное топливо. В частности, для определения технико-экономических показателей и оптимальных условий реализации данных программ.

Широкое применение результатов исследования — методической базы, программного продукта и полученных многомерных зависимостей позволит повысить эффективность топливно-энергетического обеспечения автотранспортного комплекса, что в свою очередь положительно скажется на эффективности работы всей транспортной отрасли страны.

Литература

1. "Требования пожарной безопасности для предприятий, эксплуатирующих автотранспортные средства на компримированном природном газе. РД 3112199-1069—98" (утв. Минтрансом РФ 21.05.1998).
2. "Руководство по организации и выполнению услуг и работ по переводу на газ сжиженный нефтяной автотранспортных средств, находящихся в эксплуатации. РД 03112194-1098—03" (утв. Минтрансом РФ 01.06.2003).
3. ТУ 152-12-007—99 "Автомобили. Переоборудование грузовых, легковых и специализированных автомобилей в газобаллонные для работы на компримированном природном газе. Приемка на переоборудование и выпуск после переоборудования. Испытания газотопливных систем".
4. ТУ 152-12-008—99 "Автомобили и автобусы. Переоборудование грузовых, легковых автомобилей и автобусов в газобаллонные для работы на сжиженных нефтяных газах. Приемка на переоборудование и выпуск после переоборудования. Испытания газотопливных систем".
5. Дрючин Д.А. Технико-экономический анализ применения газового топлива на автомобилях с дизельными двигателями [Электронный ресурс] / Дрючин Д.А., Фаттахова А.Ф. // Вестник Оренбургского государственного университета, 2014. — № 10 (171). — С. 60—65.
6. Экономика предприятий автомобильного транспорта [Текст]: учеб. пособие / Б.Ю. Сербиновский [и др.]. — Ростов-на-Дону: МарТ, 2006. — 496 с.

УДК 629.3.017

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С УЧЁТОМ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ

Кандидаты техн. наук **ХАСАНОВ Р.Х., ХАСАНОВ И.Х.**,
д-р техн. наук **РАССОХА В.И.**
Оренбургский ГУ (cabin2012@yandex.ru)

Приведены результаты анализа влияния технического состояния проводов на эксплуатацию легковых автомобилей. Предложена корректировка технического обслуживания легковых автомобилей с учётом технического состояния электрических проводов элементов электрооборудования, обеспечивающих дорожную безопасность и эксплуатационную надёжность.

Ключевые слова: *техническое обслуживание, электрооборудование, электрический провод, дорожная безопасность, эксплуатационная надёжность.*

Khasanov R.H., Khasanov I.H., Rassoha V.I.

OPERATION OF CARS TAKING INTO ACCOUNT THE TECHNICAL CONDITION OF ELECTRIC WIRES

The article presents the results of the analysis of influence of technical condition of wires to operate passenger cars. The proposed changes in the technical maintenance of passenger cars taking into account the technical condition of electric wires of electrical components, ensuring road safety and operational reliability.

Keywords: *maintenance, electrical equipment, electrical wire, road safety, operational reliability.*

Оснащённость электрическими системами современных легковых автомобилей во многом обусловлена стремлением повысить их конкурентоспособность за счёт улучшения эксплуатационных свойств, безопасности и комфорта. Многие отечественные и зарубежные специалисты в сфере конструирования, производства и эксплуатации автотранспортных средств характеризуют электрооборудование легкового автомобиля как совокупность устройств, вырабатывающих, передающих и потребляющих электроэнергию на автомобиле и представляющих собой сложный комплекс взаимосвязанных электротехнических и электронных систем, приборов и устройств, предназначенных для надёжного функционирования двигателя, систем освещения и световой сигнализации, тормозов, рулевого управления и др. Очевидно, что у более 30 % элементов легковых автомобилей работоспособность зависит от технического состояния компонентов электрооборудования.

Анализ данных по числу обращений владельцев легковых автомобилей из-за неисправностей и отказов в автосервисных предприятиях Оренбурга в период с 2011 по 2015 г. показал, что до 34 % неисправностей и отказов было связано с элементами электрооборудования, тогда как на двигатель их приходится 26 %, ходовую часть — 19, кузов — 12, а на остальные системы — 9 %.

Среди общего числа пожаров, происходящих в мире, до 10 % связано с возгораниями автомобилей в процессе их технического обслуживания, ремонта, эксплуатации или хранения; до 5 % ДТП заканчиваются возгоранием автомобилей. И в 40 % случаев эти пожары связаны с неисправным техническим состоянием элементов электрооборудования АТС. Усугубляется ситуация с пожарами на автомобильном транспорте тем, что повреждённые от воспламенения автомобили в целом или в какой-либо его части практически не подлежат восстановлению по экономическому или техническому критерию, а водители и пассажиры при несвоевременной эвакуации получают тяжелейшие увечья или погибают [1—3].

Данные официальной зарубежной и отечественной статистики по дорожно-транспортным происшествиям свидетельствуют, что доля ДТП по причине технической неисправности АТС колеблется в пределах 1,5...25 %. Такой разброс объясняется несовершенством процесса регистрации ДТП, при котором, как правило, не определяется текущее техническое состояние автомобиля.

Следует отметить, что среди всех элементов электрооборудования легковых автомобилей необоснованно мало внимания с теоретической и практической сторон уделяется электрическим проводам, обеспечивающим передачу энергии к потребителям и взаимосвязь основных элементов электрооборудования АТС. Кроме того, доля отказов электрических проводов в системах электрооборудования легковых автомобилей выражается следующими значениями: отказы проводов в электронных системах автоматического управления агрегатами автомобиля встречались в 1 % случаев; в системе пуска — в 2 %; во вспомогательном оборудовании и в информационно-диагностической системе — по 3 % для каждой; в системе зажигания — в 4 %; в системе электроснабжения — в 12 %; в системе освещения и сигнализации — в 24 % случаев. При этом суммарно на отказы электрических проводов в системах электрооборудования приходится 49 % случаев.

В процессе эксплуатации АТС электрические провода в зависимости от расположения элемента, к которому они подведены, должны обеспечивать надёжную работу при воздействии внешних (низких и высоких температур окружающей среды в зимний и летний периоды, в моторном отсеке и т.п.; агрессивной среды — влажность, солнечная радиация; вибрации и др.) и минимизировать или исключать воздействие внутренних факторов (токовой перегрузки, высокого переходного сопротивления и короткого замыкания).

Причинами неисправностей и отказов электрических проводов также могут быть: некачественное или неквалифицированное выполнение монтажных работ, обслуживания и ремонта элементов электрооборудования, а также отсутствие нормативно-технической документации, которые проявляются в недостаточно прочном ("слабом") соединении, некачественной укладке проводов в нишах кузова автомобиля и последующем повреждении изоляции при трении, увеличении нагрузки на электрооборудование автомобиля путём подключения дополнительного (нештатного) оборудования и др.

Основные признаки, указывающие на возникновение неисправности и отказы электропроводов: повышенная температура металлической жилы электропровода при прохождении электрического тока, появление "специфического" запаха при разрушении изоляции, изменение характеристик поверхности изоляции электропровода (изменение цвета, оплавление, появление трещин и т.д.), повышенная температура в местах соединения (контактов) электропровода, реагирование бортовых приборов на неудовлетворительные контактные соединения (мерцание световых приборов, срабатывание элементов электрозащиты), механическое повреждение (перетирание), возникновение новой электрической цепи, образовавшейся вследствие взаимодействия электропроводов между собой в жгуте, электрический пробой под действием окружающей среды (при попадании влаги на электрические соединения) и т.п.

Таким образом, существует задача по разработке и внедрению организационно-технических мероприятий, которые могли бы обеспечить безотказную работу или работу с минимальной вероятностью возникновения неисправностей и отказов в процессе эксплуатации легковых автомобилей.

Одно из возможных решений задачи состоит в своевременном и качественном выполнении диагностирования, технического обслуживания и, при необходимости, ремонта элементов электрооборудования, в частности электрических проводов легковых автомобилей. Своевременность технических воздействий для легковых автомобилей определяется рациональной периодичностью диагностирования и технического обслуживания элементов электрооборудования. Качество работ по диагностированию, техническому обслуживанию и ремонту можно обеспечить путём использования современного технологического оборудования и процессов, позволяющих снизить материальные и трудовые затраты на их выполнение.

Естественно, проводить разработку мероприятий профилактического и восстановительного характера для всей совокупности электрических проводов объективной необходимости нет. Поэтому на основании аналитического исследования и практической проработки обосновывается выбор электрических проводов конкретных элементов, что связано со степенью влияния неисправностей и отказов этих элементов на безопасность и надёжность АТС в эксплуатации.

В качестве примера рассмотрим для автомобиля "Лада Калина" в условиях Оренбурга техническое состояние электрических проводов фар ближнего света, обеспечивающих безопасную эксплуатацию автомобиля не только в тёмное время суток (когда происходит наибольшее количество ДТП со значительными повреждениями АТС и увечьями водителей и пассажиров), но и в светлое время суток (когда, например, цвет автомобиля может неблагоприятно повлиять на дорожную обстановку).

Система световой сигнализации и освещения АТС предназначена для освещения проезжей части для водителя, обеспечения информацией участников дорожного движения об осуществляемых манёврах и играет важную роль в обеспечении безопасности транспортного процесса. Несмотря на то, что приборы освещения, система световой сигнализации, имеют номинальные напряжения 12 В, эта система является вторым по мощности потребителем электроэнергии после стартера [4]. По числу обращений в автосервисные предприятия по причине неисправности электрических проводов система световой сигнализации и освещения АТС находится на первом месте.

В процессе эксплуатации происходит совокупное ухудшение эксплуатационных показателей надёжности с различной интенсивностью изменения их свойств и накопления остаточных повреждений, в том числе и у электрических проводов электрооборудования, вызванных старением элементов АТС [5]. Неисправности электрических проводов устраняются либо путём проведения планово-профилактических мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, либо требуют "снятия" автомобиля с эксплуатации и замены жгутов электропроводки новыми. Как правило, техническое обслуживание является плановым мероприятием и выполняется по наработке, а текущий ремонт в большинстве случаев выполняется по необходимости. При этом система планово-предупредительного обслуживания автомобилей не исключает проведения текущих ремонтов во время технического обслуживания при условии, что трудоёмкость ремонтных работ не превысит чётко регламентированных значений.

Одним из возможных решений предлагается разработанная система диагностирования, технического обслуживания и ремонта электрооборудования автомобиля с учётом технического состояния проводов. Эта система позволит путём использования научно-обоснованных мероприятий с незначительной корректировкой существующей, разработанной заводом-изготовителем, технологии диагностирования и обслуживания автомобиля обеспечить прогнозируемый (управляемый) ресурс электрических проводов, что исключит или снизит вероятность возникновения неисправностей и отказов из-за их технического состояния.

