

УДК 629.33

**НАУЧНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ АВТОМОБИЛЯ,
ОСНАЩЁННОГО СИСТЕМОЙ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ****Денисов Ил.В., Терентьев И.А.***Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,
Владимир, e-mail: Denisoviv@mail.ru*

Поднята проблема высокой дорожно-транспортной аварийности на дорогах РФ из-за неисправного технического состояния автомобилей, 70% отказов из которых приходится на ходовую часть, тормозную систему и рулевое управление. Установлена доля автотранспортных средств в автомобильном парке, оснащенных системой курсовой устойчивости. Доказано, что наличие данной системы у транспортной машины в большинстве случаев положительно влияет на исход аварийной ситуации. Проведён анализ конструкции системы курсовой устойчивости автомобиля, на основании которого построена структурная и информационная схемы. Представлены существующие методики диагностирования данной системы.

Ключевые слова: автомобиль, система курсовой устойчивости, управление техническим состоянием, диагностирование технического состояния.

**SCIENTIFIC BACKGROUND MANAGEMENT SYSTEM DEVELOPMENT
OF TECHNICAL CONDITION OF VEHICLES EQUIPPED
WITH VEHICLE STABILITY CONTROL****Denisov I.V., Terentyev I.A.***Vladimir State University behalf A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: Denisoviv@mail.ru*

Raised the problem of high traffic accident rate on roads of Russia due to bad technical condition of vehicles, 70% of failures which occur in the chassis, brake system and steering. The share of installed vehicles in a car park with a system of exchange rate stability. It is proved that the presence of this system in transport vehicles, in most cases, positively affects the outcome of an emergency situation. The analysis of the structure of the system of exchange rate stability, which is built on the basis of structural and information scheme. Presents current methods of diagnosing this system.

Keywords: car, vehicle stability management, technical state, diagnostics of technical condition.

**Неисправное техническое состояние АТС,
как фактор риска возникновения ДТП**

Основной чертой, присущей любому развивающемуся государству, стало усовершенствование транспорта и транспортной логистики, на которых базировалась вся инфраструктура. Страна не может иметь экономического благополучия без использования различных видов транспорта (автомобильного, железнодорожного, морского, трубопроводного и т.д.). Увеличение скорости транспортировки товаров позволяет быстрее высвободить денежные средства из оборота и направить их на другие важные цели. Всё это стимулирует совершенствовать ныне существующие виды транспорта и подталкивает создавать новые, более скоростные, вместительные и безопасные.

Важнейшей отраслью народного хозяйства на сегодняшний день является автомобильный транспорт, обеспечивающий население и хозяйствующие субъекты в перевозках. В Российской Федерации (РФ) наблюдается стабильный рост потребности в транспортных услугах, вследствие чего тре-

буется увеличение парка автотранспортных средств (АТС) и повышение эффективности его эксплуатации. На долю транспортных машин в России приходится три четверти грузовых и более половины объёма пассажирских перевозок. Из-за хорошей мобильности, приспособленности к транспортировке грузов различных размеров и массы, возможности организации перевозок в короткие сроки – использование автомобилей нашло широкое применение в транспортном процессе.

В России, как и во многих странах мира, наблюдается устойчивый рост парка АТС. По данным Государственной инспекции безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел (ГИБДД МВД) РФ [15] на начало 2015 года на учёте состояло 40,85 млн. автомобилей, а это означает, что на тысячу жителей приходится более 340 транспортных машин.

В [1] приводятся данные об устойчивой тенденции ежегодного увеличения в автомобильном парке России доли иномарок, которая на данный момент составляет 22,5 млн. АТС, что превышает 55% (рис. 1).

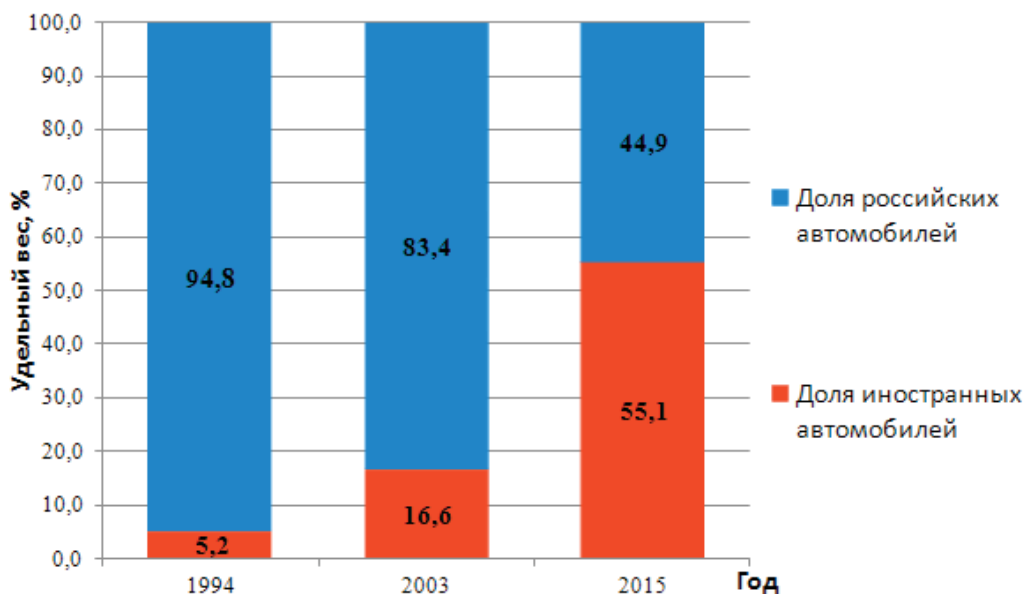


Рис. 1. Изменение структуры автомобильного парка РФ с 1994 по 2015 гг.

По прогнозам [1] парк транспортных машин РФ к 2019 году увеличится до 47 млн. автомобилей, из которых более 60% будут занимать иномарки. Уже сейчас абсолютным лидером среди них является *Toyota*, которая занимает 8,8% (3,61 млн. АТС) парка транспортных машин России и к 2019 году только укрепит свои позиции.

В [6] содержатся данные о распределении парка российских АТС РФ и приведён их средний возраст, который составляет 14,9 лет (рис. 2).

Также в [6] указаны сведения о распределении парка иномарок России и приведён их средний возраст – 9,0 лет (рис. 3).

Следует отметить, что приблизительно половина парка транспортных машин России эксплуатируется за границей моторесурса, т.к. имеет возраст свыше 10 лет (рис. 4).

Ситуация усугубляется тем, что износ пассажирского и грузового транспорта очень высок, а предприниматели зачастую пренебрегают техникой безопасности в погоне за выгодой. Всё это неизменно приводит к увеличению количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП), которое растёт год от года. Поэтому повышение безопасности дорожного движения (БДД) на автомобильных дорогах требует принятия кардинальных мер [21].

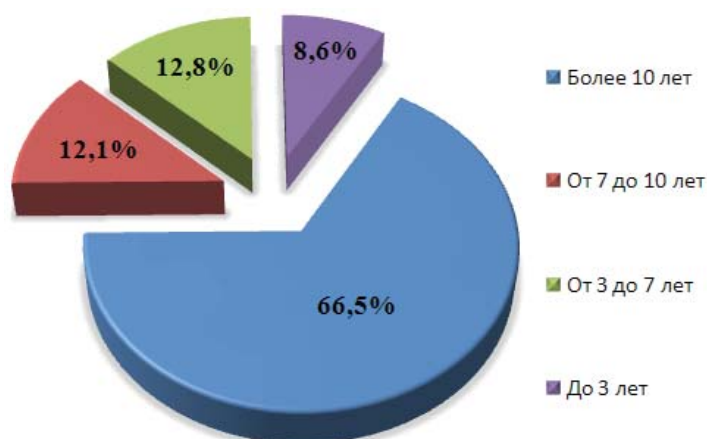


Рис. 2. Распределение парка российских автомобилей РФ по возрасту на 1 октября 2013 г.

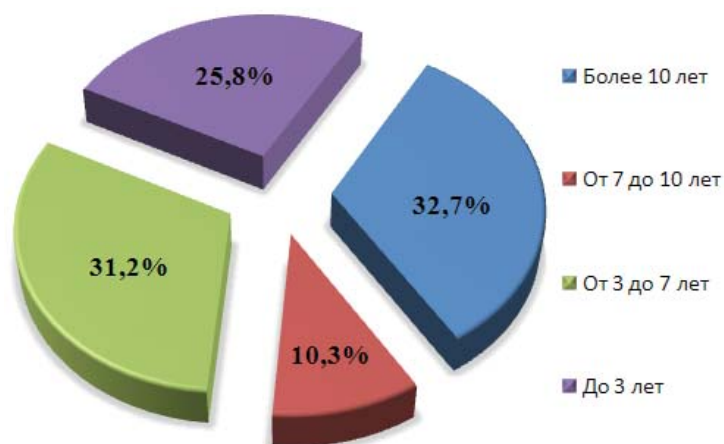


Рис. 3. Распределение парка зарубежных автомобилей РФ по возрасту на 1 октября 2013 г.

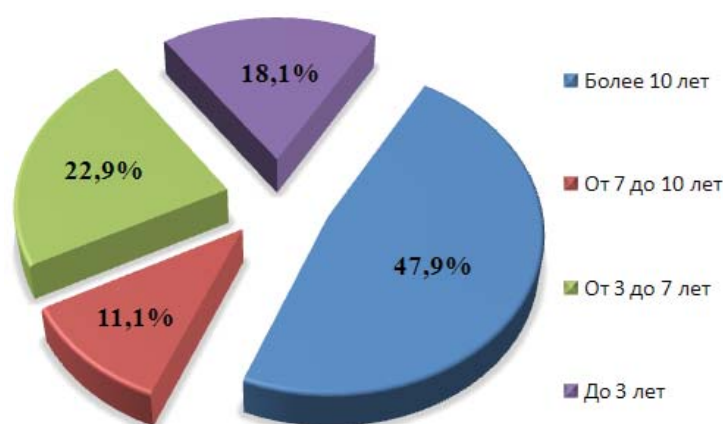


Рис. 4. Общее распределение автомобильного парка РФ по возрасту на 1 апреля 2015 г.

Ежегодно в мире, несмотря на все реализуемые мероприятия по предотвращению вероятности возникновения ДТП, на дорогах гибнут более 500 тыс. и получают увечья различной степени тяжести более 10 млн. человек. В результате автоаварий в РФ ежедневно гибнут около 90 человек [10]. По оценкам специалистов наблюдается ежегодный рост ущерба экономике страны от ДТП, который уже приближается к отметке 2,5% от валового внутреннего продукта (ВВП) [31].

Проблема высокой дорожно-транспортной аварийности поставлена в ряд наиболее актуальных, в связи с высоким темпом автомобилизации населения в стране. Поэтому снижение количества ДТП является одной из наиболее приоритетных задач, поставленных перед современным обществом.

В России существует недопустимо высокий уровень аварийности, о чём свиде-

тельствуют полученные в работе [24] результаты. Особое внимание следует уделить тому, что число пострадавших и погибших в дорожных инцидентах чрезмерно велико. Всё это указывает на то, что эксплуатируемые в парке РФ транспортные машины обладают крайне низким уровнем безопасности и не могут защитить водителей и пассажиров от увечий в случае неблагоприятного исхода ДТП. Следовательно, требования к техническому состоянию таких АТС должны быть в полной мере выдержаны в условиях эксплуатации, чтобы уменьшить риск возникновения дорожных инцидентов.

В работе [19] автор отмечает, что основными причинами ДТП являются: технические неисправности транспортных машин; неверные действия водителя, которые не соответствуют требованиям безопасности; тяжёлые дорожные условия.

При анализе автомобильной аварийности особое внимание было уделено мировой статистике. Она свидетельствует о том, что эксплуатация АТС с неисправностями систем, которые влияют на активную безопасность, является причиной более 15% дорожных инцидентов от общего количества. По причине отказов тормозной системы (ТС), ходовой части (ХЧ) и рулевого управления (РУ) происходит приблизительно 70% ДТП, вызванных техническими неисправностями автомобилей [21]. Информация по дорожно-транспортной аварийности, предоставленная ГИБДД МВД РФ [15] также подтверждает данные цифры и даёт процентное соотношение дефектов систем и узлов АТС, которые распределяются следующим образом: ТС – 45%, подвеска – 19,2%; РУ – 16%, приборы освещения – 11%, шины – 8%, прочие – 14% [26; 73].

