РАЗРАБОТКА РЕАЛИЗУЮЩЕГО АЛГОРИТМА МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ОСНАЩЁННЫХ СИСТЕМОЙ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ, НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ил.В. Денисов, И.А. Терентьев

*ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»,
г. Владимир, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Благодаря развитию микроэлектроники конструкция современных автотранспортных средств насыщается микропроцессорными системами управления. Оснащение транспортных машин системой курсовой устойчивости, принятое на законодательном уровне за рубежом и планируемое в Российской Федерации в ближайшие годы, требует адаптации нормативно-технической документации для проведения диагностирования, технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей. Это обусловлено отсутствием эффективной методики диагностирования автотранспортных средств с мехатронными системами управления в период эксплуатации. Следовательно, в настоящее время на предприятиях автомобильного сервиса не представляется возможным оценить изменение технического состояния рассматриваемых транспортных машин, а также осуществить контроль адекватности принимаемых управляющих решений.

Материалы и методы. Обосновано повышение эффективности процедуры диагностирования автотранспортных средств с системой курсовой устойчивости за счёт реализации трёхступенчатой системы, предложенной авторами статьи, по сравнению с двухступенчатой, реализуемой в настоящее время на предприятиях автомобильного сервиса.

Результаты. Разработан реализующий алгоритм методики диагностирования транспортных машин, оснащённых системой курсовой устойчивости, в эксплуатации, базирующийся на трёхступенчатой системе технического диагностирования.

Обсуждение и заключение. Применение реализующего алгоритма, предложенного авторами статьи, на предприятиях автомобильного сервиса позволит оценивать техническое состояние автомобилей с мехатронными системами управления на этапе эксплуатации, осуществлять контроль адекватности принимаемых управляющих решений, прогнозировать остаточный ресурс и давать рекомендации по необходимому режиму и объёму работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: автотранспортное средство, система курсовой устойчивости, оценка технического состояния, предприятие автомобильного сервиса, реализующий алгоритм, методика диагностирования, трёхступенчатая система диагностирования.

© Ил.В. Денисов, И.А. Терентьев, 2018

Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC METHOD'S REALIZING ALGORITHM OF THE EQUIPPED WITH THE COURSE STABILITY SYSTEM VEHICLES AT OPERATION STAGE

Il.V. Denisov, I.A. Terentyev

*Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov,
Vladimir, Russia*

ABSTRACT

Introduction. Thanks to the development of microelectronics the design of modern vehicles is saturated with microprocessor control systems. Equipping of transport machines by the course stability system, adopted at the legislative level abroad and planned in the Russian Federation in the nearest years, requires the adaptation of domestic normative-technical documentation for possibility of diagnostics, maintenance and current repair of automobiles. Such situation appeared due to the lack of effective method of diagnostics vehicles with mechatronic control systems during operation. Consequently, it is not possible at the automobile service enterprises to assess the changing in the technical condition of the transport machines at once, as well as to monitor the adequacy control of the governing decisions.

Materials and methods. The research proves the increase in efficiency of the vehicles' diagnostic procedure with course stability system due to the implementation of three-stage system, proposed by the authors of the article and compared to two-stage, which is currently being implemented at automobile service enterprises.

Results. As a result, realizing algorithm of the transport machines' diagnostic method, equipped with the course stability system and based on the three-stage system of technical diagnostics was developed and implemented.

Discussion and conclusions. Application of realizing algorithm at automobile service enterprises would assess the automobiles' technical condition with mechatronic control systems at operation stage and would help to monitor the governing decisions' adequacy, to predict residual resource and give recommendations on necessary mode and volume of maintenance and current repair.

KEYWORDS: vehicle, course stability system, assessment of technical condition, automobile service enterprise, realizing algorithm, diagnostic method, three-stage system of diagnostic.

© Il.V. Denisov, I.A. Terentyev, 2018

Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильная промышленность развивается посредством интегрирования в конструкцию транспортных машин (ТМ) микропроцессорных систем, которые осуществляют контроль и управляют работой двигателя внутреннего сгорания (ДВС), рулевого управления (РУ), тормозной системы (ТС), ходовой части (ХЧ) и др.

Существующая система технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) автомобилей требует адаптации под автотранспортные средства (АТС), оснащённые мехатронными системами управления, поскольку назначение и корректирование необходимых режимов и объёмов технических воздействий следует производить по результатам диагностирования. Необходимо отметить, что современные ТМ имеют развитую систему бортового самодиагностирования, но её возможности ограничены формированием диагностической информации вследствие различных неисправностей. Данная система не позволяет оценить изменение технического состояния элементов автомобилей, а также осуществлять контроль адекватности принимаемых управляющих решений. Разработка эффективной методики диагностирования АТС с микропроцессорными системами управления является актуальной научной задачей, решение которой позволит использовать её в качестве инструмента при управлении техническим состоянием ТМ в эксплуатации.