Для определения периодичности диагностирования и технического обслуживания электрических проводов фар ближнего света легковых автомобилей необходимо на основании данных об отказах и неисправностях этих проводов установить зависимость средней наработки до отказа, скорректировать периодичность технического обслуживания с учётом коэффициента рациональной периодичности, показателя работоспособности электропровода и регламентной периодичности технического обслуживания автомобиля, установленной заводом-изготовителем.

Изменение интенсивности числа отказов N электрических проводов фар ближнего света легковых автомобилей от наработки L происходит по экспоненциальному закону [6] (формула 1 в таблице).

В работе [7] предложено использование потенциала работоспособности при разработке мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту электрообо-

№	Формула	Примечания
1	$N(L) = je^{AL}$	j — параметр распределения; A — параметр формирующей функции, 1/тыс. км; L — наработка i-го электропровода АТС, тыс. км
2	$Пр(L) = Je^{-AL}$	—
3	$N(L) = 0{,}83e^{0{,}031L}$	—
4	$Пр(L) = e^{-0{,}028\ L}$	—

рудования автомобилей, который позволит не только определять текущее состояние электрических проводов, но и прогнозировать наиболее вероятную наработку до отказа этих электропроводов электрооборудования, используя предельное значение потенциала работоспособности. Определение потенциала работоспособности, как функции от наработки, осуществляется по формуле 2.

Результаты статистической обработки и расчётов показали, что математическую модель изменения числа отказов электрических проводов фар ближнего света легковых автомобилей от наработки можно представить в виде формулы 3. Графическое представление закономерности изменения числа отказов электрических проводов фар ближнего света легковых автомобилей от наработки представлено на рис. 1.

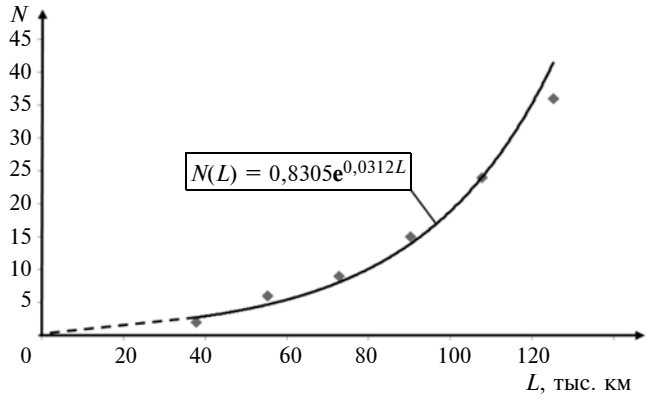

Рис. 1. Закономерность изменения числа отказов электропроводов фар ближнего света легковых автомобилей от наработки

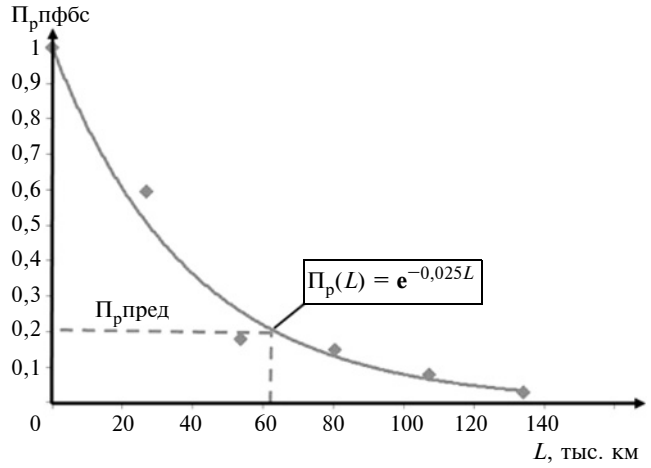

Рис. 2. Закономерность изменения потенциала работоспособности электропроводов фар ближнего света легковых автомобилей от наработки

Математическую модель изменения потенциала работоспособности проводов фар ближнего света легковых автомобилей от наработки можно представить в виде формулы 4. Графическое представление закономерности потенциала работоспособности электрических проводов фар ближнего света легковых автомобилей от наработки представлено на рис. 2.

При рассчитанных предельном значении потенциала работоспособности проводов фар ближнего света легковых автомобилей, равном 0,21, и периодичности принимается значение периодичности технического обслуживания, равное регламентному, установленному заводом-изготовителем — 60 тыс. км. При этом во время технического обслуживания автомобиля предлагается тщательный осмотр, проверка соединения и, при необходимости, очистка от загрязнений, продуктов окисления; восстановление соединений или замена проводов фар ближнего света легковых автомобилей.

Таким образом, разработка и внедрение предлагаемых организационно-технических мероприятий с использованием научно-обоснованного учёта технического состояния электрических проводов позволит обеспечить улучшение условий безопасной и безотказной эксплуатации легковых автомобилей.

Литература

1. Зайцев В.В. Противопожарные расстояния между автотранспортными средствами на открытых пространствах: дис. ... канд. техн. наук. — М., 2006. — 122 с.
2. Бондаренко Е.В. Обеспечение безопасности автотранспортных средств с учетом технического состояния элементов электрооборудования / Е.В. Бондаренко, Р.Х. Хасанов, Е.С. Сидорин, В.С. Голованов // Мир транспорта и технологических машин. — 2012. — № 2. — С. 100—107.
3. Гудков В.А. Безопасность транспортных средств (автомобили) / В.А. Гудков, Ю.А. Комаров, А.И. Рябчинский, В.Н. Федотов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2010. — 431 с.
4. Акимов С.В. Электрооборудование автомобилей / С.В. Акимов, Ю.П. Чижков. — М.: ЗАО "КЖИ "За Рулем", 2004. — 384 с.
5. Станчев Д.И. Теоретические основы ремонта автомобилей: учеб. пособие / Д.И. Станчев, В.И. Ключников. — Воронеж: РИО ГОУ ВПО "ВГЛТА", 2008. — 231 с.
6. РД 50-690—89. Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным. — Введ. 1991-01-01. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 136 с.
7. Сидорин Е.С. Совершенствование организации технического обслуживания элементов системы электрооборудования легковых автомобилей: дис. ... канд. техн. наук. — Оренбург, 2015. — 148 с.

УДК 629.3.018.2

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛООБМЕННИКОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Кандидаты техн. наук **ПОСЛАВСКИЙ А.П., СОРОКИН В.В., ХЛУДЕНЁВ А.В.,** д-р техн. наук **ПЕВНЕВ Н.Г.**
Оренбургский ГУ, СИБАДИ (aposlavsky@mail.ru)

Приводится анализ существующих методов и средств оценки функциональных показателей теплообменников. Разработан специализированный стенд с аппаратно-программным комплексом для определения функциональных показателей теплообменников. Материалы статьи могут быть полезными для автостроительных предприятий и научно-исследовательских центров, специализирующихся на проектировании и испытаниях теплообменной аппаратуры.

Ключевые слова: *теплообменник, измерение, теплопередача, стенд, испытание.*

Poslavskiy A.P., Sorokin V.V., Hludenev A.V., Pevnev N.G.

INFORMATION-MEASURING SYSTEM FOR DETERMINING THE FUNCTIONAL PARAMETERS OF HEAT EXCHANGERS VEHICLES

The paper focuses on the analysis of existing methods and tools to assess functional parameters of the heat exchangers. Developed by a specialized stand with hardware-software complex for determination of the functional parameters of heat exchangers. The article may be useful for automotive enterprises and research centers specializing in the design and testing of heat transfer equipment.

Keywords: *heat exchanger, measurement, heat transfer, test bench, test.*

Работа автотранспортных средств, оснащённых двигателями внутреннего сгорания, не представляется возможной без теплообменников, выполняющих функции регуляторов и стабилизаторов установленного теплового режима силовых и других агрегатов. К ним необходимо отнести теплообменники систем охлаждения, кондиционирования и др. Устойчивая тенденция к увеличению удельных мощностей силовых агрегатов требует адекватного увеличения рассеивающей способности теплообменников при наложении ряда ограничений по массе, габаритным размерам и стоимости. При этом обеспечение теплоотдачи за счёт повышения коэффициента объёмной компактности $\varphi = F_{охл}/V_{охл}$ приводит в эксплуатации к увеличению потерь мощности на прокачку теплоносителей и более быстрому загрязнению рабочих поверхностей теплообменников.

При выборе типа решётки и конструктивного исполнения рабочих поверхностей теплообмена приходится учитывать множество факторов, влияющих на работу теплообменника и АТС в конкретных условиях эксплуатации. Большинство транспортных средств комплектуются теплообменниками с решётками трубчато-ленточного типа. Данный тип поверхности характеризуется высоким коэффициентом теплопередачи k, по сравнению с другими типами поверхности, что ведёт к уменьшению габаритов теплообменников, а следовательно, и к уменьшению их себестоимости. Однако надёжность данного типа поверхности в определённых условиях эксплуатации (аграрный сектор, дорожное строительство, карьерные работы и др.) существенно ограничивается под влиянием эксплуатационных загрязнений, накапливающихся на рабочих поверхностях и снижающих эффективность теплоотдачи. Теплообменники трубчато-пластинчатого типа применяются в основном на АТС, работающих в тяжёлых эксплуатационных условиях. Они характеризуются высокой надёжностью, низкой стоимостью изготовления, но сравнительно невысоким коэффициентом теплоотдачи, что приводит к увеличению габаритов и массы не только самих теплообменников, но и всего транспортного средства.

Теплоотдача, как главная интегральная характеристика теплообменника, в процессе эксплуатации снижается. Причём интенсивность снижения у вышеперечисленных типов охлаждающих поверхностей при одних и тех же условиях эксплуатации различна. При накоплении на рабочих поверхностях охлаждения "критических" загрязнений потенциал работоспособности радиатора, заложенный в виде резерва теплоотдачи (10—25 %), исчерпывается. Это приводит к перегреву двигателя со всеми вытекающими негативными последствиями: потеря мощности, увеличение расхода топлива (в среднем на 5—6 %), возникновение детонации, повышение угара масла, повышенный износ кинематических пар, нарушение структуры конструкционных материалов, появление трещин термической усталости, преждевременное старение уплотнительных деталей и др. [1].

Зависимость снижения резерва теплоотдачи теплообменников с различными типами охлаждающих поверхностей в процессе эксплуатации может быть представлена, к примеру, семейством характеристических кривых, показанных на рис. 1.