При выполнении технического обслуживания АТС необходимо обратить пристальное внимание на указанные системы, т.к. его эксплуатация с граничными значениями параметров их технического состояния может спровоцировать потерю устойчивости и управляемости. Для уменьшения риска линейного отказа следует поддерживать системы, непосредственно влияющие на БДД, в технически исправном состоянии в течение всего периода эксплуатации. Это является одним из важнейших условий, которое поможет снизить уровень аварийности на автомобильных дорогах всего мира [19].

В докладе [62] было отмечено, что по данным исследований, около 35% транспортных машин в России, которые участвуют в дорожном движении, не соответствуют установленным требованиям к их техническому состоянию. Зачастую автомобили имеют по одной и более неисправности, которые не редко вызваны рядом характерных причин (табл. 1).

По причине неудовлетворительного технического состояния, связанного с предельным износом или старением элементов конструкции транспортных машин, происходит 68,9% дорожных инцидентов. Также следует обратить внимание на значимость причин неисправностей эксплуатационного характера, доля которых составляет 27,3% от общего количества ДТП. Причины конструкционного и производственного характера имеют незначительную долю – 3,8% автоаварий [20].

В работе [73] есть ссылка на данные официальной статистики, где утверждается, что из-за технической неисправности АТС происходит около 5% всех дорожных инцидентов. Авторы делают вывод о том, что общее количество ДТП по техническим причинам составляет 10-12 тыс. случаев, т.к. в России ежегодно регистрируются порядка 200 тыс. автоаварий.

По предоставленным ГИБДД МВД РФ [15] данным, авторы работы [20] составили гистограммы динамики дорожных инцидентов (рис. 5 и 6).

Анализируя рисунок 5, можно сделать вывод, что за период времени с 2012 по 2014 гг. средний уровень аварийности в России составлял около 202,5 тыс. ДТП в год. По рисунку 6 видно, что за указанный отчётный период среднее количество дорожных инцидентов в РФ по причине неисправностей АТС составляло 1490 случаев в год. Очевидно, что показатель дорожно-транспортной аварийности по техническим неисправностям автомобилей за период времени с 2005 по 2012 гг. снизился более чем в 3 раза. Однако с 2012 по 2014 гг. этот показатель вновь начал повышаться и к концу 2014 года вырос почти в 2 раза, что подтверждает отсутствие должного контроля технического состояния автомобилей в эксплуатации и снижение его качества.

Таблица 1

Причины возникновения технических неисправностей АТС, вовлеченных в автоаварии

Характер технической неисправности	ДТП с автомобилями, %		
	Легковыми	Грузовыми	Всех типов
«Естественный» (изменение параметров)	76,8	66,5	68,9
Эксплуатационный	18,2	30,0	27,3
Конструкционный и производственный	5,0	3,5	3,8

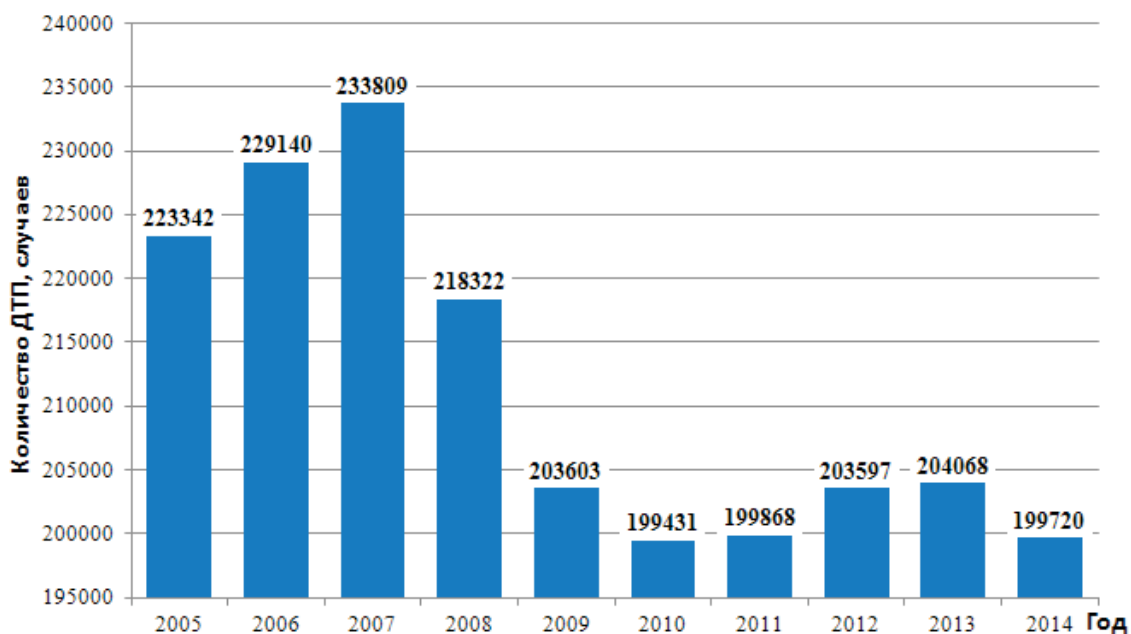


Рис. 5. Динамика дорожно-транспортной аварийности в РФ за период времени с 2005 по 2014 гг.

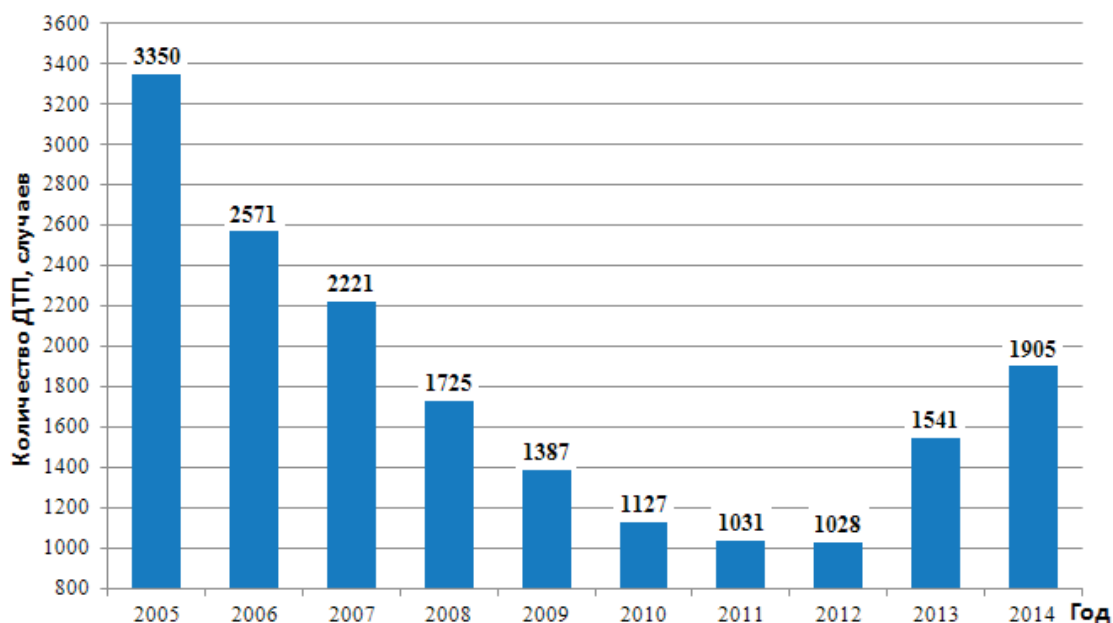


Рис. 6. Количество ДТП по причине технических неисправностей автомобилей в РФ за период времени с 2005 по 2014 гг.

По предоставленным ГИБДД МВД РФ [15] данным автором работы [22] составлена гистограмма изменения количества дорожных инцидентов в России и Владимирской области по причине эксплуатации технически неисправных АТС (рис. 7).

Согласно официальной информации ГИБДД МВД РФ [15] из-за неисправностей транспортных машин с 2012 по 2014 гг. произошло приблизительно 0,75% от общего

количества автоаварий, что, несомненно, можно считать занижением показателей.

Но даже по предоставленной статистике можно проследить увеличение количества ДТП с 1 января 2012 года после вступления в действие Федерального закона (ФЗ) РФ от 1 июля 2011 года № 170-ФЗ «О техническом осмотре транспортных средств и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

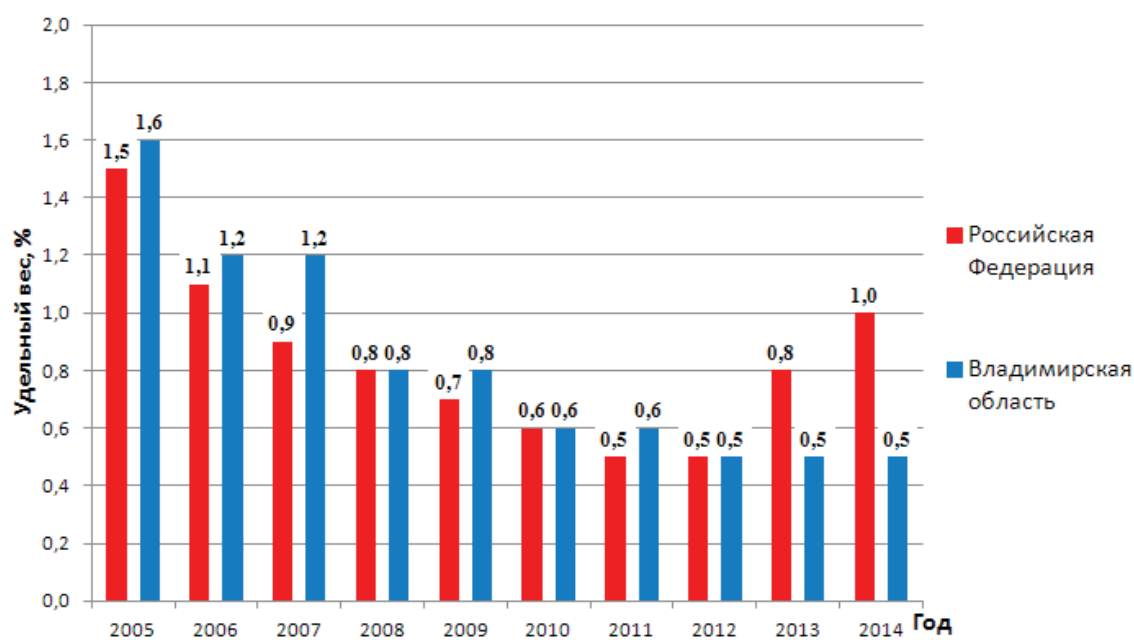


Рис. 7. Удельный вес ДТП по причине эксплуатации технически неисправных автомобилей от общего количества дорожных инцидентов по данным ГИБДД МВД РФ

На основании № 170-ФЗ функция обязательного государственного технического осмотра (ТО) автомобилей из ведения ГИБДД МВД РФ передана юридическим лицам и произведена замена талонов государственного ТО на диагностические карты, на основании которых выдается полис ОСАГО [66].

Уже в 2012-2014 гг. наблюдается резкий рост количества дорожных инцидентов, причиной которых стали технические неисправности и отказы АТС. Все факты свидетельствуют о том, что данный ФЗ оказался неэффективным и требует значительной доработки, т.к. не решил задачу ограничения допуска неисправных транспортных машин к эксплуатации. Его применение в нынешнем виде ухудшает безопасность на дорогах России.

С принятием данного ФЗ автовладельцы получили возможность пройти инструментальный контроль технического состояния своих АТС без очередей, но отсутствие персональной ответственности операторов пунктов технического осмотра (ПТО) и некорректные действия страховых компаний не дают возможности полностью исключить неисправные транспортные машины из эксплуатации.