Обязательное оснащение автомобилей системой курсовой устойчивости (СКУ), принятое на законодательном уровне за рубежом и планируемое в Российской Федерации в ближайшие годы, требует адаптации нормативно-технической документации по эксплуатации АТС, а именно ГОСТ 33997–2016, для проведения диагностирования, ТО и ТР рассматриваемых ТМ [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С учётом современного уровня развития науки в сфере технической эксплуатации АТС, на

предприятиях автомобильного сервиса (ПАС) контроль исправности ТМ с СКУ реализуется в две ступени. На первой осуществляется проверка сканером наличия кодов неисправностей (КН) *Diagnostic Trouble Codes (DTC)* в оперативной памяти (ОП) электронных блоков управления (ЭБУ) [2], а на второй – оценка качества принимаемых управляющих решений в процессе проведения дорожных испытаний, методы которых подробно описаны в ГОСТ 31507–2012. Существующая двухступенчатая система технического диагностирования (СТД) имеет ряд существенных недостатков, а именно: дорогостоящие и трудоёмкие дорожные испытания, а также зачастую отсутствие у ПАС полигона для их проведения. Таким образом, в большинстве случаев рассматриваемая система проверки технического состояния автомобилей, оснащённых СКУ, трансформируется из двухступенчатой в одноступенчатую и проводится исключительно с использованием сканера. Это нивелирует возможности ПАС по выявлению скрытых неисправностей СКУ и постановки точного диагноза. Кроме этого, возрастает вероятность появления ошибок первого и второго родов при диагностировании АТС.

В настоящей работе разработан реализующий алгоритм методики диагностирования ТМ с СКУ в период эксплуатации, ликвидирующий основную долю указанных выше недостатков и базирующийся на трёхступенчатой СТД (рисунок 1).

Проверка сканером наличия КН *DTC* в ОП ЭБУ (первая ступень) и проведение стендовых испытаний (вторая ступень) позволят с высокой степенью достоверности дать заключение о работоспособности СКУ. При этом дорожные испытания (третья ступень) будут назначены в случае безуспешных попыток поиска неисправностей на предыдущих ступенях либо для оценки качества выполненных технических воздействий. Работы третьей ступени рекомендуется проводить на базе предприятий, специализирующихся на сертификационных испытаниях автомобилей либо имеющих собственный полигон.

Рисунок 1 – Трёхступенчатая система технического диагностирования автотранспортных средств, оснащённых системой курсовой устойчивости, на этапе эксплуатации

Figure 1 – Three-stage system of vehicles' technical diagnostic, equipped with the course stability system at the operation stage
Источник: составлено авторами

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведение процедуры оценки технического состояния рассматриваемой системы осуществляется с использованием промышленно выпускаемых технических средств инструментального контроля по реализующему алгоритму методики диагностирования ТМ с СКУ в эксплуатации (рисунок 2).

В блоках алгоритма представлены все манипуляции, связанные с подключением и отключением аккумуляторной батареи (АКБ), включением и выключением зажигания, а также с запуском и остановкой ДВС.

При поступлении автомобиля на ПАС мастер-приёмщик опрашивает собственника о причинах обращения. ТМ устанавливается на пост диагностирования и к разъёму *On-Board Diagnostic-II (OBD-II)* подключается сканер (блок 2). Затем выполняется диагностирование шины данных (ШД) *Controller Area Network (CAN)* и всех ЭБУ (блок 4) [3]. Если неисправность обнаруживается (блок 5), то она выявляется и устраняется. Для этого проверяются все разъёмы (блок 6), провода линий *High* и *Low* (блок 9), а также согласующиеся резисторы и волновое сопротивление на всех участках ШД *CAN* (блок 12). Далее обследуются все ЭБУ (блок 15). Если обнаруживается неисправность ШД *CAN* либо ЭБУ, то процедура диагностирования АТС прерывается, а неисправность устраняется (блоки 8, 11, 14, 17), после чего процесс проводится повторно. При отсутствии неисправности корректируется скорость передачи информации по ШД *CAN* (блок 18).

Описанные выше диагностические операции (блоки 6, 9, 12, 15) позволяют контролировать исправность электрических цепей (ЭЦ) элементов, осуществляющих передачу информации непосредственно через ШД *CAN*. При этом для автомобилей возрастом более семи лет, оснащенных СКУ, диагностирование ЭЦ входных устройств предусматривается в отдельных блоках алгоритма ввиду транслирования информации непосредственно в ЭБУ.

Далее, согласно алгоритму, проводится процедура считывания КН *DTC*, имеющихся в ОП электронного блока управления антиблокировочной системой, конструктивно объединённого с электронным блоком управления системой курсовой устойчивости (далее – ЭБУ АБС-СКУ) (блок 20). В случае выявления КН *DTC* (блок 21) производится их расшифровка (блок 22).