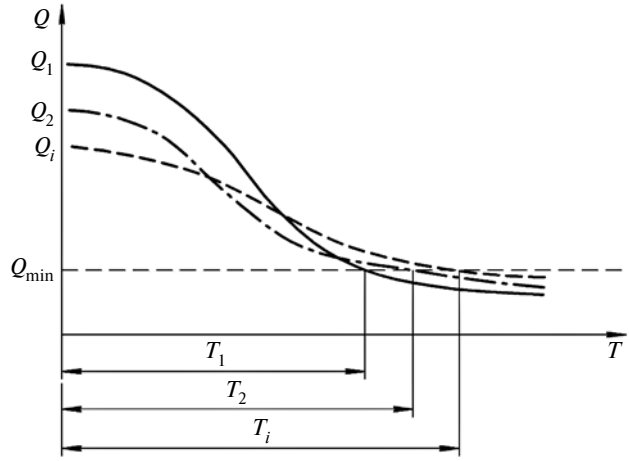

Рис. 1. Условный характер снижения теплоотдачи различных типов поверхностей охлаждения в эксплуатации:

Q_{min} — минимально допустимая теплоотдача радиатора; $Q_{1, 2, ..., i}$ — теплоотдача соответствующего типа поверхности; $T_{1, 2, ..., i}$ — период (наработка) работоспособного состояния теплообменников

С другой стороны, исследованиями установлено [2], что значительная часть автомобилей в течение 90 % времени работают в условиях переохлаждения. Это приводит к неэффективному расходу топлива и свидетельствует об избыточной рассеивающей способности системы охлаждения, заложенной на этапе проектирования. То есть, с одной стороны, резервирование теплоотдачи увеличивает интервал безотказной работы теплообменников, а с другой — чрезмерное завышение этого показателя также приводит к издержкам в виде дополнительных затрат на эксплуатационные материалы, времени на прогрев ДВС и др.

В связи с этим на этапе проектирования теплообменной аппаратуры требует решения задача минимизации величины резервирования теплоотдачи, при максимизации периода работоспособного состояния теплообменника для соответствующих условий эксплуатации. На рисунке такой вариант соответствует теплообменнику с параметрами Q_i, T_i.

Механизм образования эксплуатационных слоёв загрязнений на поверхностях охлаждения (нагрева) обусловлен появлением сил притяжения, вызванных или наличием ненасыщенных полей поверхностных атомов твёрдых тел, или адгезией [1, 3]. В некоторых случаях возможно застревание крупногабаритных частиц в каналах решёток теплообменников. В итоге, независимо от механизма формирования, слой загрязнения, являясь дополнительным термическим сопротивлением, снижает теплоотдачу теплообменника.

При рассмотрении рабочего процесса в загрязненном теплообменнике следует исходить из того, что к снижению теплоотдачи на поверхности охлаждения приводят следующие причины. Во-первых, высокое термическое сопротивление отложений. Во-вторых, снижение скорости теплоносителя, а иногда даже прекращение его поступления в те или иные каналы из-за их полной закупорки (чаще всего на начальном участке). В-третьих, изменение характера течения потока по каналам поверхности охлаждения из-за местных (локальных) отложений загрязнителя.

Перечисленные причины чаще всего проявляются в совокупности, обусловливая интегральный отрицательный эффект. Локальные значения термического сопротивления слоя загрязнений R_τ можно определить по найденному через заданный промежуток времени τ коэффициенту теплопередачи [1, 4] (формула 1 в табл. 1). Если теплообменник изначально был чистым, то термическое сопротивление после наработки в течение времени τ соответствует формуле 2, где $R_{\tau\ max}$ — максимальное термическое сопротивление, к которому со временем стремятся асимптотически приблизиться кривые загрязнения (при максимально возможной толщине отложения), а B — определяемая экспериментально константа. Для нахождения коэффициентов теплопередачи k_0 и k_τ требуются калориметрические измерения величины теплоотдачи Q_τ. Аналитически она может быть выражена формулой 3 с учётом формулы 4, однако определить величины, входящие в них, достаточно сложно.

На некоторых предприятиях по производству теплообменников имеются специализированные стенды для испытания выпускаемой или осваиваемой продукции. На них определяются характеристики теплообменников в полном масштабе и в диапазонах натуральных массовых расходов теплоносителей. В связи с этим значение величин теплоотдачи может достигать десятков и сотен киловатт, что ограничивает их применение из экономических соображений в специальных исследовательских целях.

Для решения задач исследовательского характера, направленных на изучение характеристик теплообменников с различными типами поверхностей теплообмена, а также влияния на их выходные характеристики эксплуатационных факторов, необходима иная методология определения функциональных показателей, которая должна отвечать следующим основным требованиям: энергоэкономичность; высокая точность измерения параметров тепломассообменного процесса; быстродействие; компактность; универсальность и приспосабливаемость к различным типам конструкций теплообменников;

Таблица 1

№	Формула	Примечания
1	$R_\tau = 1/k_\tau - 1/k_0$, $\frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$	k_τ и k_0 — коэффициенты теплопередачи соответственно чистой и загрязнённой поверхностей охлаждения, $\frac{Вт}{м^2 \cdot °C}$
2	$R_\tau = (R_{\tau max} - R_0)(1 - e^{-B\tau}) + R_0$	$R_{\tau\ max}$ — максимальное термическое сопротивление; R_0 — первоначальное значение теплового сопротивления; B — константа, определяемая экспериментально
3	$Q_\tau = k_\tau F \Delta t$	—
4	$k_\tau = \alpha_W + \frac{\lambda}{\delta} + \alpha_L$	F — фронтальная площадь теплообменника, м^2; Δt — перепад температур теплоносителей, °C; α_W, α_L — коэффициенты теплоотдачи от жидкости к стенке и от стенки к воздуху, $\frac{Вт}{м^2 \cdot °C}$; λ — теплопроводность стенки, $\frac{Вт}{м^2 \cdot °C}$; δ — толщина стенки, м^2
5	$Q_E = Q_W + Q_{LOS}$	Q_{LOS} — мощность потерь в водяном контуре, кВт

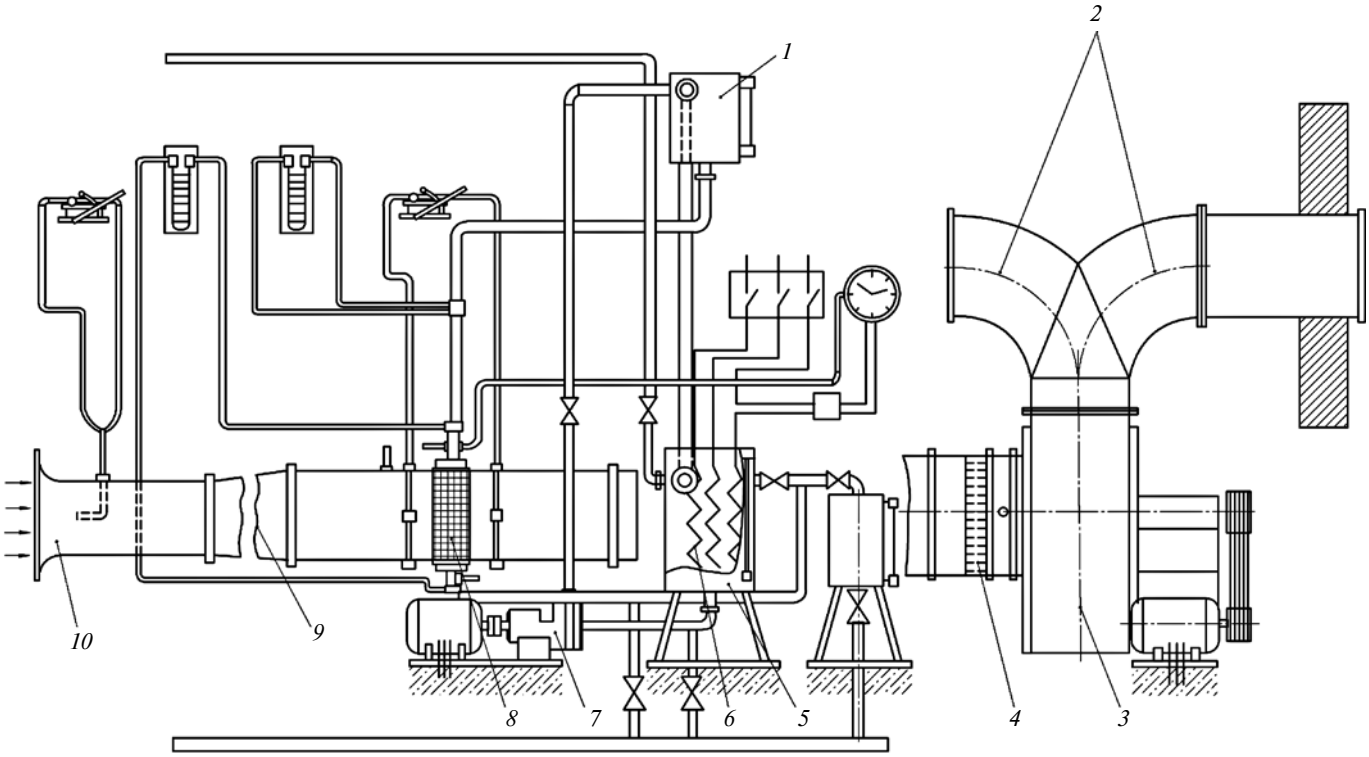

Рис. 2. Схема специализированного стенда:
1 — напорный бак; *2* — воздуховоды системы термостабилизации; *3* — вентилятор; *4* — выпрямительная решётка; *5* — нагревательный бак; *6* — нагреватель; *7* — насос циркуляционный; *8* — радиатор; *9* — диффузор; *10* — всасывающий коллектор

Большинству из перечисленных требований соответствует разработанный в Оренбургском государственном университете стенд определения теплотехнических параметров теплообменной аппаратуры, принципиальная схема которого представлена на рис. 2. В основу его положен принцип косвенного измерения теплового потока, рассеиваемого теплообменником Q_L при принятых условиях течения охлаждаемого воздуха через мощность, потребляемую электродным парогенератором, включенным в гидравлический контур, с параметрами, соответствующими условиям движения жидкого теплоносителя [5, 6]. Регистрация результата измерения производится при достижении состояния теплового баланса в моделируемом квазистационарном режиме [7, 8]. При этом потребляемая от электрической сети мощность Q_E в квазистационарном режиме полностью рассеивается в виде теплового потока (формула 5). При этом в состоянии теплового баланса $Q_W = Q_L$.