Проделанные автором [22] исследования показали, что передача функций по контролю работоспособности автомобилей

операторам от соответствующих подразделений в ГИБДД МВД РФ привела к снижению числа АТС, признанных по результатам проверок технически неисправными с 30% до 17%.

Авторы работ [4; 55] также не согласны с приведенными ГИБДД МВД РФ [15] сведениями, характеризующими дорожно-транспортную аварийность из-за неисправностей АТС. Во-первых, это связано с невозможностью, во многих случаях, определить реальное техническое состояние автомобилей в момент наступления ДТП. Такая проблема существует вследствие частичного или полного разрушения узлов и агрегатов, техническая неисправность которых явилась причиной дорожных инцидентов. Во-вторых, дополнительное влияние на статистические данные оказывает существующая практика проведения экспертизы, которая имеет недостатки: сложность проведения, высокая стоимость, отсутствие необходимых контрольных приборов и запаздывание результатов исследования. По этим причинам, в более чем 75% автоаварий из-за неработоспособного состояния АТС, виновным признают водителя. В официальной статистике фигурируют лишь те ДТП, которые вызваны явными техническими неисправностями: отрыв колеса, разрыв шины или тормозного шланга.

Стоит отметить, что проблема занижения действительных показателей дорожно-транспортной аварийности из-за неработоспособного состояния автомобилей была поднята ещё в 70-х годах прошлого века. В работе [34] отмечается, что при изучении ДТП, зачастую, в качестве главной причины дорожных инцидентов, выступает нарушение водителем правил дорожного движения (ПДД). Рассматриваются случаи наезда автомобилей на пешеходов, которые объясняются поздним применением тормозов или превышением скорости. Однако падение давления в тормозном приводе или износ тормозных колодок не затрагиваются. Вследствие чего, в работе [20] выдвигается гипотеза, утверждающая, что фактическое количество ДТП, вызванное техническими неисправностями, значительно выше статистического.

Судя по проведённому анализу научных публикаций современных авторов, можно с уверенностью сказать, что данной проблеме уделяется повышенное внимание.

Версия неисправного технического состояния транспортных машин представлена как основная причина возникновения около 20% автоаварий в работе [26]. В [55] автор утверждает, что неработоспособное состояние АТС является причиной 20-25% ДТП от общего количества. В докладе [69] установлено, что при оценке реального показателя дорожно-транспортной аварийности по причине технических неисправностей автомобилей погрешность составляет приблизительно 57%.

В работе [41] указано, что официальной статистикой фиксируется менее 20% дорожных инцидентов, произошедших из-за неработоспособного состояния АТС. В [19] автор уделяет особое внимание тому, что около 15% автоаварий происходит вследствие эксплуатации транспортных машин с неисправностями систем, влияющими на их активную безопасность.

Для того, чтобы оценить мировой показатель удельного веса ДТП из-за неисправного технического состояния АТС, были приведены исследования зарубежных учёных. По данным работы [41] он составляет: во Франции около 20%, в Венгрии 18-20%, в США 15-20%, в Германии 10-20%, в Дании 11-12% от общего количества дорожных инцидентов.

На основании проведённого анализа можно сделать вывод, что фактический по-

казатель аварийности по техническим неисправностям автомобилей в России может достигать уровня 20%.

Совершенствование существующих и разработка новых методик проведения послеаварийной экспертизы транспортных машин позволит получать более достоверные сведения о причинах ДТП. Ввиду усложнения конструкции АТС требуется расширить перечень систем, которые следует контролировать при их ТО с использованием средств инструментального диагностирования, например, подвеску. Оснащение автомобилей системами видеофиксации дорожной обстановки и конструирование необходимых контрольных приборов позволит более объективно подойти к установлению количественных и качественных показателей аварийности [20].

Конструкция СКУ и её особенности в эксплуатации

В последние несколько десятилетий основным направлением в развитии науки и техники является усовершенствование электроники и внедрение её во все сферы жизнедеятельности. Транспортные машины не стали исключением [57]. С каждым годом увеличивается количество и улучшается качество создаваемых для облегчения жизни водителей АТС электронных помощников. Массовое производство электроники способствует её удешевлению и это приводит к тому, что всё больше автомобилей выпускаются с подобными системами серийно. В сложившейся ситуации оправданно надеяться на такие электронные помощники функциями по диагностированию транспортных машин и расширять функциональные возможности систем бортового диагностирования (СБД) или самодиагностирования (ССД). Это особенно актуально в условиях роста парка АТС, принадлежащих гражданам, и увеличения межсервисных интервалов эксплуатируемой на дороге техники.

Устойчивость и управляемость являются важнейшими эксплуатационными свойствами транспортной машины, которые определяют её активную безопасность [21].

Система курсовой устойчивости (СКУ) препятствует потере автомобилем устойчивости и управляемости при его движении в сложных дорожных условиях и некорректных воздействиях водителя на органы управления Система осуществляет динамическую коррекцию параметров движения

АТС, позволяя удерживать транспортную машину в пределах заданной траектории.

СКУ – одна из наиболее важных частей комплекса активной безопасности автомобиля, содействующая благополучному выходу из сложившейся критической ситуации, в которой среднестатистический водитель на обычной транспортной машине попал бы в ДТП. Благодаря данной системе навыки экстремального вождения отходят на второй план. От водителя требуется вести АТС, в то время как ЭБУ СКУ самостоятельно принимает решение в складывающейся дорожной обстановке, ведь главный принцип системы – выравнивать автомобиль в том направлении, куда повернуты передние колёса [63].

Разработчики с полной уверенностью заявляют, что не может быть таких ситуаций, когда система навредит, бывают исключительно безвыходные случаи. Эксперты называют СКУ важнейшим изобретением в области автомобильной безопасности после ремней безопасности. Но возможности СКУ по исправлению опасной ситуации не беспредельны, ведь законы физики обмануть нельзя.

В техническом регламенте Таможенного союза (ТР ТС) 018/2011 от 9 декабря 2011 года № 877 «О безопасности колёсных транспортных средств» прописано, что с 1 января 2016 года становится обязательным оснащение автомобилей АБС, если заявка на проведение оценки их соответствия впервые подавалась после 4 января 2008 года. При этом оборудование таких автомобилей СКУ останется на усмотрение изготовителей [65].

В [45] приведена официальная статистика, утверждающая, что ещё в 2010 году во всём мире 41% новых легковых АТС были оснащены СКУ, а в 2013 году уже 59%. Эта цифра будет ежегодно увеличиваться и в недалёкой перспективе приблизится к 100%.

По данным [5] в 2012 году на дорогах России эксплуатировалось 62% транспортных машин, оснащённых АБС, и только 23% с СКУ. Это свидетельствует о том, что РФ по этим показателям отстаёт от средних мировых. К примеру, в аналогичный период времени в Европейском союзе (ЕС) у 90% автомобилей была установлена АБС, а у 68% и СКУ.

Интересен и тот факт, что все выпускаемые в Европе транспортные машины кате-

гории М1 с 1 ноября 2014 года обязаны оборудоваться СКУ [45].

Такое решение стран ЕС было обусловлено результатами проведённых исследований, которые показали, что около 80% ДТП по причине неуправляемого заноса можно было бы избежать, если бы на АТС была установлена СКУ [1].

Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) проводил исследования по безопасности различных электронных систем автомобилей. Выяснилось, что оснащение транспортных машин системами активной безопасности, в том числе и СКУ, приводит к снижению смертности до 43% в ДТП с участием нескольких автомобилей и на 56% в дорожных инцидентах с участием одного АТС.

Наибольший интерес представляют аварии с участием одной транспортной машины, т.к. чаще всего они происходят по причине того, что водитель не справился с управлением.

Тот же институт привёл данные о вероятности переворота автомобиля со смертельным исходом. Оказалось, что при использовании систем активной безопасности такая вероятность снижается почти на 80%.

На основании проведённых исследований немецкие страховщики выяснили, что 35-40% дорожных инцидентов со смертельным исходом могли бы закончиться благополучно, если бы на АТС были установлены СКУ [59].

В работе [16] проведён анализ «механических» дорожных инцидентов без пострадавших людей. По результатам которого, было выявлено, что примерно 14% водителей совершали контраварийное действие в момент наступления ДТП. В такой ситуации большое значение имеет оснащённость и техническое состояние транспортных машин.

Также замечено, что автомобили, оснащённые СКУ, имеют лучшую курсовую устойчивость на высоких скоростях, нежели подобные АТС без СКУ.

Выводом исследований стало то, что СКУ более чем в 30% случаев является полезной при маневрировании транспортных машин на скорости от 40 до 60 км/ч, и более чем в 50% случаев при маневрировании автомобилей на скорости от 60 до 80 км/ч.

По результатам анализа «механических» дорожных инцидентов выяснилось, что установка СКУ на АТС способствует

уменьшению числа ДТП, которые связаны с контраварийным воздействием водителя, более чем на 8%.

В работе [16] тяжёлым и особо тяжёлым дорожным инцидентам было уделено особое внимание. Практика дорожно-патрульной службы (ДПС) показывает, что тяжёлыми признаются автоаварии, в которых пострадало не менее 5 человек, но при этом число погибших не превышает 5. Особо тяжёлыми ДТП являются те, в которых погибло более 5 человек и более 5 получили различные увечья. Зачастую такие дорожные инциденты возникают по причине того, что водители совершали манёвры, которые без СКУ были довольно затруднительными для выполнения.

Результаты исследований говорят о том, что около 56% тяжёлых и особо тяжёлых автоаварий можно было бы предотвратить или уменьшить тяжесть их последствий, если бы на транспортных машинах была установлена СКУ (рис. 8, 9).

С большой долей вероятности можно говорить о том, что данные, предоставляе-

мые ДПС, не позволяют однозначно определить те случаи, в которых СКУ была бы эффективна или нет. Понимая это, можно предположить, что информация о пользе СКУ носит скорее вероятностный характер и не может считаться абсолютно достоверной. Но, безусловно, она позволяет продемонстрировать возможный положительный эффект, ожидаемый при использовании СКУ на АТС [16].

Следовательно, система повышает активную безопасность транспортной машины и устраняет недостатки системы «водитель – автомобиль – дорога – среда» (ВАДС) [53].

СКУ контролирует не только продольную динамику движения АТС, но и поперечную, при критических величинах сцепления, например при скольжении. Управление автомобилем, близкое к пределу физических возможностей, должно учитывать три степени свободы транспортной машины на плоскости дорожного полотна (поворот вокруг вертикальной оси, поперечную и продольную составляющие движения) [32].

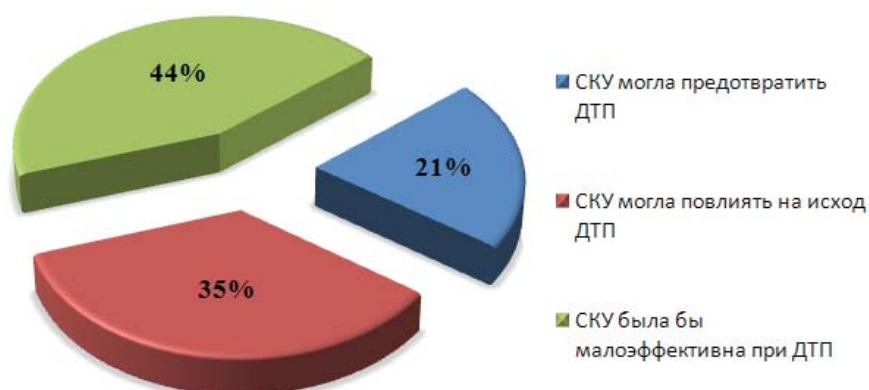


Рис. 8. Возможная эффективность срабатывания СКУ при различных ДТП

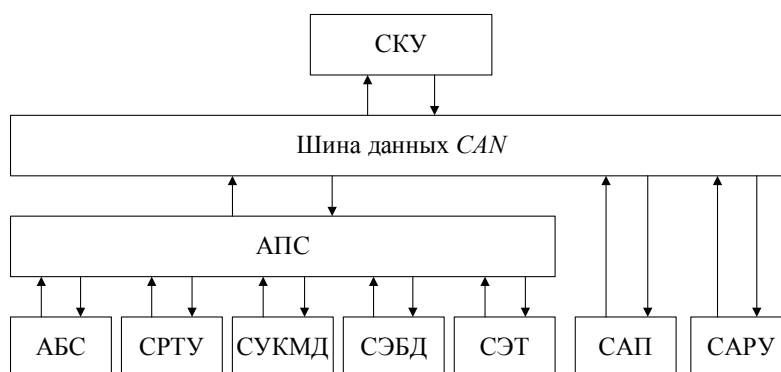


Рис. 9. Информационная схема СКУ

СКУ является наиболее сложной, т.к. управляет работой антиблокировочной системы (АБС), антипробуксовочной системы (АПС), системы активной подвески (САП), системы активного рулевого управления (САРУ), системы распределения тормозных усилий (СРТУ), системы управления крутящим моментом двигателя (СУКМД), системы электронной блокировки дифференциала (СЭБД), системы экстренного торможения (СЭТ). Данную систему можно рассматривать как расширенный вариант АБС и АПС, т.к. многие их узлы объединены (рис. 9).