При фиксации КН *DTC* одного из следующих входных устройств: датчика частоты вра-

щения колеса (ДЧВК) (блок 23), датчика угловой скорости кузова (ДУСК) (блок 38), датчика поперечного ускорения кузова (ДПоУК) (блок 38), датчика продольного ускорения кузова (ДПрУК) (блок 38), датчика угла поворота рулевого колеса (ДУПРК) (блок 47), датчика крутящего момента на рулевом колесе (ДКМРК) (блок 47) и выключателя стоп-сигнала (ВСС) (блок 48) – устанавливается и устраняется его причина в соответствии с блоками алгоритма. При этом ДЧВК состоит из наконечника датчика частоты вращения колеса (НДЧВК) и ротора датчика частоты вращения колеса (РДЧВК). На современных ТМ категории *M1* применяется блочная компоновка ДУСК, ДПоУК и ДПрУК, а последний датчик размещается исключительно на полноприводных АТС. ДКМРК оснащаются автомобили, имеющие рулевой механизм с электромеханическим усилителем рулевого колеса (РК).

При выявлении КН *DTC* датчика давления в главном цилиндре (ДДГЦ) (блок 51) устанавливается и устраняется его причина. Несоответствие развиваемого ТС давления и величины замедления ТМ может свидетельствовать не только о неисправности рассматриваемого датчика, но и о наличии воздуха в гидроприводе. В случае отсутствия нарушения герметичности (блок 55) проводится испытание для оценки степени достоверности преобразования давления в главном цилиндре (ГЦ) в сигнал, поступающий от ДДГЦ (блоки 57–61). Для этого сканером считывается сигнал, формируемый при воздействии на педаль тормоза (ПТ) с определённым ступенчато-нарастающим усилием, величина которого контролируется по педометру роликового тормозного стенда (РТС) (блоки 57 и 59). Затем полученные значения заносятся в карту диагностирования (КД), производится расчёт и по его результатам строится графическая зависимость изменения давления в ГЦ от приложенного усилия к ПТ, после чего сравнивается с номограммой (блок 59).

Важнейшим узлом СКУ является актуатор, обеспечивающий регулирование давления тормозной жидкости в каждом тормозном цилиндре и представляющий собой мехатронное устройство, состоящее из ЭБУ АБС-СКУ и гидромодулятора.

В случае обнаружения КН *DTC* таких элементов актуатора, как электродвигатель насоса обратной подачи (ЭДНОП) (блок 62), реле насоса обратной подачи (РНОП) (блок 62), реле отключения насоса обратной подачи (РОНОП) (блок 62), обмотка катушки обрат-

Рисунок 2 – Реализующий алгоритм методики диагностирования автотранспортных средств, оснащённых системой курсовой устойчивости, на этапе эксплуатации (начало)

Figure 2 – Realizing algorithm of the vehicles' diagnostic method, equipped with the course stability system at the operation stage (beginning)

ного электромагнитного клапана (ОКОБЭМК) (блок 63), реле обратного электромагнитного клапана (РОБЭМК) (блок 63), обмотка катушки редукционного электромагнитного клапана (ОКРЭМК) (блок 63), реле редукционного электромагнитного клапана (РРЕМК) (блок 63), обмотка катушки отсечного электромагнитного клапана (ОКОЭМК) (блок 63) и реле

отсечного электромагнитного клапана (РО-ЭМК) (блок 63), устанавливается и устраняется его причина в соответствии с блоками алгоритма [4].

При отсутствии вышеперечисленных КН *DTC* и наличии некорректных управляющих воздействий СКУ проводится проверка исправности входных устройств и наименее на-

Рисунок 2 – Реализующий алгоритм методики диагностирования автотранспортных средств, оснащённых системой курсовой устойчивости, на этапе эксплуатации (продолжение)
Figure 2 – Realizing algorithm of the vehicles' diagnostic method, equipped with the course stability system at the operation stage (continuation)

дёжных элементов рассматриваемой системы.

Прежде всего, согласно алгоритму, проверяется исправность ДЧВК и элементов, ограничивающих надежность ТС (блоки 65–76 и 80). Для этого устанавливается связь сканера с датчиками через ЭБУ АБС-СКУ (блок 65), а затем передняя ось АТС устанавливается на РТС (блок 66). Данный стенд позволяет вра-

щать колёса выбранной оси с фиксированной скоростью, указанной в его паспорте. После чего на РТС включается режим измерения (блок 67) и обеспечивается номинальная имитируемая скорость вращения колёс (блок 68). Фиксируются значения, формируемые левым и правым ДЧВК, считываемые сканером в реальном времени, а затем заносятся в КД (блок 69). Далее на стенде отключается режим изме-