Таблица 2

Параметр	Значение
Габаритные размеры, мм	2000 × 880 × 1900
Напряжение питания электроустановок, В	220/380
Общая установленная мощность, кВт	52 (max)
Теплоноситель гидравлического контура	Вода техническая
Максимальное расчётное давление теплоносителя в контуре, МПа	0,12
Мощность парогенератора, кВт	36,0 max
Мощность вентилятора, кВт	0,350
Установленная мощность водяного насоса, кВт	2,2
Размеры испытуемого модуля, мм	250 × 250
Время выхода на режим испытаний, ч	0,75 max

Для снижения энергопотребления, исследования различных вариантов конструкций охлаждающих поверхностей сравнительные испытания проводятся на модулях. Наиболее точные результаты при исследовании рабочих характеристик теплообменников и закономерностей их изменения на этапе эксплуатации, несомненно, могут быть получены при испытаниях серийных образцов в аэродинамических трубах в формате соответствующего сечения. Тем не менее при использовании методов геометрического и физического подобия можно с достаточной практической точностью производить сравнительные оценки выходных характеристик теплообменников и на модельных образцах. Технические характеристики стенда приведены в табл. 2.

Для автоматической регистрации и обработки параметров рабочего процесса стенд оснащён программно-аппаратным комплексом. Стенд позволяет регистрировать и определять следующие параметры рабочего процесса теплообменников: теплоотдачу с выводом в табличные данные и построением графика зависимости $Q = f(V_L)$ в логарифмических координатах, кВт;

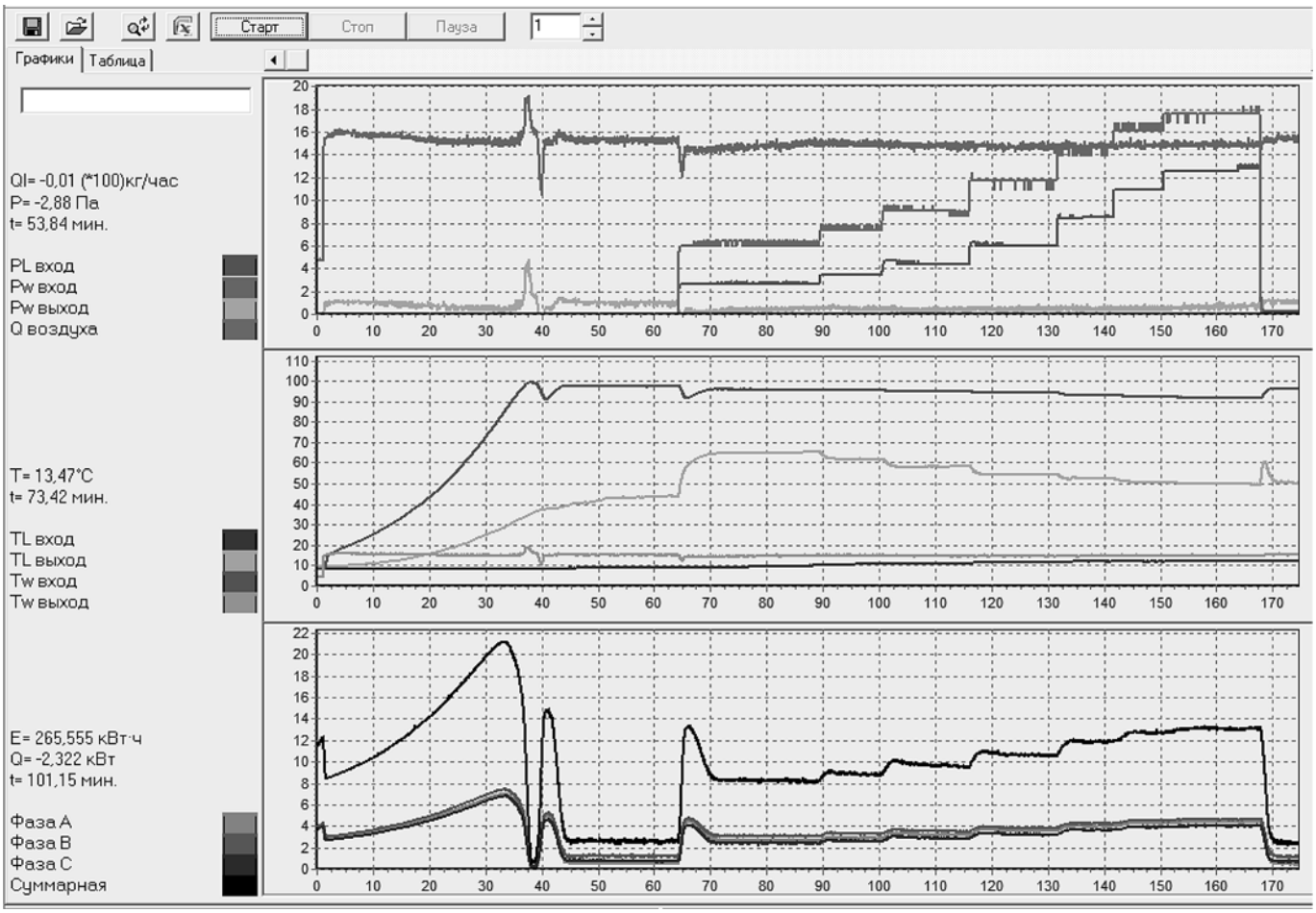

Рис. 3. Интерфейс программы с представлением результатов в графическом виде

энергию, затрачиваемую в процессе испытаний, кВт · ч; коэффициент теплопередачи, Вт/(м^2 · °С); температуру воды, воздуха на входе-выходе, °С; температурный напор (среднелогарифмический), °С; скорость воздушного потока, м/с; массовый расход воздуха, кг/с; аэродинамическое сопротивление, Па. На рис. 3 представлен скриншот интерфейса программы с представлением результатов в графическом виде.

Таким образом, разработанный метод и диагностический стенд позволяют: определять текущее значение наиболее важной характеристики — теплоотдачи, характеризующей степень работоспособности теплопередающих поверхностей; прогнозировать и определять остаточный ресурс теплообменников в конкретных условиях эксплуатации, что, в свою очередь, даёт возможность построения научно обоснованной стратегии поддержания их работоспособности; определить действительную потребность и содержание работ при выполнении операций очистки поверхностей теплообмена, тем самым существенно снизить затраты на техническое обслуживание и ремонт.

Результаты работы могут быть использованы при проектировании теплообменной аппаратуры для оценки эффективности принятых технических решений, в производстве для контроля и оценки качества выпускаемой продукции, в эксплуатации для диагностирования состояния теплопередающих поверхностей и контроля результативности выполнения операций технического обслуживания и ремонта теплообменников.

Литература

1. Бурков В.В. Автотракторные радиаторы: монография / В.В. Бурков, А.И. Индейкин. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978. — 216 с.
2. Ховах М.С. Автомобильные двигатели: учебник / М.С. Ховах, Г.С. Маслов. — М.: Машиностроение, 1977. — 591 с.
3. Бурков В.В. Эксплуатация автомобильных радиаторов. — М.: Транспорт, 1975. — 80 с.
4. Михеев М.А. Основы теплопередачи: учебник / М.А. Михеев, И.М. Михеева. — М.: Энергия, 1973. — 320 с.
5. Патент № 2352925 РФ. МПК G 01 N 25/18. Устройство для измерения теплового потока / Пославский А.П., Сорокин В.В., Хлуденев А.В.: Заявлено 08.11.2007. Опубл. 20.04.2009. Бюл. № 11.
6. Пат. 2395756 Российская Федерация, МПК G 01 N 25/18. Устройство для измерения теплоэффективности теплообменников / Пославский А.П., Апсин В.П., Хлуденев А.В., Зацепин П.П., Сорокин В.В.; заявитель и патентообладатель Оренбургский гос. ун-т.; опубл. 27.07.2010. Бюл. № 21.
7. Аверкиев Л.А. Сервисно-диагностический комплекс для автотракторных теплообменников / Л.А. Аверкиев, А.П. Пославский, В.С. Мануйлов // Тракторы и сельскохозмашины, 2007. № 10. — С. 41—42.
8. Ковриков И.Т. Диагностирование эксплуатационных характеристик теплообменников транспортной техники / И.Т. Ковриков, А.П. Пославский, В.Ю. Соколов // Вестник Оренбургского государственного университета, 2009. — 13 (103) — С. 134—138.

УДК 656.078

ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ И СИСТЕМАТИЗАЦИИ КАТЕГОРИАЛЬНО-ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА В СФЕРЕ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Кандидаты техн. наук **АНДРИАНОВ Ю.В., КОМАРОВ В.В.**
НИИАТ (495.496-60-10)

В статье предлагается подход к формированию и систематизации категориально-понятийного аппарата в сфере запасных частей транспортных средств, позволяющий на объективной основе урегулировать разногласия при оценке недостатков восстановительного ремонта транспортного средства.

Ключевые слова: *запасные части, классификационные признаки, транспортное средство, страховое возмещение, восстановительный ремонт, изготовитель.*

Andrianov Yu.V., Komarov V.V.

THE APPROACH TO FORMATION AND SYSTEMATIZATION OF CATEGORICAL CONCEPTUAL FRAMEWORK IN THE SPHERE OF SPARE PARTS FOR VEHICLES

In article the approach to formation and systematization of a categorical conceptual framework in the sphere of spare parts for vehicles, allowing to settle on an objective basis issues at assessment of shortcomings of recovery repair of vehicle is proposed.

Keywords: *spare parts, classification criteria, a vehicle, insurance indemnity, recovery repair, manufacturer.*

Для адаптации в институциональной среде ОСАГО системы ремонта транспортных средств, обусловленной переходом от страхового возмещения причинененного транспортному средству потерпевшего вреда в форме страховой выплаты к возмещению в натуре [1], потребуется методический инструментарий, регламентирующий принципы, критерии и методы оценки недостатков восстановительного ремонта транспортного средства потерпевшего [2], проведённого на станции технического обслуживания, и позволяющий разрешить на объективной основе разногласия по этому вопросу между потерпевшим и страховщиком относительно исполнения последним своих обязательств по договору обязательного страхования.

Характеристики запасных частей — основной фактор, определяющий качество ремонта транспортных средства, так как затраты на них составляют в среднем более 50 % себестоимости ремонта. Под качеством ремонта и качеством запасных частей понимается степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта (запасная часть или отремонтированное транспортное средство) требованиям [3].

Стандартизованный понятийный аппарат, классификация и критерии качества запасных частей транспортных средств позволят разрешать на объективной основе разногласия между потерпевшим и страховщиком. Предлагаемый подход к формированию и систематизации категориально-понятийного аппарата в сфере запасных частей транспортных средств учитывает действующее законодательство Российской Федерации, международное законодательство, накопленный научный потенциал и практический опыт в рассматриваемой сфере. Содержание новых понятий раскрывается с помощью определений, которые выявляют существенные признаки объектов, отражаемых в данном понятии.