В работе [32] приведены преимущества АБС и АПС, которые развиваются СКУ по средствам повышения активной безопасности движения во время управления АТС по следующим пунктам:

- обеспечение водителя активной помощью в любых критических динамических ситуациях;

- увеличение курсовой устойчивости транспортной машины даже в предельно затруднённых условиях движения при различных режимах эксплуатации, таких как частичное или полное торможение, движение накатом, торможение двигателем, разгон и выполнение контраварийных манёвров;

- лучшее использование потенциала сцепления между шинами и дорожным покрытием в зависимости от условий движения по сравнению с АБС и АПС.

- улучшение управляемости при максимально сложных условиях движения;

По своей сути, это единая система, работающая комплексно и обеспечивающая целый набор вспомогательных контраварийных действий. Электронный блок управления (ЭБУ) СКУ получает сигналы от датчиков, которые отслеживают различные па-

раметры поведения автомобиля, и оценивает ситуацию.

Для определения намерений водителя в системе используется выключатель педали тормоза (ВПТ) и следующие датчики: положения педали акселератора (ДППА), угла поворота рулевого колеса (ДУПРК). Для оценки фактического поведения транспортной машины установлены датчики: давления в главном тормозном цилиндре (ДД в ГТЦ), крутящего момента на рулевом колесе (ДКМ на РК), положения дроссельной заслонки (ДПДЗ), положения коленчатого вала (ДПКВ), поперечного ускорения (ДПпоУ), продольного ускорения (ДПроУ), уровня кузова (ДУК), угловой скорости (ДУС), частоты вращения колёс (ДЧВК) (рис. 10).

ДУС определяет скорость вокруг вертикальной оси, а ДПроУ устанавливается только на полноприводные АТС, т.к. на переднеприводных или заднеприводных транспортных машинах продольное ускорение оценивается косвенным путём (давление в главном тормозном цилиндре, частота вращения колёс, режим работы двигателя).

Датчики контролируются в три этапа:

1) При проверке важнейших датчиков применяется активный тест. ДУПРК обладает активной схемой самоконтроля. После подачи возбуждения на чувствительный элемент ДУС приходит ответный сигнал. Такая проверка называется тестом самодиагностики. В процессе активных тестов исполнительных механизмов и торможения происходит анализ правильности показаний ДД в ГТЦ.

Все ответные сигналы с датчиков поступают в ЭБУ СКУ, где происходит их постоянный анализ и на его основе вырабатывается общий сигнал исправности данной системы;

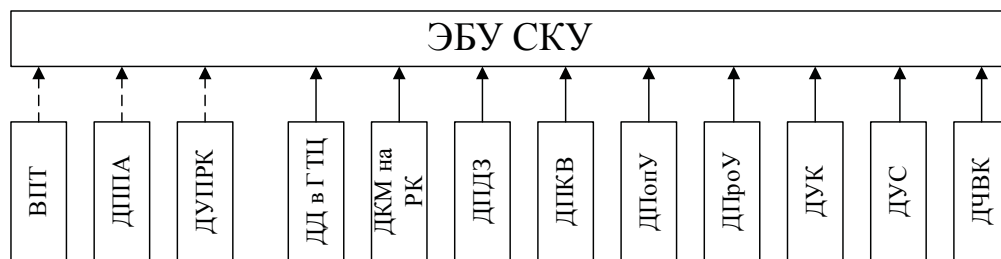


Рис. 10. Взаимодействие входных устройств с ЭБУ СКУ

→ – сигналы, по которым ЭБУ СКУ оценивает действия водителя;

→ – сигналы, по которым ЭБУ СКУ оценивает фактические параметры движения автомобиля

2) Во время движения АТС осуществляется контроль по программе постоянного наблюдения. При нём используются алгоритмы для определения величины рассогласования сигналов датчика и его калибровки;

3) Регистрируется искажение сигналов или их выход за допустимые пределы (нарушение формы). Осуществляется проверка на короткое замыкание соединительных проводов и внутренних соединений или их разрыв.

Все этапы обеспечиваются бортовой системой самодиагностики, интегрированной в ЭБУ СКУ. ССД частично или полностью отключает СКУ исходя из влияния неисправности на безопасность движения АТС и её вида [46].

ЭБУ СКУ использует информацию от датчиков, и в соответствии с заложенным программным обеспечением формирует управляющие воздействия на исполнительные механизмы.

Обмен данными между ЭБУ СКУ, ЭБУ АБС, ЭБУ двигателя внутреннего сгорания (ДВС), ЭБУ автоматической коробки переключения передач (АКПП), ЭБУ РУ с электроусилителем (ЭУ) и ЭБУ активной подвески происходит по мультисистемной шине данных CAN (рис. 11).

Входные устройства и исполнительные механизмы различных ЭБУ взаимодействующих с СКУ занесены в таблицу 2.

При трогании с места и во время движения ЭБУ СКУ вычисляет теоретическую скорость автомобиля путём считывания сигналов с каждого из ДЧВК с частотой до 30 раз в секунду. Силы, стремящиеся увести АТС с заданной траектории, рассчитываются на основе получаемых данных о скорости вращения колёс и поперечном ускорении. ЭБУ СКУ распознаёт ситуацию, как неконтролируемую, при наличии различий в намерениях водителя и реальным движением автомобиля [11].

Система начинает взаимодействие с ЭБУ АБС и вычисляет нужное тормозное воздействие на одно или несколько колёс, передавая сигнал на исполнительные механизмы. При блокировке одного или нескольких колёс во время торможения ЭБУ СКУ начинает процесс регулировки тормозного усилия в три фазы, подобно АБС: создание, поддержание и сброс давления. Самой современной и эффективной конструкцией считается раздельная регулировка на задних колёсах, так называемая 4-канальная АБС. В том случае, если ЭБУ СКУ распознает пробуксовку одного или двух ведущих колёс, он работает аналогично АПС, воздействуя на ТС и ДВС. Взаимодействие ЭБУ СКУ с ЭБУ ДВС позволяет корректировать мощность и обороты коленчатого вала, положение дроссельной заслонки и производить торможение двигателем.



Рис. 11. Взаимодействие ЭБУ СКУ с другими ЭБУ

→ – передача данных по шине CAN; - - -> – сигналы, поступающие от датчиков;
 - - -> – управляющие воздействия на исполнительные механизмы
 (после обработки сигналов с датчиков в соответствии с заложенными алгоритмами)

Таблица 2

Входные устройства и исполнительные механизмы различных ЭБУ
взаимодействующих с СКУ

ЭБУ взаимодействующие с СКУ	Входные устройства	Исполнительные механизмы
ЭБУ АБС	ВПТ, ДД в ГТЦ, ДУПРК, ДЧВК, датчик уровня тормозной жидкости, реле нагрузки на педаль	Электромагнитные клапаны, электродвигатель насоса обратной подачи гидравлического блока
ЭБУ АКПП	ВПТ, датчик частоты вращения на входе коробки передач, датчик частоты вращения на выходе коробки передач, датчик температуры рабочей жидкости, датчик положения рычага селектора, датчик положения паркинга/нейтрали	Распределительный модуль с электромагнитными клапанами и золотниками-распределителями с механическим приводом
ЭБУ активной подвески	ДПопУ, ДПроУ (устанавливается только на полноприводные автомобили), ДУПРК, ДУК, переключатель режимов работы	Регулирующие электромагнитные клапаны или электромагнитные катушки, компрессор, привод амортизаторов
ЭБУ ДВС	ДПДЗ, ДПКВ, ДППА, датчик давления топлива, датчик давления масла, датчик температуры масла, датчик детонации, датчик массового расхода воздуха (при наличии расходомера воздуха), датчик температуры воздуха на впуске, датчик давления во впускном коллекторе, датчики температуры охлаждающей жидкости, кислородные датчики, датчики положения впускного распределительного вала, датчики положения выпускного распределительного вала	<i>В топливной системе:</i> электрический топливный насос, перепускной клапан; <i>в системе впрыска:</i> форсунки, клапан регулирования давления; <i>в системе впуска:</i> привод дроссельной заслонки, привод впускных заслонок; <i>в системе зажигания:</i> катушки зажигания, свечи зажигания, клапан изменения фаз газораспределительного механизма; <i>в системе охлаждения:</i> термостат, ЭБУ вентиляторов радиатора, вентиляторы радиатора; <i>в системе рециркуляции отработавших газов:</i> электромагнитный клапан управления подачей вторичного воздуха, клапан рециркуляции отработавших газов; <i>в системе улавливания парами бензина:</i> электромагнитный клапан продувки адсорбера
ЭБУ РУ с ЭУ	ДКМ на РК, датчик угла поворота двигателя ЭУ	Двигатель ЭУ

ЭБУ СКУ постоянно проверяет наличие необходимости воздействия на двигатель и при восстановлении автомобилем устойчивости тут же его прекращает. Расчёт необходимого воздействия на исполнительные механизмы ДВС производится с учетом включенной передачи в АКПП, которую сообщает ЭБУ АКПП. Одновременно с этим дается запрет ЭБУ АКПП на переход на пониженную передачу. Также ЭБУ СКУ производит воздействие на исполнительные механизмы АКПП, САП и САРУ [60].

У СКУ имеется кнопка отключения для увеличения сцепления, путём пробуксовки ведущих колёс, в некоторых случаях. В это время система функционирует только путём тормозного воздействия до скорости 40 км/ч. Если условия для её работы сохраняются при разгоне более 40 км/ч, она действует до 60 км/ч.

После того, как зажигание включено, контрольная лампа СКУ горит. При пуске двигателя ЭБУ СКУ 2-3 секунды производит проверку системы и электрических ком-

понентов. Если проверка не выявила неисправностей, лампа СКУ гаснет. В случае обнаружения неисправностей, предупреждающая лампа продолжает гореть. При недостаточной зарядке аккумуляторной батареи (АКБ) контрольная лампа может погаснуть позже, чем через 2-3 секунды, т.к. СКУ функционирует при напряжении АКБ от 10,7 до 18,0 В.

Если на щитке приборов горит лампа СКУ, это свидетельствует об отключении системы из-за какой-либо неисправности в ней самой или в связанных с ней ЭБУ. Возможность движения в нормальном режиме (без СКУ) при этом сохраняется. Если в это время контрольная лампа АБС не горит, то АБС находится в исправном состоянии и торможение с ней возможно. Если существует отказ в АБС, то СКУ тоже перестаёт функционировать.

Загорание предупреждающей лампы СКУ во время движения АТС информирует водителя о потере курсовой устойчивости и начале функционирования системы. Это свидетельствует о различном числе оборотов колёс или потере управляемости транспортной машиной, например при заносе, которое зафиксировал ЭБУ СКУ [60].

СКУ может привести к дорожному инциденту или серьёзно ограничить возможность эффективного торможения и управления при движении или подскоке автомобиля на траве, бездорожье, неоднородном льду и асфальте с налётом сухого песка. Это обусловлено тем, что АТС находится в постоянной смене условий движения, а информация, приходящая на ЭБУ СКУ, поступает с небольшой задержкой. В такой ситуации система может принять решение, которое будет кардинально неверным в сложившихся дорожных условиях.

При проверке транспортной машины с СКУ на беговых барабанах, система должна быть отключена. Для этого следует вынуть предохранитель, снять разъем с гидравлического блока или ЭБУ СКУ или соединить клемму диагностического разъема с массой (для отключения системы достаточно выполнить один из приведённых вариантов).

При наличии СКУ буксировка АТС с поднятыми передними колёсами допускается только при неработающем двигателе, а на всех 4 колёсах возможна без ограничений.

Если отключалась АКБ, нужно проинициализировать ДУПРК. После замены ЭБУ СКУ следует выполнить его кодирование [60].

Существующий большой спектр экспериментальных методик оценки устойчивости и управляемости превращает проведение испытаний в дорогостоящий и длительный процесс, что ограничивает сферу их применения сертификационными испытаниями. Усложнение конструкции систем активной безопасности автомобиля и их развитие до уровня мехатронных, позволяет автоматизировать процесс управления транспортной машиной и обеспечить помощь водителю в аварийной ситуации. Мехатронные системы, которые используются в конструкции автомобилей, являются электронными помощниками при управлении АТС, и как любые системы, могут иметь технические неисправности и отказы. Поскольку СКУ осуществляет управление ТС, РУ, а так же силовым агрегатом, её неисправности в эксплуатации влияют на активную безопасность транспортных машин и зачастую приводят к фатальным последствиям [21].

Заблаговременный вывод из эксплуатации автомобилей с неисправностями систем, влияющими на их активную безопасность, сможет способствовать снижению риска возникновения ДТП [22].

Внедряемые в конструкцию АТС бортовые диагностические комплексы, осуществляющие мониторинг технического состояния систем активной безопасности, позволят предупредить линейные отказы транспортных машин и зафиксировать имеющиеся неисправности в момент возникновения аварийной ситуации [20]. Данная мера даст возможность реализовать имеющийся потенциал для уменьшения высокого уровня дорожно-транспортного травматизма в России.

Снижение количества автоаварий, намеченное Постановлением Правительства РФ от 3 октября 2013 года № 864 «О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах», реально добиться с помощью усовершенствования механизма контроля и надзора за деятельностью по обеспечению безопасности парка АТС [49].

Следует отметить, что и по сей день не существует стандартизированной методики диагностирования АБС и СКУ транспортных машин в эксплуатации, хотя научные исследования в этой области не прекращаются [21]. Таким образом, в системе технической эксплуатации автомобилей отсут-

ствуют нормативы и методики, позволяющие управлять техническим состоянием СКУ и обеспечивать её безотказность.

Методы диагностирования СКУ и её элементов

Результатом применения электроники стала автоматизация управления различными системами и адаптация их работы под разнообразные дорожные условия. Успешное внедрение электронных систем управления привело к значительному улучшению активной безопасности АТС. Уже сейчас стоимость электрооборудования транспортных машин превышает 10% от их общей стоимости.

При всём положительном эффекте от появления и усовершенствования электронных систем автомобилей появились новые сложные задачи: диагностирование и устранение их неисправностей [57].

В [47] приведены данные, что приблизительно в 70% случаев выход автомобилей из строя обусловлен отказом электроприборов или электронных систем управления. Это вызвано тем, что современные автомобили эксплуатируются в условиях целого ряда дестабилизирующих факторов, которые зачастую носят случайный характер и изменяются в широком диапазоне.

Диагностирование – не требующий разборки процесс оценки технического состояния различных по сложности объектов, подразумевающий в себе получение данных об их надёжности. Осуществляется путём измерения различных параметров, которые характеризуют состояние объекта, и дальнейшего сравнения их с нормативами. Диагностирование входит в систему технического обслуживания и ремонта, являясь наиболее совершенной по качеству формой контрольных работ. Благодаря ему происходит комплексное управление техническим состоянием автомобиля:

- оптимизация режимов регламентного контроля;
- оперативное выявление потребности транспортной машины в техническом обслуживании и ремонте с дальнейшей проверкой качества их выполнения [7].

Диагностирование – основной элемент для управления долговечностью и надёжностью АТС [47]. Его результатом является диагноз, который бывает положительным – обуславливается работоспособным состоянием автомобиля (требует подкрепления

информацией об остаточном ресурсе), и отрицательным – неработоспособным (нуждается в конкретизации и устранении неисправностей).

В [57] утверждается, что по замыслу конструкторов при решении задачи по выявлению неисправностей электронных систем управления важная роль отводится ССД ЭБУ. Она производит анализ входных и выходных сигналов, проверяя их соответствие эталонным аналогам, которые заложены в память. При выходе сигнала за уровень допустимого предела в память записывается информация о неисправности соответствующей системы АТС. Регистрация каждого сбоя в работе фиксируется в энергонезависимой памяти в виде «кода неисправности» [76]. Когда «код неисправности» зарегистрирован, СБД сосредотачивается на отдельных системах или их элементах и если в последующей работе неисправность больше не появляется, информация о ней стирается. Также в память в виде «стопкадра» вносится дополнительная информация о режиме работы и условиях окружающей среды в момент наступления сбоя, а также о виде неисправности (единичная погрешность в работе, постоянный дефект и т.д.).

Зачастую информации от ССД достаточно для нахождения неисправности. Но иногда данная система может функционировать не корректно из-за различных повреждений цепей или программных ошибок, которые происходят вследствие повреждения ячеек памяти [57].

В [3] упоминается, что одним из первых производителей, устанавливающим СБД на свои АТС, стала автомобильная корпорация *Toyota*.

Стандарт *OBD-II* стал единым для всех автопроизводителей. Он определяет протокол связи, тип и распиновку диагностического разъёма и формат передаваемых данных. Только 4 (корпус) контакта стандартного разъёма *Diagnostic Link Connector (DLC)* из 16 не могут менять своего назначения. Остальная часть контактов отводится для уникальных тестов производителей и не описывается стандартом.

Для исключения пуска двигателя с неисправностями при каждом запуске ДВС происходит полный цикл бортового диагностирования (БД) или самодиагностирования (СД). Мигание соответствующих контрольных ламп оповещает о результате БД и даёт возможность выявить систему, в которой

возникла неисправность. Сеанс СД можно провести только при включённом зажигании [71].

Часто СБД не может выявить неисправности самого ЭБУ. В этом случае для обнаружения неисправности следует использовать методику, описанную в [57], которая отличается от стандартных, используемых в большинстве ситуаций.

Определить неисправность ЭБУ можно по наличию механических повреждений, отсутствию связи с диагностическим прибором, пропаже сигналов управления исполнительными механизмами и отсутствию реакций на сигналы от датчиков.

В [57] предложен алгоритм проведения диагностирования ЭБУ:

- считывание «кодов неисправностей» из памяти;
- осуществление визуального осмотра;
- проверка значений фактических параметров;
- проведение теста исполнительных механизмов;
- замена ЭБУ на заведомо исправный (является наиболее достоверной, но сопровождается большим риском, т.к. возможен выход из строя исправного ЭБУ).

Осуществление последнего пункта алгоритма зачастую невозможно по причине отсутствия в наличии у станций технического обслуживания автомобилей (СТОА) запасных ЭБУ. С помощью этого метода можно только оценить неисправность ЭБУ в целом, а не устранить её, что тоже указывает на его недостатки.

Если несколько десятилетий назад для диагностирования неисправностей можно было обойтись простейшими инструментами и приборами (ключами, монтировками, вольтметром, амперметром, индикаторной лампой, компрессор, тестером и т.д.), то процесс диагностирования в наши дни уже нельзя представить без сложных электротестеров, автосканеров и диагностических стендов [57].

В [72] указано, что при СД РУ с электро-механическим усилителем (ЭМУ) происходит проверка на работоспособность и поиск неисправностей его основных компонентов. Недостатком СБД РУ с ЭМУ считается отсутствие возможности контроля его механической части [13]. Также возможно диагностирование с помощью различных сканер-тестеров. Динамика изменения технического состояния РУ с ЭМУ в эксплуата-

ции не может контролироваться с помощью «кодов неисправностей», которые считываются сканер-тестерами, т.к. значительное число ошибок возникает при полной потере его работоспособности [25]. Но из-за отсутствия гидравлических шлангов и жидкости РУ с ЭМУ всё же считается более надёжным, нежели РУ с электрогидравлическим усилителем (ЭГУ) и намного чаще используется в конструкции автомобилей. Поэтому исследования в области разработки новых методов диагностирования РУ с электромеханическим усилителем актуальны в наше время [52].

Авторы работы [23] утверждают, что на сегодняшний день методы контроля технического состояния АТС с АБС подразделяются на три вида: ССД, дорожные и стендовые испытания ТС.

Согласно методике дорожных испытаний содержащихся в ГОСТ Р 51709-2001 [14] транспортная машина должна двигаться по ровной горизонтальной дороге со скоростью выше 40 км/ч (порог отключения АБС) с дальнейшим затормаживанием путём однократного нажатия на орган управления в режиме экстренного торможения. В это время происходит оценка эффективности срабатывания тормозов по длине тормозного пути до полной остановки АТС и проверка равномерности их действия по отсутствию следов юза и прямолинейности траектории.

Метод диагностирования тестером, подключённым к диагностическому разъёму ЭБУ АБС до начала дорожных испытаний, который даёт возможность зафиксировать моменты начала сброса давления в приводе тормозов, рассмотрен авторами патента [39]. Процедуру, описанную в ГОСТ Р 51709-2001 [14] повторяют не менее 5 раз. При помощи фиксации тестером порядка начала сбрасывания давления в каждом приводе тормозных механизмов колёс контролируется их работоспособность, техническое состояние системы в целом, а также появляется возможность обнаружения неисправностей датчиков и электрических цепей входящих в систему.

Методика оценки работоспособного состояния АБС транспортных машин категории М1 в дорожных условиях согласно нормативам ГОСТ Р 51709-2001 [14] создана авторами работы [8]. Ими выбран комплексный оценочный параметр – проскальзывание колёс при торможении АТС. Также ими

был разработан комплекс для определения работоспособного состояния АБС автомобилей категории М1, который описан в работе [36] и включает в себя: ДЧВК, датчик скорости транспортной машины для определения эффективности торможения, динамометрическая педаль для оценки усилия оператора на органе управления ТС, шестиканальный аналого-цифровой преобразователь, преобразователь напряжения для питания шестиканального аналого-цифрового преобразователя и портативный компьютер (ПК) для записи и обработки полученных данных.

Авторами работы [23] утверждается, что широкое распространение в наши дни получили стендовые испытания АБС в условиях эксплуатации.

Метод диагностирования АБС с установкой одной оси автомобиля на роликовый стенд, для прокрутки его заторможенных колёс и измерения силы торможения, разработан авторами патента [67]. Со специального устройства на ЭБУ АБС направляется сигнал для имитации вращения тех колёс, которые при стендовых испытаниях неподвижны. Это сделано для улучшения качества результатов стендовых испытаний и их максимального приближения к реальным условиям дорожных испытаний на тормозную эффективность автомобиля.

Метод контроля эффективности торможения колёс и устойчивости АТС, оборудованных АБС, при проведении диагностирования на инерционных роликовых стендах, получил своё теоретическое обоснование в работе [48]. Системы стенда измеряют усилие на органе управления, силы торможения, угловые скорости опорных роликов и нагрузки на оси, а ДЧВК измеряют угловые скорости тормозящих колёс транспортных машин. Далее эта информация анализируется, что является основой данного метода.

Содержащий неподвижную и подвижную платформу с опорными и следящими роликами испытательный стенд предлагается авторами патента [38]. За счёт моделирования различных покрытий дорожного полотна с разным коэффициентом сцепления для любого выбранного оператором числа колёс стенд позволяет проводить диагностирование АТС, оборудованных АБС.

Комплексные моделирующие установки, дающие возможность определить закономерности функционирования в процессе

торможения элементов АБС и системы в целом созданы автором работы [51].