Компоненты транспортного средства, являющиеся составными частями его конструкции, поставляются на сборочное производство транспортных средств и (или) используются в качестве запасных частей для транспортных средств, находящихся в эксплуатации, при проведении ремонта транспортных средств для замены идентичных поврежденных компонентов. Техническим регламентом Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств" [4] введён в правовой оборот термин "оригинальные компоненты", которыми являются компоненты, поставляемые на сборочное производство транспортных средств. Данным техническим регламентом предусмотрено, что изготовитель транспортного средства либо официальный представитель изготовителя, отвечающий определённым требованиям указанного технического регламента, имеет право на получение сертификата соответствия на оригинальные и поставляемые официальными поставщиками изготовителя транспортного средства компоненты на основании положительных результатов одобрения типа транспортного средства. На компоненты, поставляемые в качестве запасных частей для послепродажного обслуживания транспортных средств, может быть оформлен сертификат соответствия на основании результатов одобрения типа транспортного средства при следующих двух условиях. Во-первых, компоненты, поставляемые на сборочное производство транспортных средств, и компоненты, поставляемые для их послепродажного обслуживания, должны быть идентичны. Во-вторых, должно быть представлено письмо изготовителя транспортного средства, подтверждающее, что изготовитель компонентов, поставляемых в качестве запасных частей, является поставщиком комплектующих для транспортных средств, либо декларация изготовителя компонентов или его официального дилера о поставке их на сборочные производства транспортного средства, на которое выдано одобрение типа транспортного средства, либо иные доказательственные материалы, удостоверяющие, что компоненты, поставляемые в качестве запасных частей, идентичны компонентам, которые поставляются или поставлялись для сборки соответствующих транспортных средств.

Оценка соответствия типов компонентов транспортных средств перед их выпуском в обращение проводится в форме обязательного подтверждения соответствия. Целью его является удостоверение в том, что все серийно выпускаемые компоненты, относящиеся к типу, заявленному для подтверждения соответствия, соответствуют требованиям, предусмотренным техническим регламентом [4]. Подтверждение соответствия осуществляется в формах декларирования соответствия или обязательной сертификации. Требования, предъявляемые к компонентам, являющимся запасными частями к транспортным средствам, производство которых прекращено, сохраняются на уровне, действовавшем на момент окончания производства таких

транспортных средств. В отношении компонентов, бывших в употреблении, и восстановленных компонентов, за исключением шин с восстановленным протектором, подтверждение соответствия не проводится.

Отдельные классификационные наименования и признаки запасных частей упоминаются в Положении о единой методике определения размера расходов на восстановительный ремонт в отношении поврежденного транспортного средства [5]. Данной методикой предусмотрено, что справочники в отношении запасных частей формируются, в частности, исходя из сформулированных в ней принципов.

В соответствии с первым принципом исходной информацией о перечне (составе) запасных частей (деталей, узлов, агрегатов) должен служить каталог запасных частей изготовителя транспортного средства по каждой модели. В исследовании учитываются только данные по новым сертифицированным запасным частям. При этом в выборку цен не включаются цены на неоригинальные запасные части (не имеющие упаковки, торгового обозначения производителя транспортного средства либо установленного им идентификационного номера), превышающие цены на соответствующие оригинальные запасные части (имеющие упаковку, торговое обозначение производителя и установленный им идентификационный номер), и цены на неоригинальные запасные части заведомо низкого качества, т. е. запасные части, цена которых составляет менее 30 процентов минимальной цены оригинальной запасной части.

Согласно второму принципу для решения проблем поиска оригинальных и неоригинальных номеров запасных частей различных производителей запасных частей по оригинальным номерам изготовителей транспортных средств и регулярного изменения оригинальных номеров запасных частей, поставляемых на рынок, чтобы номеру каждой детали из расчётной программы соответствовал номер аналога, поставляемого на рынок с известной справочной ценой, проводится установление номеров взаимозаменяемых деталей разных производителей (кроссинг). Источником для установления взаимозаменяемости номеров служит база запасных частей "TecDoc", которая признана специалистами и автовладельцами основным достоверным источником информации на рынке автомобильных запасных частей.

Запасные части, используемые при ремонте транспортного средства по критериям качества (технический уровень и цена) разделяются на следующие две категории: *оригинальные* запасные части и *неоригинальные* запасные части. По степени износа и техническому состоянию запасные части делятся на новые запасные части, *восстановленные* запасные части, запасные части, *бывшие в употреблении*, имеющие остаточный ресурс и пригодные для дальнейшего их использования (без восстановления), полностью *изношенные* и не пригодные для использования запасные части.

Оригинальные запасные части — это компоненты, производимые либо самим изготовителем транспортного средства, либо сторонними производителями по заказу изготовителя транспортного средства в соответствии с его требованиями, техническим заданием, нормативно-техническими документами, спецификациями, производственными стандартами и техническими условиями. Указанные компоненты проходят строгий контроль качества, сертифицируются изготовителем транспортных средств и выпускаются только под его торговой маркой. К производителям оригинальных запасных частей изготовителями транспортных средств предъявляются жёсткие требования, к которым в первую очередь относятся: обязательная сертификация выпускаемой продукции, наличие системы качества в соответствии со стандартами ISO 9001/9002 и проведение аудита производства запасных частей изготовителем транспортных средств. Изготовитель транспортных средств имеет право продавать запасные части, купленные у их производителя, через своих дистрибьюторов с размещением своей торговой марки или логотипа на этих компонентах. Производитель данной категории запасных частей также может размещать свою торговую марку или логотип на этих деталях и на любом сопроводительном документе.

Оригинальные компоненты используются для заводской комплектации и реализуются изготовителями транспортных средств через свои торгово-сервисные (дистрибьюторские) сети дилерам в качестве запасных частей для фирменного технического обслуживания и ремонта транспортных средств. Изготовитель транспортных средств обязывает своих дилеров применять оригинальные запасные части для гарантийного ремонта, технического обслуживания и проведения работ при отзыве транспортных средств, а своим дистрибьюторам предоставляет право их продавать. Изготовители транспортных средств несут гарантийные обязательства в отношении оригинальных запасных частей при условии установки или покупки их у дилера.

В законодательстве РФ отсутствует определение понятия "оригинальные запасные части". На основе анализа литературных источников и практики поставки запасных частей для фирменного технического обслуживания транспортных средств установлены следующие основные признаки оригинальных запасных частей, характерные для большинства изготовителей транспортных средств.

Во-первых, это обязательное наличие упаковки, которая характеризуется вполне определённым образом. Так, упаковка выполняется из плотного (многослойного) качественного картона, пластика или другого аналогичного материала обычно в виде коробки, но запасная часть может быть упакована и в полиэтилен, который должен иметь высокую однородную плотность материала, хорошо и аккуратно запаянные швы. Упаковка характеризуется хорошим качеством полиграфии, имеет стандартную расцветку обычно с фоновой заливкой, все особенности и изменения которой указаны на официальном сайте изготовителя транспортного средства. Все надписи на упаковке сделаны без грамматических ошибок и могут быть уточнены на официальном сайте изготовителя транспортного средства. Для обеспечения длительной сохранности запасная часть в упаковке имеет дополнительную защиту, в качестве которой обычно используется сухая консервация (например, обработка запасной части

тальком, фирменный ингибиторный пакет со стикером и т.д.).

Во-вторых, обязательны размещенные на упаковке идентификационные данные на упаковке: название и торговое обозначение (логотип) изготовителя транспортного средства, которые могут иметь особенности визуального оформления (уточняются на официальном сайте изготовителя транспортного средства, который обычно указывается рядом с названием или логотипом); установленный изготовителем транспортного средства идентификационный номер (оригинальный код) запасной части; дата производства запасной части; страна производства запасной части; штрих-код; стикеры с кодом для проверки подлинности через систему бренд — контроля DAT, голограммы и т.д.; информация о запасной части, изготовителе транспортного средства (дистрибьюторе), с графическими символами стандартов, с пиктограммами по транспортировке и хранению продукции.

В-третьих, на упаковке предусмотрена идентификационная многофункциональная наклейка, выполняющая информационную, логистическую и защитную функции (наклеивается на клапан и боковую сторону коробки или полиэтиленовой упаковки, разрушается при вскрытии упаковки). На наклейке указаны: наименование запасной части, номенклатурный номер, дата изготовления, количество в упаковке; наименование и реквизиты изготовителя транспортного средства (телефон, адрес, официальный сайт); логотип изготовителя транспортного средства со ссылкой на официальный сайт; графические символы: знаки стандартов, пиктограммы по транспортировке, складированию и хранению продукции; случайный многозначный номер, защищённый скретч-слоем, для проверки оригинальности запасной части через систему бренд-контроля DAT; матричный (двухмерный) штрихкод QR для доступа к сайту (распознавание сканирующим оборудованием), также предоставляющий возможность проверки подлинности упакованной запасной части.

В-четвёртых, упаковка должна быть непременно заклеена фирменным скотчем.

В-пятых, на самой запасной части должны быть указана следующая информация, совпадающая с аналогичными данными на упаковке: выдавленное в металле, написанное рельефными буквами или нанесённое краской наименование изготовителя транспортного средства; чёткое клеймо (логотип), соответствующее фирменному знаку изготовителя транспортного средства; установленный изготовителем транспортного средства идентификационный номер (оригинальный код) запасной части; код для проверки подлинности через систему бренд-контроля DAT; гравировка даты и страны производства.

В-шестых, запасная часть должна иметь аккуратный внешний вид, не иметь подтеков, заусенцев, неплотных прилеганий, следов коррозии и повреждений; резьбовые соединения должны плотно прилегать, откручиваться равномерно, но туго, и резьба в соединениях должна быть светлой, блестящей и чёткой; места спайки и сварочные соединения должны иметь следы термической обработки, подтверждающие отсутствие подмены сварки (пайки) клеевыми соединениями.

В седьмых, в упаковке должны присутствовать вкладыши с дополнительной конструкторско-эксплуатационной информацией о запасной части.

Кроме того, запасная часть должна быть указана в официальном каталоге выпускаемой продукции изготовителя транспортного средства с указанием каталожного номера и комплектности.

Основными показателями качества оригинальных запасных частей являются высокая безотказность и долговечность, соответствие установленным стандартам и нормам, малая вероятность заводского брака, наличие официальной гарантии производителя, полное соответствие с учётом идентификационного номера по конструктивным и геометрическим характеристикам, практически полная обеспеченность эксплуатации транспортных средств по всей конструктивной и товарной номенклатуре. Оригинальные запасные части отличаются высокой ценой, в которой основную долю составляют стоимость бренда изготовителя транспортных средств, затраты на проверку качества, а также потенциальные затраты на фирменное послепродажное, гарантийное и послегарантийное обслуживание. Также для них характерна большая длительность поставки, так как из-за их высокой стоимости хранение большой номенклатуры оригинальных запасных частей на складах дилеров становится экономически невыгодным.