В работе [28] указано, что на сегодняшний день существует два поколения экспертных систем. Первое поколение – компьютерные системы, не имеющие накопителя предыдущего опыта и способные повторить диагноз диагноста, апеллируя лишь его знаниями. Их методы и модели представления знаний описывают только статические предметные области.

Ко второму поколению относят экспертные системы, усиливающие интеллектуальные способности человека. Их ещё называют партнёрскими. Они используют не поверхностные, а глубинные знания и имеют возможность эволюционировать. Такие системы способны решать задачи в сфере динамической базы данных предметной области [28].

Авторы работы [29] предлагают экспертную систему первого поколения для диагностирования АБС и СКУ, которая построена на основе модели «граф-дерево». В начале процесса диагностирования проходит визуальный осмотр и анализ поведения транспортной машины во время дорожных испытаний. При отсутствии неисправности разборка не требуется, а система делает запрос информации от измерительных приборов. Если неисправность обнаружена, то для её локализации происходит снятие показаний измерительных приборов с разборкой механизмов и агрегатов для дальнейшего диагностирования. Результатом теста является нахождение искомой неисправности.

Данная экспериментальная система применима на стандартных диагностических постах. Для этого необходимо иметь подъёмник, универсальный набор инструментов, мультиметр, автомобильный осциллограф и персональный компьютер (ПК).

Методика тестирования, при достижении оператором пункта «Диагностирование АБС», основана на поиске неисправностей датчиков системы, электрических цепей и гидравлического блока. А при достижении пункта «Диагностирование СКУ» производится тестирование для выявления отказов клапанов и гидравлического блока за счёт прикрепления диагностического модуля. Происходит разделение неисправностей ЭБУ и гидравлического блока. Данный диагностический комплекс универсален.

В работе [23] указано, что исследования по разработке стендовых методов испыта-

ния автомобилей с АБС на сегодняшний день приобрели наибольшую популярность. Хотя достоверность полученного в ходе таких исследований диагноза зачастую не даёт возможность оценить работоспособность системы в целом.

В работе [19] содержится информация об эксплуатации автомобилей с АБС, и утверждается, что 30% неисправностей данной системы в процессе диагностирования не обнаруживаются. Методы контроля работоспособного состояния АБС, существующие на сегодняшний день, позволяют водителю узнать о неисправностях данной системы лишь во время экстренного торможения на дорожном покрытии с низким коэффициентом сцепления.

Авторы работы [23] утверждают, что благодаря высокому уровню развития телематических систем возможно отслеживать техническое состояние АБС во время эксплуатации по показателям работоспособности.

В работе [46] утверждается, что безопасность эксплуатации СКУ обеспечивается её повышенной надёжностью и БД неисправностей отдельных компонентов и системы в целом. ССД СКУ контролирует все компоненты, которые электрически соединены с ЭБУ. Программное обеспечение СБД АБС и АПС, контролирующее сигналы и действия электрических соединений, легло в основу повышения надёжности и поиска неисправностей СКУ. Наряду с этим в СКУ внедрены дополнительные средства и программное обеспечение.

Стремление повысить надёжность СКУ предъявляет дополнительные высокие требования к методам и процессам производства компонентов, их сроку службы и функциональному взаимодействию друг с другом, а также на методы диагностирования неисправностей самой системы. В процессе работы СКУ должны быть минимизированы риски возникновения неисправностей. Любые отказы должны быть оперативно локализованы при первом же их появлении [46].

Современное оборудование для диагностирования выступает в роли интерфейса между ЭБУ и диагностом [2]. С помощью него диагност получает доступ к тестам исполнительных механизмов и памяти неисправностей, а также в удобном для себя виде (числовом или графическом) может узнать фактические значения параметров [61].

Неоценимую помощь при проведении диагностирования оказывают базы данных, записанные в памяти диагностических стоек, в которых находится информация о расположении и типе диагностических разъемов, эталонных значениях фактических параметров и бортовом оборудовании большинства марок и моделей автомобилей. Процесс диагностирования без неё был бы весьма затруднён [57].

В [3] приводятся условия, которые следует соблюдать при проведении диагностирования:

- ДВС прогрет до нормальной рабочей температуры;
- напряжение АКБ не менее 11 В;
- рычаг переключения передач в нейтральном положении;
- дополнительное оборудование отключено.

Аппаратура, применяемая при диагностировании ЭБУ различных марок и моделей автомобилей [74, 75]:

1) Компактный мультимарочный сканер *Launch CReader VIII (CRP 129)* предназначен более чем для 40 марок транспортных машин, произведённых в различных странах.

2) Мультимарочный сканер *Bosch KTS 520* используется для детальной расшифровки «кодов неисправностей» и доступа к необходимой диагностической информации по автомобильному оборудованию. Совместим более чем с 2000 моделей около 100 марок АТС и способен продиагностировать около 160 систем автомобилей, включающих в себя приблизительно 20000 разновидностей ЭБУ.

3) Универсальный мультимарочный сканер *ScanDoc* используется для диагностирования различных электронных систем управления. Взаимодействует с большинством автомобилей Европейских, Китайских, Корейских и Японских марок, а также с некоторыми моделями транспортных машин российских производителей.

В работе дилерских центров корпорации *Toyota* используется следующее универсальное диагностическое оборудование, с помощью которого можно проводить диагностирование всех ЭБУ установленных на различные модели АТС марок *Toyota* и *Lexus* [75]:

1) Профессиональный адаптер *Toyota TIS Mini VCI (TechStream)* предназначен для всех электронных систем транспортных машин, выпущенных корпорацией *Toyota* с

1996 года. Совместим со всеми моделями автомобилей марок *Lexus*, *Scion* и *Toyota*.

2) Адаптер *Toyota Mongoose MFC (TechStream)* применяется как на профессиональной СТОА, так и в небольшом частном гараже на несколько АТС. Имеет схожий функционал с профессиональным сканером *Toyota Denso Diagnostic Tester II*. Используется для всех моделей транспортных машин марок *Lexus*, *Scion* и *Toyota*, выпущенных с 2002 года.

3) Профессиональный сканер *Toyota Denso Diagnostic Tester II (Toyota Intelligent Tester II)* осуществляет диагностирование и проверку параметров всех ЭБУ. Предназначен для проведения полного диагностирования всех моделей автомобилей марок *Lexus*, *Scion* и *Toyota*.

4) Оригинальный сканер *MongoosePro Toyota (TechStream)* применяется для полномасштабного диагностирования и работы с любыми моделями АТС марок *Lexus*, *Scion* и *Toyota*. Является современной разработкой и заменой профессионального сканера *Toyota Denso Diagnostic Tester II*. Рекомендован автомобильной корпорацией *Toyota* к использованию с адаптером *Toyota Mongoose MFC (TechStream)*.

Использование сложной аппаратуры для диагностирования современных транспортных машин не исключает применение простейших инструментов и приборов, что позволяет максимально быстро обнаружить и ликвидировать неисправность. Этот вариант диагностирования считается комбинированным и является наиболее эффективным.

Такой метод контроля технического состояния АБС приведён в работе [58]. Он осуществляется путём совмещения диагностирования АТС на тормозных стендах с беговыми барабанами и мультимарочным сканером *Bosch KTS 520* [74].

Но, не следует забывать, что применение комбинированных средств по-прежнему только диагностику высокого уровня, с хорошими знаниями в сфере устройства автомобиля, электроники, а также законов химии и физики. Также диагност не может знать все нюансы электронных систем, т.к. на современных транспортных машинах различных марок и моделей встречается множество вариантов диагностических разъёмов и программного обеспечения [57].

В [17] приводится статистика компьютерного диагностирования всех систем, ко-

торая утверждает, что в ходе диагностирования приблизительно 20% от общего числа неисправностей составляют отказы ЭБУ и около 40% системы связи. Не редко результаты компьютерного диагностирования не подтверждаются поэлементным.

Научные работы в сфере повышения надёжности и активной безопасности АТС

Проблемой обеспечения устойчивости и управляемости транспортных машин занимались многие учёные, в их числе: Е.В. Балакина, А.В. Бочаров, М.В. Гурьянов, И.А. Долгов, В.Г. Дыгало, И.В. Колосов, В.В. Королев, Р.П. Кушвид, С.А. Морозов, В.Н. Нгуен, Т.М. Нгуен, Ч.К. Нгуен, А.А. Ревин, В.З. Русаков, В.И. Рязанцев, Д.А. Соцков, И.В. Ходес, С.С. Шадрин и другие. В рамках литературного обзора более подробно рассмотрены работы указанных учёных.

Основной целью исследования Е.В. Балакиной стало улучшение устойчивости движения автомобиля в режиме торможения без потери тормозной динамики на основе предпроектного выбора параметров элементов шасси, осуществление которого даёт возможность их комплексного определения, как конструктивных, так и эксплуатационных.

Для решения поставленных целей в её работе создана математическая модель и программный комплекс. Модель включает уточнённые зависимости: динамики заторможенного колеса, явления угловых колебаний управляемых колёс, явления увода эластичных колёс, упругих свойств шин [9].

В своей работе А.В. Бочаров занимался вопросом разработки экспериментально-расчётной методики оценки параметров, характеризующих управляемость и устойчивость АТС со всеми управляемыми колёсами и внедрением её в практику полигонных испытаний.

Им создана одномассовая пространственная математическая модель с тремя степенями свободы, а также разработана структурная схема критериев управляемости и устойчивости для получения взаимосвязи между параметрами, оцениваемыми водителем-экспертом и величинами, измеряемыми в ходе испытаний [12].

Целью исследования М.В. Гурьянова явилась разработка частотного метода оценки курсовой устойчивости транспортной

машины на основе её моделей в виде систем со многими степенями свободы с учётом характеристик грунта и нелинейным взаимодействием шин с дорожным покрытием, а также комплексная оценка качества переходных процессов в боковом движении.

Автором впервые построены математические модели автомобиля, позволяющие учитывать неограниченное число степеней свободы его упругой системы и неголономную связь шин с дорожным покрытием, в различных системах координат. Разработан программный комплекс для оценки устойчивости АТС и решения задач динамики в боковом движении [18].

В научной работе И.А. Долгова проведена разработка алгоритмов действия систем управления и расчётных методик моделирования курсового движения транспортной машины, а также анализ управляемого движения АТС в системе «водитель – автомобиль – дорога» математическими методами.

По итогам исследования предложено описание процесса управления движением транспортной машины на основе следящей системы с оптимизацией целевой функции управления [27].

В диссертации В.Г. Дыгало разработана методология альтернативных (виртуально-физических) испытаний автоматизированных тормозных систем АТС и технология моделирования, позволяющая исследовать рабочий процесс систем активной безопасности автомобиля и их эксплуатационные свойства в режиме торможения на стадии проектирования и производства для повышения качества, сокращения сроков и экономии ресурсов.

Итогом данной работы явилось решение проблемы создания основ альтернативной методики испытаний тормозной системы транспортной машины с АБС и сокращение процесса проектирования за счёт повышения качества доводочных испытаний систем активной безопасности АТС. Выделены основные классы моделей: «Колесо», «Шасси», «Шасси с водителем». Разработана технология создания лабораторных комплексов для проведения виртуальных испытаний как автомобиля в целом, так и его элементов при оснащении системой активной безопасности в соответствии с отечественными и международными нормативными требованиями [30].

Целью работы И.В. Колосова стала разработка расчётно-теоретических оценоч-

ных показателей управляемости двухосного АТС в режиме подруливания, а также методики их количественного определения и выявления конструкционных причин, вызывающих отклонение транспортной машины от прямолинейного курса.

Автором предложена математическая модель прямолинейного движения двухосного автомобиля в режиме подруливания, задаваемых кинематически поворотом РК по синусоидальному закону и основанная на жёсткостных и демпфирующих свойствах эластичных шин в поперечном направлении. Впервые предложено определение поперечного смещения и аналитическая зависимость для поперечной жёсткости шин на основе известной величины коэффициента их увода. Введено понятие – коэффициент конструкционной дестабилизации [33].

Исследование В.В. Королева было направлено на выявление закономерностей в системе электромеханического усилителя РУ транспортной машины, которые позволяют оценить её воздействие на показатели РУ, характеризующие эксплуатационные свойства АТС в целом.