Неоригинальные запасные части — это компоненты транспортного средства, которые являются дубликатами оригинальных запасных частей и изготавливаются компаниями, занимающимися специализированным производством запасных частей конкретной номенклатуры. Их продукция включает оригинальные запасные части и аналоги оригинальных запасных частей. Неоригинальные запасные части условно можно разделить на следующие группы.

Производитель оригинальных запасных частей, поставляемых на сборочный конвейер изготовителя транспортных средств, может по соглашению с ним также свободно реализовать указанную продукцию через свои дистрибьюторские сети, через магазины запасных частей и неавторизированные сервисы для технического обслуживания и ремонта транспортных средств (так называемый последующий или вторичный рынок — *aftermarket*). Таким образом, *первая группа* неоригинальных запасных частей включает оригинальные запасные части, поставляемые не на сборочный конвейер автозавода и дилерам, а в свободную продажу. При этом указанные запасные части в основном упакованы в собственную упаковку их производителя и только со своей маркировкой. В отдельных случаях по соглашению с изготовителем транспортных средств неоригинальная запасная часть данной группы может иметь две маркировки: производителя запасной части и изготовителя транспортных средств, которому она поставляется как оригинальная продукция.

Цены на указанные запасные части первой группы обычно ниже, чем цены на идентичные "конвейерные" компоненты, поэтому принято считать, что эта категория неоригинальных запасных частей несколько ни-

же по качеству идентичных оригинальных запасных частей, которые поставляются на конвейер и реализуются в упаковке изготовителя транспортных средств. При этом нельзя исключить также то, что "конвейерная" продукция проходит двойной контроль качества (производителя оригинальных запасных частей и изготовителя транспортных средств), а оригинальные запасные части, входящие в первую неоригинальную группу, подвергаются контролю только со стороны их производителя.

Неоригинальные запасные части *второй группы* изготавливаются их производителями в соответствии с собственными производственными стандартами и техническими условиями без гарантии соответствия техническим требованиям изготовителей транспортных средств. Данные запасные части могут иметь отдельные непринципиальные отличия от оригинальных запасных частей, но должны полностью обеспечить конструктивную возможность замены поврежденных компонентов. Контроль качества, сертификация и маркировка неоригинальных запасных частей второй группы осуществляется их производителями. Указанные запасные части реализуются их производителями самостоятельно (без поставок изготовителю транспортных средств) через свои дистрибьюторские сети, через независимых оптовиков, через магазины запасных частей и неавторизированные сервисы. При этом на компонентах и (или) на упаковке указывается торговая марка или логотип их производителя, маркировка и идентификационный номер.

Новая терминология, введённая Регламентами Комиссии Европейского Союза 1400/2002 от 31.07.2002 г. и 461/2010 от 27 мая 2010 г. [6], конкретизировала подразделение запасных частей, разделив их на запасные части с подтверждённым качеством и запасные части, не имеющие такого документального подтверждения. Предприятия, изготавливающие запасные части соответствующего (равноценного) качества, должны подтверждать, что указанные запасные части соответствуют по качеству компонентов, которые используются или использовались для сборки соответствующих транспортных средств. В то же время допускается, что указанные запасные части могут в отношении второстепенных параметров не соответствовать техническим условиям и производственным стандартам, предоставляемым изготовителями транспортных средств. Такие запасные части не должны ухудшать безопасность транспортного средства относительно его состояния на момент выпуска в обращение. Таким образом, "запасные части соответствующего (равноценного) качества" по указанным признакам могут быть отнесены ко второй группе неоригинальных запасных частей.

В последние годы активно расширяется *третья группа* неоригинальных запасных частей, поставщиками которых являются "монобренды". В этом случае практически вся номенклатура запасных частей только для транспортных средств одного семейства (марки) производится одним специализированным производителем (монобрендом), который обычно создаётся под эгидой изготовителя транспортных средств данного семейства (марки) с разрешением использовать его товарный знак (бренд) и выполнением других определённых условий, в которые не входит обязательность поставки данных запасных частей на сборочный конвейер. Такие запасные части продаются в хорошо узнаваемой фирменной упаковке бренда с указанием страны бренда.

Большой объём продаж на рынке составляют запасные части *четвёртой группы* малоизвестных и неизвестных производителей (*"по name"*). Большинство таких компонентов производится в странах с дешёвой рабочей силой и в небольших мастерских. При их изготовлении в целях снижения себестоимости в качестве конструкционных материалов с необходимыми свойствами применяются дешёвые заменители, в качестве орудий труда используются только простейшие инструменты, персонал является неквалифицированным, не соблюдаются соответствующие технологические нормы и минимальные требования к качеству. Поэтому на данных запасных частях могут иметься дефекты или нарушения геометрии, не позволяющие просто использовать их при ремонте транспортного средства. Нередко такие аналоги не имеют упаковки и каталожного номера и не имеют маркетинговой поддержки. Запасные части неизвестных производителей имеют самую низкую цену, но и гарантии на такие запасные части обычно не распространяются.

Пятая группа — запасные части, изготовление которых осуществлено с нарушением закона. К ним относятся так называемые контрафактные запасные части, производство и продажа которых осуществляются под чужим товарным знаком или с использованием обозначения, сходного до степени смешения с зарегистрированным товарным знаком правообладателя, т.е. с нарушением прав интеллектуальной собственности. Качество контрафактных запасных частей имеет непредсказуемый характер и практически соответствует качеству запасных частей неизвестных производителей.

В *шестую группу* входят фальсифицированные запасные части, которыми являются компоненты, умышленно изменённые (поддельные) и (или) имеющие скрытые свойства и качество, информация о которых является заведомо неполной или недостоверной. Следует отметить, что контрафактная продукция не всегда является одновременно и фальсифицированной. Так, производитель запасных частей может непреднамеренно вводить их в оборот под товарным знаком, сходным до степени смешения с брендом другого производителя. Поскольку в данном случае запасные части вводятся в оборот производителем, фальсифицированными они являться не будут, но поскольку введение запасных частей в оборот сопровождается нарушением исключительных прав на товарный знак, то, вероятно, такие запасные части будут признаны контрафактными.

Достаточно распространённым типом неоригинальных запасных частей являются запасные части от переупаковщиков, составляющих шестую группу. Это крупные логистические компании, обычно основанные производителями компонентов для снабжения рынка запасными частями и в основном не имеющие собственных производств. Их основной деятельностью является логистика, которая заключается в скупке

запасных частей у их производителей и переупаковке их в свои коробки, пакеты и другую тару для последующей реализации под собственными торговыми марками, имеющую отличие от оригинальных упаковок. Некоторые из переупаковщиков заботятся о своей репутации и имеют собственные отделы технического контроля качества запасных частей. Однако при покупке запасных частей у таких фирм существуют большие риски, так как в их упаковках могут находиться запасные части любых категорий, различных производителей и разного качества.

Некачественные запасные части — запасные части, которые по разным причинам, связанным с их производством и логистикой, не соответствуют общим требованиям безопасности, требованиям к их маркировке, нормативной, технической и эксплуатационной документации на них и не могут быть безопасно использованы по назначению, установленному производителем. К основным признакам некачественных запасных частей относятся низкое качество или отсутствие упаковки, плохо различимые наименование и логотип производителя либо их отсутствие, выполнение инструкции по применению в виде фотокопии, неаккуратное выполнение сварочных и паяных швов, наличие подтёков, заусенцев, неплотных прилеганий и прочих дефектов изготовления запасной части. Такие запасные части отсутствуют в официальном каталоге их производителя. У продавцов отсутствуют сертификаты и гарантии на указанные запасные части, хранение которых осуществляется в основном навалом или в разукомплектованном виде. Стоимость данных запасных частей относительно других категорий запасных частей существенно занижена.

Что касается восстановления изношенных компонентов транспортных средств, то оно допускается в случаях, установленных нормативными правовыми актами, нормами, правилами и процедурами технического обслуживания и ремонта транспортных средств, установленных изготовителями транспортных средств, а также другой нормативной правовой и нормативно-технической документацией. В соответствии с Единой методикой при определении размера расходов на запасные части в рамках расчёта страхового возмещения [3] допускается возможность использования восстановленных компонентов транспортного средства при наличии на рынке восстановленных деталей (узлов, агрегатов), использование которых допускается производителем транспортного средства, для транспортных средств, эксплуатируемых за пределами срока гарантии изготовителя; и при условии, что замена детали (узла, агрегата) на восстановленную деталь (узел, агрегат) не должна ухудшать безопасность транспортного средства и должна соответствовать обязательным требованиям, если такие требования установлены производителем транспортного средства или законодательством Российской Федерации о безопасности дорожного движения.

Использование восстановленных деталей имеет бесспорное экологическое преимущество. Вместе с тем перечень восстановленных объектов, к которым установлены обязательные требования в законодательстве Российской Федерации о безопасности дорожного движения, ограничен. В частности, Технический регламент Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств" [4] устанавливает жёсткие требования к восстановлению и применению восстановленных шин. Так, применение шин, восстановленных наложением нового протектора, не допускается на передней оси транспортных средств. В остальных случаях на транспортных средствах могут применяться шины, восстановленные в соответствии со следующими требованиями Правил ЕЭК ООН № 108 и № 109 по производству восстановленных шин при соблюдении ряда ограничений: повторное восстановление шин с ранее уже восстанавливавшимся протектором по Правилам ЕЭК ООН № 108 не допускается; восстановление протектора шин, возраст которых превышает семь лет, по Правилам ЕЭК ООН № 108 не допускается; в маркировке восстановленной шины должно присутствовать обозначение "Retread"; на шине с восстановленным протектором помимо маркировки должен быть чётко проставлен международный знак официального утверждения, состоящий из круга, в котором указана буква "Е", за которой следует отличительный номер страны, предоставившей официальное утверждение по Правилам ЕЭК ООН № 108 или № 109, и номера официального утверждения"; в маркировке шин с восстановленным протектором не допускается указание категории скорости и индекса несущей способности, более высоких, чем до восстановления; на задней оси транспортных средств категории M, средней оси транспортных средств категории M_3, средних и задней осях транспортных средств категории N, на всех осях транспортных средств категории O допускается применение шин с отремонтированными местными повреждениями, а в случае шин, имеющих маркировку "Regroovable", также с рисунком протектора, углублённым методом нарезки в соответствии с документацией изготовителя шин.

К запасным частям, бывшим в употреблении, имеющим остаточный ресурс и пригодным для дальнейшего их использования (без восстановления) относятся: годные остатки, которые можно демонтировать с повреждённого транспортного средства в случае его полной гибели; исправные компоненты списанных у субъектов транспортной деятельности транспортных средств, подлежащих разборке и дефектовке; исправные детали, которые можно демонтировать из заменяемого при ремонте транспортного средства ремонтного комплекта.

Компоненты, бывшие в употреблении и имеющие остаточный ресурс, считаются пригодными для дальнейшего их использования (без восстановления) при выполнении следующих условий: детали, узлы и агрегаты не должны иметь повреждений, не позволяющих ее использовать по конструктивному назначению, нарушающих их целостность и товарный вид, а узлы или агрегаты, кроме того, должны находиться в работоспособном состоянии; детали, узлы и агрегаты не должны иметь изменений конструкции, формы, целостности и геометрии, не предусмотренных производителем транспортного средства; детали не должны иметь следов предыдущих ремонтных воздействий.

Непригодными для использования при восстановительном ремонте считаются бывшие в употреблении, полностью изношенные (нулевой остаточный ресурс) и не подлежащие восстановлению запасные части. Указанные компоненты имеют визуально наблюдаемые следы износа, в том числе коррозионного, и повреждения. Вследствие этого по геометрическим размерам они часто не соответствуют посадочному месту.

Предложенный подход предлагается использовать при формировании методической базы для оценки недостатков восстановительного ремонта транспортных средств.

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации от 25 апреля 2002 года № 40 — ФЗ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств".
2. Указание Центрального Банка Российской Федерации от 6 апреля 2017 г. № 4347-У "О внесении изменений в положение Банка России от 19 сентября 2014 года № 431-п "О правилах обязательного страхования гражданской ответственности владельцев транспортных средств"
3. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 9001—2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
4. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 "О безопасности колесных транспортных средств". Утверждён решением комиссии Таможенного союза Евразийского экономического сообщества от 9 декабря 2011 года № 877.
5. Центральный банк Российской Федерации. 19 сентября 2014 года № 432-П. Положение о единой методике определения размера расходов на восстановительный ремонт в отношении повреждённого транспортного средства. Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 3 октября 2014 года. Регистрационный № 34245.
6. Commission Regulation (EU) No 461/2010 of 27 May 2010 on the application of Article 101(3) of the Treaty on the Functioning of the European Union to categories of vertical agreements and concerted practices in the motor vehicle sector — http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32010R0461&from=EN

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

УДК 629.488.27

МЕТОДОЛОГИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СТЕНДОВ С БЕГОВЫМИ БАРАБАНАМИ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ И ПОДВЕСКИ АВТОПОЕЗДОВ

Д-р техн. наук **НЕВОЛИН Д.Г.**,
канд. техн. наук **КАЛИМУЛЛИН Р.Ф., НОВОСЁЛОВ В.Л.**
Уральский ГУПС, Оренбургский ГУ
(vladimirl.n@yandex.ru)

Решается задача разработки теоретических основ расчёта кинематических стендов с беговыми барабанами. Полученные новые данные в перспективе повышают точность и достоверность диагностирования тормозных систем и подвески автопоездов.

Ключевые слова: *техническое диагностирование автопоездов, тормозные свойства автопоездов, кинематические стенды с беговыми барабанами, расчёт кинематических стендов с беговыми барабанами, тормозная система, сцепление колёс с дорогой.*

Nevolin D.G., Kalimullin R.F., Novosyolov V.L.

THE METHODOLOGY FOR THE KINEMATIC DESIGN OF STANDS WITH JOGGING DRUMS FOR DIAGNOSIS OF BRAKE SYSTEMS AND SUSPENSION SYSTEMS OF TRUCKS

In the article the problem of development of methods and theoretical principles of calculation of kinematic stands with Jogging drums. The new data in the future improve the accuracy and reliability of diagnosis of brake systems and suspension systems of trucks.

Keywords: *technical diagnostics of trucks, the braking properties of the trains, the kinematic stands with Jogging drums, the calculation of kinematic stands with Jogging drums, a brake system, a traction.*

Методики стендового диагностирования тормозных систем и их составных частей, описанные в научной и технической литературе, применимы к автопоездам, имеющим не более двух осей с функционирующей антиблокировочной системой. Парк же современных многоосных автопоездов продиагностировать на этих стендах невозможно. Требования Технического регламента Таможенного союза "О безопасности колёсных транспортных средств" [1] не содержат нормативов по оценке распределения тормозных сил по осям автопоезда и совместимости тормозного привода тягача и полуприцепа. Кроме того, тормозные свойства автопоездов значительно изменяются в процессе эксплуатации вследствие изменения технического состояния частей как самих тормозных систем, так и смежных систем, например подвески. Однако к настоящему времени эта актуальная тема остаётся малоизученной. Таким образом, очевидна необходимость разработки методики диагностирования тормозных систем автопоездов с АБС в эксплуатации.

Рассматривая автопоезд в процессе поступательного торможения на стенде с беговыми барабанами для технического диагностирования, нетрудно определить совокупность сил, воспринимаемых колёсами [2]. Так, кинетическая энергия поступательно движущегося автопоезда на стенде заменяется энергией вращения (формула 1 в таблице). Учитывая максимальную нагрузку на оси диагностируемого автопоезда и максимальную линейную скорость движения, определяем диапазон регулирования момента инерции (формула 2).

В соответствии с полученными результатами определяем диапазон регулирования момента инерции на стенде в режиме диагностирования, при котором кру-

тящий момент передаётся от двигателя через колёса к барабанам стенда. В этом случае момент инерции барабанов будет учитываться при имитации движения автопоезда на спуске или на подъёме. Значение момента инерции будет задаваться посредством плавной регулировки электродвигателей. Необходимо учесть, что имитируя условия торможения на подъёме или спуске для обеспечения соответствующего скоростного режима необходимо в случае подъёма момент инерции уменьшить, а в случае спуска — увеличить. При этом методе момент инерции во время торможения должен постоянно изменяться, что соответствует обычному режиму диагностирования, однако ручное управление при этом будет достаточно сложным.

Более точные результаты по определению инерционных масс получают экспериментальным путём. В основу определения величины инерционной массы закладывают равенство при торможении на дороге и стенде работ торможения, начальных и конечных скоростей и темпа нарастания. Главное условие при диагностировании на стенде с беговыми барабанами — отсутствие блокировки колёс при торможении. Точные значения инерционных масс приводных барабанов должны быть определены в процессе отладки стенда для технического диагностирования, сборки механической части и монтажа комплекса измерительного оборудования.

Торможение автопоезда на стенде осуществляется с полным использованием сил сцепления с барабанами. Коэффициент сопротивления качению на стенде $\mu_с$, как и коэффициент сцепления на дороге $\mu_д$, не влияет на максимальное значение тормозных сил. Оценка воспроизведения на стенде сил сцепления колёс с дорогой проводится коэффициентом несоответствия реализуемых сил φ (формула 3). Момент инерции вращающихся масс определяется с помощью формул 4 и 5, где $F_{сопр\ с} - F_{сопр\ д}$ — разность средних величин суммарных сил сопротивления движению автопоезда на стенде и на дороге, а передаточное отношение n находится по формуле 6.

Следующая задача — выбор электродвигателя по реализуемой мощности.

В качестве предварительной расчётной схемы рассмотрим взаимодействие проектируемого барабанного узла стенда для определения тормозных свойств и приводимого во вращение колеса диагностируемого автопоезда (рис. 1). Особое внимание уделим силам и моментам, возникающим в результате взаимодействия указанных выше механизмов, а также нормальным силам и реакциям, действие которых должно быть эквивалентно нагрузкам, возникающим в реальных дорожных условиях. Примем также во внимание физико-механические свойства взаимодействующих узлов, т. е. коэффициенты трения, которые являются главным условием достоверности данных, получаемых при диагностировании автопоезда.

Кроме того, должны быть предусмотрены места расположения и крепления дополнительных устройств (гидроцилиндров и механизмов управления) для регу-

№	Формула	Примечания
1	$E = \frac{J}{2}\omega^2 = \frac{m}{2}V^2 = \Sigma FS = (F_{возд} + F_{торм} + ...)S$	E — кинетическая энергия поступательно движущегося автопоезда, Дж; J — момент инерции автопоезда, кг · м^2; m — масса автопоезда, кг; V — текущее значение скорости движения, м/с; F — сила, Н; $F_{возд}$ — сила сопротивления воздуха, Н; $F_{торм}$ — тормозная сила, Н; S — тормозной путь, м
2	$J = \frac{2mV^2}{\omega^2}$	—
3	$\varphi = \frac{F_и - F}{F_и} \cdot 100\ \%$	$F_и$ — сила инерции, Н; F — реакция в растяжке крепления автопоезда, Н
4	$I = mR^2_{бар} + \frac{2R^2_{бар}S}{V^2}(F_{сопр\ с} - F_{сопр\ д})$	$R_{бар}$ — радиус беговых барабанов, м; S — тормозной путь, м; V — начальная скорость торможения, м/с; $F_{сопр\ с}$, $F_{сопр\ д}$ — средние величины суммарных сил сопротивления движению автопоезда на стенде и на дороге, Н; $I_{см}$ — дополнительный момент инерции сменных маховых масс, кг · м^2; $I_{бар}$ — суммарный момент инерции беговых барабанов и связанных с ними вращающихся частей стенда, кг · м^2; n — передаточное отношение
5	$I_{см} = \frac{mR^2_{бар}}{n^2} + \frac{2R^2_{бар}S}{V^2n^2}(F_{сопр\ с} - F_{сопр\ д}) - \frac{I_{бар}}{n^2}$	
6	$n = \frac{\omega^2_{см}}{\omega^2_{бар}}$	$\omega_{см}$, $\omega_{бар}$ — угловые скорости сменных маховых масс и барабанов, рад · с$^{-1}$
7	$F_{тр} = \varphi N \cdot \cos\alpha = \varphi\frac{G}{2} \cdot \cos\alpha$	φ — коэффициент трения пары сталь—резина; α — угол проекции веса, приходящегося на одно колесо на нормаль к поверхности контакта колеса с барабаном
8	$M_{max} = F_{тр}r$	M_{max} — момент, Н · м; r — радиус, м
9	$n = \frac{U - I_а\Sigma R_а}{C_E\Phi}$	U — напряжение, подводимое к якорю двигателя, В; $I_а$ — ток якоря, А; $\Sigma R_а$ — сумма сопротивлений якоря и всех последовательно включаемых обмоток, Ом; C_E — коэффициент, зависящий от обмоточных данных двигателя; Φ — магнитный поток машины, Вб
10	$N_{дв} = M\omega\eta$	—

лирования догрузки осей, позволяющих имитировать перераспределение массы автопоезда при торможении, динамическое перемещение кузова при торможении "клевок". Одной из немаловажных функций указанных элементов стенда является удержание автопоезда на стендовой площадке в случае аварийной ситуации.