Итогом работы стала разработка обобщённой модели системы электромеханического усилителя РУ, учитывающая конструктивные параметры автомобиля, условия движения и тип электропривода [35].

В своей научной работе Р.П. Кушвид затронул тематику прогнозирования показателей управляемости и устойчивости автомобиля с использованием комплекса экспериментальных и теоретических методов. Целью исследования являлось развитие теории и методов исследования управляемого движения транспортной машины, направленное на сокращение сроков проектирования и доводки АТС за счёт прогнозирования их показателей управляемости и устойчивости.

По итогам исследования разработана новая пространственная математическая модель автомобиля, учитывающая такие факторы, как эластокинематику подвески, изменение кинематических характеристик при силовом воздействии, изменение положения оси и центра бокового крена подвесочной массы транспортной машины, механику шин, кинематику и жёсткость РУ. Её применение даёт возможность с высокой степенью точности прогнозировать показатели управляемости и устойчивости АТС.

Автором создан новый комплексный метод определения связей конструктивных систем автомобиля с его управляемостью и устойчивостью, сочетающий экспериментальные исследования и теоретические, на базе пространственных математических моделей [37].

В своей работе С.А. Морозов определял угловые параметры качения управляемых колёс, как фактор повышения устойчивости движения и снижения нагруженности передней оси грузового автомобиля. Целью его исследования стало повышение устойчивости криволинейного движения транспортной машины, снижение уровня нагрузок, воспринимаемых элементами передней оси АТС, и уменьшение интенсивности бокового проскальзывания шин управляемых колёс путём выбора рационального соотношения углов наклона и поворота управляемых колёс.

Автором сформирована динамическая модель автомобиля для исследования устойчивости транспортной машины против опрокидывания, учитывающая влияние наклона плоскостей управляемых колёс, боковой и радиальной податливости шин [40].

Научная работа В.Н. Нгуена была направлена на повышение эффективности диагностирования технического состояния подвески АТС на вибростендах. Целью стало повышение безопасности автомобиля в условиях эксплуатации, на основе высокоэффективного стендового метода контроля влияния технического состояния подвески на качество сцепления шин с опорной поверхностью.

Итогом его работы стала разработка математической модели системы «кузов – подвеска – шина – стенд». На основе аналитического и экспериментального исследования данной системы обоснован метод диагностирования технического состояния подвески на вибростендах [42].

Целью исследования Т.М. Нгуена явилось повышение безопасности транспортной машины на основе методики комплексной расчётной оценки свойств траекторной управляемости по относительным боковым смещениям и ускорениям.

Автором разработан метод расчётной оценки влияния подвески, шин и рулевого привода на управляемость АТС, а также программа для оценки управляемости двухосной транспортной машины, позволяющая выбирать геометрические параметры для

достижения наилучшего свойства управляемости автомобиля [43].

Главной задачей в работе Ч.К. Нгуена стало повышение устойчивости движения АТС с использованием системы активного управления сходимением колёс совместно с другими системами активной безопасности.

Результатом его труда стала разработка математических моделей взаимодействия шины с дорогой при использовании модифицированной зависимости (диаграммы) горизонтальной силы, действующей в пятне контакта, от коэффициента скольжения и транспортной машины с применением модифицированной диаграммы скольжения на базе известной диаграммы скольжения [44].

В своей работе А.А. Ревин занимался решением проблемы повышения эффективности, устойчивости и управляемости при торможении автомобиля.

Автором осуществлено математическое описание динамики торможения двухосного АТС и математическая формализация динамики системы «привод – тормоз – колесо – дорога», а также создана модель транспортной машины при исследовании тормозных свойств на комплексной установке. Это удалось реализовать благодаря использованию имитационного моделирования на основе детерминированных пространственных многомассовых моделей, при учёте закономерностей планирования многофакторных искусственных экспериментов, с последующей графо-аналитической обработкой результатов для определения оптимальных зон изменения факторов [50].

Целью научной работы В.З. Русакова стало повышение безопасности автомобиля в эксплуатации. До его исследования не были систематизированы требования к оценке устойчивости и управляемости АТС в эксплуатации, не определена научно-методическая и техническая база для оценки отдельных свойств активной безопасности транспортной машины в эксплуатации, не выявлена необходимость развития полэлементной диагностики АБС.

Для решения данных задач автором разработана 4-массовая, 7-ми степеней свободы и 14-го порядка математическая модель на основе матричной структуры дифференциальных уравнений курсового движения автомобиля. Предложены вычислительные алгоритмы реализации моделей и прикладные программы «Курсовое движение», «Устойчивость движения» и «Прямолиней-

ное движение». Созданная база данных позволяет, на основе имитационной модели, уточнять методики расчёта манёвра для практики расследования и экспертизы ДТП с тяжёлыми последствиями в штатных и нештатных режимах движения с учётом изменения технического состояния систем активной безопасности АТС в эксплуатации [54].

Исследование В.И. Рязанцева было направлено на прогнозирование устойчивости движения транспортной машины с применением активной системы управления схождением колёс.

Автором разработан метод оптимизации параметров системы управления схождением для снижения энергозатрат на управление, уменьшения износа подвижных частей регулируемого рулевого привода и повышения устойчивости автомобиля. Создан метод управления схождением в режимах условно прямолинейного движения и движения на вираже, а также по косоугору, под действием боковой внешней нагрузки (ветра) [56].

Д.А. Соцков в научной работе затронул необходимость повышения эффективности торможения АТС при сохранении движения. Целью его работы являлось повышение активной безопасности транспортной машины при торможении на основе оптимизации распределения и регулирования тормозных сил.

Автор разработал модель для сравнительной оценки алгоритмов управления АБС и их оптимизации, позволяющую на стадии проектирования оценить преимущества и недостатки предлагаемых вариантов, а так же для исследования активной безопасности автомобиля при торможении [64].

Целью исследования И.В. Ходеса стала разработка теории и обоснования методологии прогнозирования и формирования показателей управляемости, позволяющей напрямую и комплексно оценивать динамическое искажение траектории сопоставлением кинематической траектории, задаваемой, в том числе, тестовым периодическим поворотом управляемых колёс (за период или его части) и динамически воспроизводимой при сопутствующих свободных и вынужденных поперечных колебаниях. Предшествующие модели прогнозирования и формирования показателей управляемости, до его работы, включали ряд параметров, которые идеализировали модели курсового движения АТС, что затрудняло прогнозирование

качества управления на этапах проектирования транспортной машины или её модернизации по нескольким параметрам.

Итогом труда И.В. Ходеса стало создание методологии прогнозирования управляемости автомобиля с учётом колебательных процессов в поперечном направлении, учитывающей эксплуатационные параметры. Произведено математическое описание кинематического курсового направления и траектории движения в функции от поворота управляемых колёс [68].

В научной работе С.С. Шадрина разработана методика расчётной оценки управляемости и устойчивости АТС на основе результатов ускоренных полигонных испытаний с помощью математической модели движения с фиксацией пяти кинематических параметров (продольная и боковая скорости, угловая скорость относительно вертикальной оси, боковое ускорение, угол поворота РК).

Предложенная методика позволяет проводить имитационное моделирование криволинейного движения транспортной машины с высокой точностью, определяемой экспериментальным характером получения исходных данных. Она применяется для определения степени влияния систем динамической стабилизации на свойства управляемости и устойчивости автомобиля в сравнении с базовой, и для сравнения эксплуатационных свойств разных АТС, в том числе одной модели [70].

Указанные исследователи в своих работах предложили различные модели курсового движения транспортной машины. Однако в исследуемых работах авторы не учитывали эксплуатационные факторы, оказывающие влияние на техническое состояние систем активной безопасности автомобиля. Разработка такой модели позволит прогнозировать параметры устойчивости и управляемости не только от изменения конструктивных параметров систем, непосредственно влияющих на безопасность движения, но и их эксплуатационного состояния. При этом её использование позволит не только минимизировать затраты на длительные и дорогостоящие полигонные испытания, но и контролировать работоспособность системы курсовой устойчивости АТС в эксплуатации. Кроме того, представляется возможным подходить к вопросу нормирования диагностических параметров, характеризующих техническое состояние транс-

портной машины и её систем, как по критерию безотказности, так и по критерию безопасной, по условию устойчивости и управляемости, эксплуатации, учитывающей взаимное влияние всех систем автомобиля друг на друга [21].

Список литературы

1. Автомобильный журнал «За рулём». Сведения об устойчивой тенденции ежегодного увеличения в автомобильном парке РФ доли иномарок. – Режим доступа: <http://www.zr.ru/content/articles/779343-inomarki-zaxvatili-rossijskie-dorogi/>. – (Дата обращения: 13.07.2015).
2. Автомобильный справочник Bosch: справочное пособие / пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулём», 2004. – 992 с.
3. АвтоМотоСпец. Работа без ошибок: самодиагностика Тойота. – Режим доступа: <http://avtomotospec.ru/sovety/samodiagnostika-toyota.html>. – (Дата обращения: 13.08.2015).
4. Анализ методов формирования требований к безопасности эксплуатируемых транспортных средств: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» / С.В. Бахмутов [и др.]. – М.: МГТУ «МАМИ», 2007. – 72 с.
5. Аналитическое агентство «Автостат». Сведения о долях автомобилей, оснащённых ABS и СКУ, которые эксплуатировались на дорогах Российской Федерации и Европейского союза в 2012 году. – Режим доступа: <http://www.autostat.ru/news/view/10788/>. – (Дата обращения: 13.10.2015).
6. Аналитическое агентство «Автостат». Сведения о распределении парка российских и зарубежных автомобилей РФ по возрасту. – Режим доступа: <http://www.autostat.ru/news/view/14571/>. – (Дата обращения: 13.07.2015).
7. Баженов Ю.В. Основы теории надёжности машин: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» и «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (по отраслям)». – Владимир: ВлГУ, 2006. – 160 с.
8. Баженов Ю.В. Оценка работоспособности тормозной системы, оборудованной ABS / Ю.В. Баженов, М.Ф. Кунин // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/104-6769>.
9. Балакина Е.В. Улучшение устойчивости движения колёсной машины в режиме торможения на основе предпроектного выбора параметров элементов шасси: дис. ... д-ра техн. наук. – Волгоград, 2010. – 418 с.
10. Безопасность автотранспортных средств: учебник для студентов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» / В.В. Ломакин [и др.]; под общей ред. В.В. Ломакина. – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – 299 с.
11. Борщенко Я.А. Электронные и микропроцессорные системы автомобилей: учебное пособие / Я.А. Борщенко, В.И. Васильев. – Курган: КГУ, 2007. – 207 с.
12. Бочаров А.В. Разработка экспериментально-расчётной методики оценки параметров, характеризующих управляемость и устойчивость легкового автомобиля со всеми управляемыми колёсами: дис. ... канд. техн. наук. – Дмитров, 1996. – 184 с.
13. Васильев В.И. Методы диагностирования автомобильного рулевого управления с электромеханическим усилителем / В.И. Васильев, В.В. Емельянов // Приложение к журналу «Современные проблемы науки и образования». – М.: ИД «Академия Естествознания», 2014. – № 6. – С. 5.
14. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – М.: Стандартинформ, 2010. – 37 с.
15. Государственная инспекция безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/stat/>. – (Дата обращения: 13.07.2015).
16. Грошев А.М. Применение электронных систем курсовой устойчивости на коммерческом транспорте российского производства / А.М. Грошев, А.В. Тумасов // Журнал ААИ. – М.: ООО «Издательский Дом ААИ ПРЕСС», 2010. – №1 (60). – С. 34-37.
17. Гурский А.С. Электронные системы управления автомобилем. Часть 3: Диагностирование электронных блоков управления автомобильных систем: лабораторные работы (практикум) для студентов специальностей «Техническая эксплуатация автомобилей» и «Автосервис» / А.С. Гурский, Е.Л. Савич. – Минск: БНТУ, 2012. – 63 с.
18. Гурьянов М.В. Частотный метод оценки курсовой устойчивости автомобиля на основе его моделей в виде систем с многими степенями свободы и нелинейным взаимодействием шин с дорожным покрытием: дис. ... канд. техн. наук. – Ульяновск, 2007. – 226 с.
19. Денисов Ив.В. Разработка методики управления техническим состоянием систем автомобиля, влияющих на безопасность движения: дис. ... канд. техн. наук. – Владимир, 2011. – 224 с.
20. Денисов Ил.В. Исследование влияния технического состояния автотранспортных средств на дорожно-транспортную аварийность в Российской Федерации / Ил.В. Денисов, А.А. Смирнов // Материалы VIII Всероссийской научно-практической конф. «Организация и безопасность дорожного движения». – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – С. 71-77.
21. Денисов Ил.В. Исследование имитационных моделей курсового движения автотранспортных средств / Ил.В. Денисов, И.А. Терентьев, Д.А. Хомутов // Материалы XVI Международной научно-практической конф. «Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств». – Владимир: ВлГУ, 2014. – С. 55-61.
22. Денисов Ил.В. Научные предпосылки автоматизации технологических процессов управления работоспособностью автотранспортных средств в эксплуатации / Ил.В. Денисов // Материалы XVI Международной научно-практической конф. «Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств». – Владимир: ВлГУ, 2014. – С. 41-49.
23. Денисов Ил.В. Обзор методов диагностирования тормозных систем автомобилей с ABS / Ил.В. Денисов, Н.И. Гуцу // Материалы XV Международной научно-практической конф. «Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств». – Владимир: ВлГУ, 2013. – С. 44-51.
24. Денисов Ил.В. Оценка уровня дорожно-транспортной аварийности с использованием нового относительного показателя / Ил.В. Денисов, А.И. Моисеев, Д.А. Хомутов // Материалы XV Международной научно-практической конф. «Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств». – Владимир: ВлГУ, 2013. – С. 124-129.
25. Денисов Ил.В. Планирование эксперимента по нормированию критерия работоспособности электромеханического усилителя рулевого управления автомобиля категории М1 / Ил.В. Денисов, Р.В. Нуждин, А.А. Смирнов // Материалы XVI Международной научно-практической конф. «Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств». – Владимир: ВлГУ, 2014. – С. 62-66.
26. Диагностирование автомобилей. Практикум: учебное пособие / А.Н. Карташевич [и др.]; под ред. А.Н. Карташевича. – Минск: «Новое знание», 2011. – 208 с.
27. Долгов И.А. Анализ управляемого движения автомобиля в системе «Водитель-Автомобиль-Дорога» математическими методами: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2013. – 214 с.
28. Дыгало В.Г. Диагностический комплекс систем активной безопасности автомобиля. Диагностика ABS и ESP / В.Г. Дыгало [и др.] // 63-я Открытая студенческая научно-