Государственным стандартом [3] предусмотрено два режима проверки тормозных систем: экстренное торможение и торможение с полной нагрузкой. В режиме экстренного торможения определяется время срабатывания тормозных систем. Для проверки этого параметра водителю необходимо резко затормозить по сигналу оператора.

Формируем комплекс исходных параметров для выбора электромашины постоянного тока и синтеза согласующих редукторов силового привода: нагрузка на ось — G; радиус приводного барабана — r. Далее определяем наибольший момент сопротивления вращению приводного барабана, возникающий вследствие воздействия на него колёс диагностируемого автопоезда. Предварительно по формуле 7 определяем величину силы сцепления барабана, возникающей в результате взаимодействия ведущего барабана, и колеса. Здесь α — угол проекции силы тяжести, приходящейся на одно колесо на нормаль к поверхности контакта колеса с барабаном.

Коэффициент трения пары сталь—резина соответствует коэффициенту сцепления колеса с асфальтовой дорогой. Используя зависимость 8, определяем величину момента, который может быть реализован при передаче вращения от барабана колесу. И, соответственно, определяем марку и характеристики приводной электромашины постоянного тока для последующего расчёта передаточных чисел согласующих редукторов.

Наличие широко регулируемого электродвигателя постоянного тока с тиристорным преобразователем позволяет значительно упростить схему управления в целом, автоматизировать процесс управления, упростить комплекс программного обеспечения для управляющего компьютера. Механические и тяговые характеристики машин постоянного тока определяются в зависимости от установленной частоты вращения ротора электродвигателя. Частота вращения электродвигателя постоянного тока в общем случае определяется по эмпирической зависимости 9.

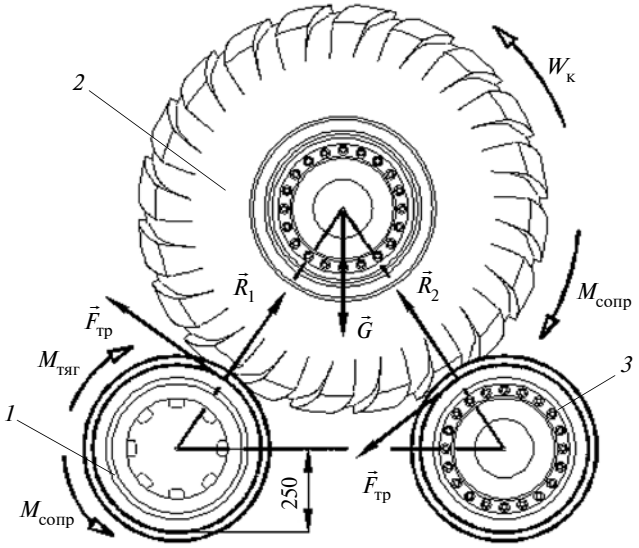

Рис. 1. Схема исполнительного механизма стенда:
1 — приводной барабан; *2* — колесо; *3* — опорный барабан

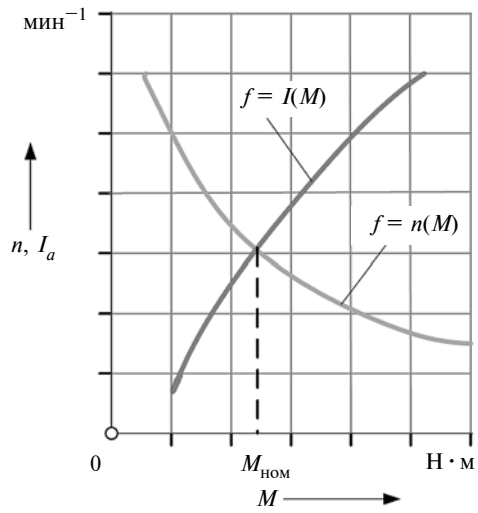

Рис. 2. Общий вид механической характеристики электромашин постоянного тока с тиристорными схемами регулировки

При постоянной нагрузке частота вращения двигателя может быть изменена посредством плавной регулировки питающего напряжения (U), включением последовательно с якорем дополнительного резистора (изменение $\Sigma R_а$), изменением магнитного потока машины. Для регулировки частоты вращения двигателя постоянного тока будем использовать тиристорные схемы, позволяющие осуществлять регулировку в широких пределах по заданной программе. Механическая характеристика выбранного двигателя постоянного тока представлена на рис. 2.

Таким образом, зная характер интересующих нас зависимостей, с помощью выражения 8 определяем пусковой момент двигателя (значение момента на минимальных частотах вращения двигателя) и величину крутящего момента на максимальных оборотах ротора электромашины постоянного тока. Рассчитываемые по формуле 10 параметры крайне необходимы для проектировочного и силового расчёта согласующих редукторов стенда для технического диагностирования. Зная диапазон регулирования частот вращения и мощность двигателя, определяем тяговые моменты, создаваемые двигателем на различных частотах диапазона регулирования. Сравнивая полученные результаты с регулировочной характеристикой двигателя на рис. 2, убеждаемся в их достоверности.

Литература

1. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств". ТР ЕАЭС 018/2011.
2. Загородних А.Н. Стенд для исследования тормозного пути АТС / А.Н. Загородних, Н.С. Севрюгина, Н.А. Загородних // Автомобильная промышленность. — 2006. — № 8. — С. 30—31.
3. ГОСТ Р 51709—2001 "Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию по условию безопасности движения. Методы проверки". Введ. 2001-01-01. — М.: Изд-во стандартов, 2000. — 32 с.

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Швеёва Е.И. — Возникновение рисков при несоблюдении стандартов обслуживания в автотехцентрах 1

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Вальехо-Мальдонадо П.Р., Трифонов В.Л., Марков В.А. — Топливная экономичность бензиновых двигателей с расслоением рабочего заряда и дизелей с непосредственным впрыскиванием топлива 3

Бакута Е.Ю., Чернышев В.В., Захаренко А.М., Угай С.М., Хиен Т.Ч., Хаи Л.Х., Анисимов Н.Ю., Голохваст К.С. — Морфологический и химический состав твёрдых частиц отработавших газов мотоциклов 6

Третьяк Л.Н., Бондаренко Е.В., Вольнов А.С. — Совершенствование конструкции нейтрализаторов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания 11

Мамити Г.И. — Влияние на скорость движения автомобиля радиуса колёс и высот расположения центров парусности и масс 15

Иванов А.М., Кристальный С.Р., Топорков М.А. — Использование прогнозирования коэффициента сцепления шин с опорной поверхностью для повышения эффективности действия опережающих систем экстренного торможения 17

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

Якунин Н.Н., Якунина Н.В., Дрючин Д.А., Тищенко А.С. — Повышение эффективности эксплуатации парка автомобилей на газомоторном топливе на основе структурно-ориентированного моделирования 21

Хасанов Р.Х., Хасанов И.Х., Рассоха В.И. — Эксплуатация легковых автомобилей с учётом технического состояния электрических проводов 25

Пославский А.П., Сорокин В.В., Хлуденёв А.В., Певнев Н.Г. — Информационно-измерительная система для определения функциональных показателей теплообменников автотранспортных средств 28

Андрианов Ю.В., Комаров В.В. — Подход к формированию и систематизации категориально-понятийного аппарата в сфере запасных частей транспортных средств 32

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Неволин Д.Г., Калимуллин Р.Ф., Новосёлов В.Л. — Методология конструирования кинематических стендов с беговыми барабанами для диагностирования тормозных систем и подвески автопоездов 37

Главный редактор Н.А. ПУГИН

Зам. главного редактора Р.В. Козырев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Балабин И.В. — *д-р техн. наук, профессор Московского политехнического университета (МАМИ)*
Бахмутов С.В. — *д-р техн. наук, зам. директора по научной работе ГНЦ "НАМИ"*
Гируцкий О.И. — *д-р техн. наук, профессор, зам. председателя Экспертного совета НАМИ*
Гладков В.И. — *канд. техн. наук, зам. генерального директора по научной работе ОАО "НИИТавтопром"*
Ковригин А.С. — *зам. генерального директора ОАО "АСМ-холдинг"*
Комаров В.В. — *канд. техн. наук, зам. генерального директора ОАО "НИИАТ" по научной работе*
Коровкин И.А. — *канд. экон. наук, исполнительный директор НП "ОАР"*
Котиев Г.О. — *д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана*
Круглов С.М. — *зам. генерального директора ОАО "НИИТавтопром"*
Ксеневич Т.И. — *канд. физ.-мат. наук, МГТУ имени Н.Э. Баумана, НИЦ "Русаен"*
Мамити Г.И. — *д-р техн. наук, профессор Горского Агроуниверситета (Владикавказ)*
Марков В.А. — *д-р техн. наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана*
Сорокин Н.Т. — *д-р экон. наук, директор ФГБНУ ВНИМС ФАНО России*
Тер-Мкртичьян Г.Г. — *д-р техн. наук, ГНЦ "НАМИ"*
Титков А.И. — *канд. техн. наук, эксперт аналитического центра ОАО "АСМ-холдинг"*
Топалиди В.А. — *канд. техн. наук, ТАДИ*
Филимонов В.Н. — *ответственный секретарь "АП"*

Белорусский редакционный совет:

Альгин В.Б. — *д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ОИМ НАН Беларуси*
Егоров А.Н. — *генеральный конструктор — начальник НТЦ ПО "БелАЗ"*
Захарик А.М. — *канд. техн. наук, технический директор РУП "МАЗ"*
Кухаренок Г.М. — *д-р техн. наук, профессор БНТУ*
Мариев П.Л. — *д-р техн. наук, директор НТЦ "Карьерная техника" ОИМ НАН Беларуси*
Николаев Ю.И. — *главный конструктор ОАО "МЗКТ"*
Сазонов И.С. — *д-р техн. наук, проф., ректор Болорусско-Российского университета (Могилёв)*
Харитончик С.В. — *д-р техн. наук, доцент БНТУ (Минск)*

Информационный партнёр АНО "НИЦ "Русаен"

Технический редактор *Шацкая Т.А.*
Корректор *Сажина Л.И.*
Сдано в набор 28.12.2017. Подписано в печать 06.02.2018.
Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 4,9. Бумага офсетная.
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**

ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"
Адрес издательства и редакции: 107076, Москва, Колодезный пер., 2а, стр. 2
Телефоны: (915) 412-52-56 и (499) 269-54-98; (495) 785-60-69 (реклама и реализация)
E-mail: avtoprom-atd@mail.ru
www.mashin.ru

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № 77-7184
Цена свободная.
Журнал рекомендован ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней, входит в международную базу данных *"Chemical Abstracts"*.

За содержание рекламных объявлений ответственность несет рекламодатель.
Перепечатка материалов из журнала "Автомобильная промышленность" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией; ссылка — обязательна.