- техническая конф. «СНТК университета машиностроения 2013». – М.: МГТУ «МАМИ», 2013. – С. 220-224.
29. Дыгало В.Г. Комплекс для диагностики систем активной безопасности автомобиля / В.Г. Дыгало [и др.] // Известия Волгоградского государственного технического университета. – Волгоград: ВолгГТУ, 2013. – №10 (113). – С. 102-105.
30. Дыгало В.Г. Методология альтернативных (виртуально-физических) испытаний автоматизированных тормозных систем колёсных машин: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Волгоград, 2014. – 36 с.
31. Зиманов Л.Л. Организация государственного учёта и контроля технического состояния автомобилей: учебное пособие для студ. учреждений высш. проф. образования. – М.: ИЦ «Академия», 2011. – 128 с.
32. Коваленко О.Л. Электронные системы автомобилей: учебное пособие / О.Л. Коваленко. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. – 80 с.
33. Колосов И.В. Оценка управляемости двухосной колёсной машины в режиме подруливания: дис. ... канд. техн. наук. – Волгоград, 2003. – 200 с.
34. Коноплянко В.И. Основы безопасности дорожного движения: книга предназначена для водителей, преподавателей автошкол и курсов ДОСААФ. – М.: ДОСААФ СССР, 1978. – 128 с.
35. Королев В.В. Система электромеханического усилителя рулевого управления автомобиля: дис. ... канд. техн. наук. – Тольятти, 2005. – 188 с.
36. Кунин М.Ф. Методика оценки работоспособности тормозной системы автомобилей категории М1, оборудованных ABS: дис. ... канд. техн. наук. – СПб, 2013. – 135 с.
37. Кушвид Р.П. Прогнозирование показателей управляемости и устойчивости автомобиля с использованием комплекса экспериментальных и теоретических методов: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2004. – 348 с.
38. Логинов Ю.В. Испытательный стенд: патент РФ №2431814 / Ю.В. Логинов, В.А. Ловушкин, С.А. Шведов. – 2011. – Бюл. №29. – 10 с.
39. Малкин В.С. Способ диагностирования тормозов автомобиля, оборудованного антиблокировочной системой: патент РФ №2408482 / В.С. Малкин, А.Е. Буслаев. – 2011. – Бюл. №1. – 7 с.
40. Морозов С.А. Угловые параметры качения управляемых колёс как фактор повышения устойчивости движения и снижения нагруженности передней оси грузового автомобиля: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2006. – 227 с.
41. Мороз С.М. Обеспечение безопасности технического состояния автотранспортных средств в эксплуатации: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. – М.: ИЦ «Академия», 2015. – 208 с.
42. Нгуен В.Н. Повышение эффективности диагностирования технического состояния подвески автотранспортных средств на вибростендах: дис. ... канд. техн. наук. – Иркутск, 2012. – 194 с.
43. Нгуен Т.М. Методика расчётной оценки траекторной управляемости автомобиля по относительным боковым смещениям и ускорениям: дис. ... канд. техн. наук. – Волгоград, 2012. – 159 с.
44. Нгуен Ч.К. Повышение устойчивости движения автомобиля использованием системы управления сходимостью колёс: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2009. – 135 с.
45. Новости Казахстана. Данные по выпуску автомобилей с ESP. – Режим доступа: http://i-news.kz/news/2014/11/04/7793642-s_1_noyabrya_avtomobili_vypuskaemye_v_es.html. – (Дата обращения: 13.08.2015).
46. Петров А.П. Антиблокировочная и противобоксочная системы тормозов: учебное пособие / А.П. Петров, С.Е. Хоменко. – Курган: КГУ, 2003. – 103 с.
47. Петров М.В. Электрооборудование, электронные системы и бортовая диагностика автомобиля: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» / М.В. Петров, И.Ф. Дьяков. – Ульяновск: УлГТУ, 2005. – 114 с.
48. Портнягин Е.М. Метод контроля тормозной эффективности и устойчивости автомобилей с ABS при их диагностировании на роликовых стендах: дис. ... канд. техн. наук. – Иркутск, 2009. – 207 с.
49. Постановление Правительства РФ от 3 октября 2013 года № 864 «О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах» (с изменениями на 6 ноября 2014 года). – 99 с.
50. Ревин А.А. Повышение эффективности, устойчивости и управляемости при торможении автотранспортных средств: дис. ... д-ра техн. наук. – Волгоград, 1983. – 524 с.
51. Ревин А.А. Установка для оценки эффективности автомобильных ABS // Автомобильная промышленность. – М.: «Инновационное машиностроение», 2011. – №1. – С. 27-29.
52. Ремонтная зона Тушино-Авто. Диагностика системы электроусилителя руля. – Режим доступа: <http://www.tushino-avto.ru/repair/?id=42>. – (Дата обращения: 13.08.2015).
53. Ротенберг Р.В. Основы надёжности системы «водитель – автомобиль – дорога – среда». – М.: «Машиностроение», 1986. – 216 с.
54. Русаков В.З. Безопасность автотранспортных средств в эксплуатации: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2004. – 360 с.
55. Рыбин А.Л. Анализ ДТП в системе «человек – транспортное средство – дорога» // Автотранспортное предприятие. – М.: ЗАО «НПП Транснавигация», 2011. – №11. – С. 16-19.
56. Рязанцев В.И. Прогнозирование устойчивости движения автомобиля с активно управляемым сведением колёс: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2008. – 359 с.
57. Сараева И.Ю. Диагностирование электронных блоков управления автомобиля // Автомобильный транспорт. – Харьков: ХНАДУ, 2013. – №33. – С. 19-22.
58. Сараева И.Ю. Оценка тормозной эффективности автомобиля на роликовом стенде с использованием оборудования фирмы Bosch / И.Ю. Сараева, Р.В. Саенко // Автомобильный транспорт. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – №28. – С. 23-26.
59. Система стабилизации движения ESP (Elektronischen Stabilities Program). – Режим доступа: <http://refoteka.ru/r-187613.html>. – (Дата обращения: 13.08.2015).
60. Системы регулирования тягового и тормозного усилий (PFAB) легкового автомобиля Mercedes-Benz: учебное пособие. – М.: УЦ ЗАО «Мерседес-Бенц Автомобили», 2000. – 62 с.
61. Системы управления бензиновыми двигателями Bosch / пер. с нем. – 1-е изд. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулём», 2004. – 480 с.
62. Совет Федерации Федерального собрания РФ. Аналитическое управление аппарата Совета Федерации. К четвертому Международному конгрессу «Безопасность на дорогах ради безопасности жизни»: аналитический доклад / О.А. Кимлацкий [и др.]; под общей ред. В.Д. Кривовой // Аналитический вестник. – М., 2012. – №26 (469). – 149 с.
63. Сообщество машин и людей. Принципы действия системы ESP. – Режим доступа: <http://www.drive2.ru/l/3956190/>. – (Дата обращения: 13.08.2015).
64. Соцков Д.А. Повышение активной безопасности автотранспортных средств при торможении: дис. ... д-ра техн. наук. – Владимир, 1988. – 547 с.
65. Технический регламент Таможенного союза 018/2011 от 9 декабря 2011 года № 877 «О безопасности колёсных транспортных средств». – 465 с.
66. Федеральный закон РФ от 1 июля 2011 № 170-ФЗ «О техническом осмотре транспортных средств и о внесе-

нии изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». – 19 с.

67. Федотов А.И. Способы диагностирования тормозной системы автомобиля, оборудованного антиблокировочной системой (варианты), способ диагностирования тормозной системы автомобиля и устройство для осуществления способов: патент РФ №2297932 / А.И. Федотов [и др.]. – 2007. – Бюл. №12. – 15 с.

68. Ходес И.В. Методология прогнозирования управляемости колёсной машины: дис. ... д-ра техн. наук. – Волгоград, 2006. – 377 с.

69. Черняев И.О. Реализация мероприятий Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Санкт-Петербурге: региональная система управления техническим состоянием транспортных средств (на примере Санкт-Петербурга) // Сборник докладов конференции в рамках реализации плана ФЦП «Повышение БДД в 2006-2012 гг.». – СПб.: СПбГАСУ, 2008. – С. 22-25.

70. Шадрин С.С. Методика расчётной оценки управляемости и устойчивости автомобиля на основе результа-

тов полигонных испытаний: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2009. – 132 с.

71. Электрогидравлический усилитель руля. Устройство и принцип действия: учебный материал по программе самообучения VAG №259. – 27 с.

72. Электромеханический усилитель рулевого механизма с двумя шестернями. Конструкция и принцип действия: пособие по программе самообразования VAG №317. – 31 с.

73. Юхименко В.Ф. Безопасность транспортных средств: учебное пособие / В.Ф. Юхименко, А.А. Яценко. – Владивосток: ВГУЭС, 2009. – 208 с.

74. Carmod. Оборудование для автодиагностики. Мультимарочный сканер Bosch KTS 520. – Режим доступа: http://www.carmod.ru/products/bosch_kts_520s_multimarochnyj_avtoskaner. – (Дата обращения: 13.08.2015).

75. Electronic system. Любой ремонт начинается с диагностики. – Режим доступа: <http://electronicsystem.ru/avtoskanery/diagnostika-toyota-lexus>. – (Дата обращения: 13.08.2015).

76. White Ch. Diagnostic fault. Code manual: management. – Helsinki: Haynes Publishing Group, 1998. – 221 p.