Рисунок 2 – Реализующий алгоритм методики диагностики транспортных средств, оснащённых системой курсовой устойчивости, на этапе эксплуатации (окончание)
Источник: составлено авторами

рения и блокируются его ролики (блок 70). Для обеспечения максимальной точности при последующем расчёте такая проверка повторяется ещё два раза (блок 71). Далее снимается передняя и устанавливается задняя ось автомобиля на РТС (блок 72), а после этого аналогично вышеописанному способу осуществляется проверка её ДЧВК (блок 73). Затем со стэнда снимается задняя ось ТМ (блок 74) и по

показаниям сканера рассчитываются средние скорости вращения колёс (блок 75). Такая проверка позволяет установить наличие электрического контакта рассматриваемых входных устройств с ЭБУ системы, а также оценить качество их работы путём сравнения полученных значений с номинальной имитируемой РТС скоростью (блок 76). В случае отсутствия расхождений (блок 77) либо проведения про-

цедуры углублённого диагностирования элементов, лимитирующих надёжность ТС (блок 80) и ненахождения неисправностей (блок 81), выполняется прогнозирование остаточного ресурса ТС t_{TC}^o по условию вероятности безотказной работы ТС $P_{TC}(t)$ (блок 83) [5].

Затем производится проверка исправности ДУСК, ДПоУК, ДПрУК и элементов, лимитирующих надёжность ХЧ (блоки 85-96 и 100). Её возможно провести в процессе стендовых или дорожных испытаний. Для ПАС предпочтительнее отдаётся стендовым испытаниям, однако необходимое технологическое оборудование для диагностирования технического состояния данных входных устройств отсутствует. Таким образом, предлагается осуществлять такие испытания при помощи люфт-детектора, создающего динамические ускорения кузова АТС при максимальном толкающем усилии на площадках стенда, указанном в его паспорте. Для осуществления проверки устанавливается связь сканера с датчиками через ЭБУ АБС-СКУ (блок 85), а затем передняя ось автомобиля устанавливается на люфт-детектор и задействуется стояночный тормоз (блок 86). После этого включается стенд в режиме измерения (блок 87) и запускается режим проверки люфтов в диагональном направлении (блок 88). Фиксируется значение, формируемое ДУСК, в реальном времени считываемое сканером, и заносится в КД (блок 89). Далее на люфт-детекторе отключается режим измерения (блок 90). Для обеспечения максимальной точности при последующем расчёте данная проверка повторяется ещё два раза (блок 91). Затем вышеописанный способ проверки осуществляется для ДПоУК, включая режим проверки люфтов в поперечном направлении (блок 92), а в завершении для ДПрУК, запуская режим проверки люфтов в продольном направлении (блок 93). После этого отключается стояночный тормоз, и передняя ось ТМ снимается со стенда (блок 94), а далее рассчитываются средние ускорения кузова в диагональном, поперечном и продольном направлениях (блок 95). Данная проверка позволяет установить наличие электрического контакта рассматриваемых входных устройств с ЭБУ системы, а также оценить качество их работы путём сравнения полученных значений с показаниями сканера (блок 96). Сложность данного способа заключается в расчёте максимальных ускорений, которые приобретает кузов во время функционирования люфт-детектора. Также требуется нормирование значений формируе-

мых сигналов с целью их использования при проведении процедуры диагностирования. Данная работа ведётся, а её результаты будут представлены в последующей публикации. Если после сравнения полученных значений с показаниями сканера расхождения не обнаруживаются (блок 97) либо проводится процедура углублённого диагностирования элементов, лимитирующих надёжность ХЧ (блок 100, и неисправности не выявляются (блок 101), выполняется прогнозирование остаточного ресурса ХЧ t_{XC}^o по условию вероятности безотказной работы ХЧ $P_{XC}(t)$ (блок 103) [6].

Далее производится проверка исправности ДУПРК, ДКМРК и элементов, лимитирующих надёжность РУ (блоки 105-116 и 120) [7]. Для этого устанавливается связь сканера с датчиками через ЭБУ АБС-СКУ (блок 105), а затем закрепляется люфтомер-динамометр на РК АТС (блок 106). Данный прибор даёт возможность фиксировать угол поворота РК при нормированном усилии, приложенном к РК автомобиля. После чего РК устанавливается в положение, соответствующее прямолинейному движению (блок 107) и поворачивается против часовой стрелки с прикладываемым усилием в 5 Н к люфтомеру-динамометру (блок 108). Значение угла поворота при удержании РК фиксируется прибором и заносится в КД (блок 109). Затем фиксируемые значения, формируемые ДУПРК и ДКМРК, в реальном времени считываемые сканером, заносятся в КД (блок 110) и снимается усилие с люфтомера-динамометра (блок 111). Для обеспечения максимальной точности при последующем расчёте данная проверка повторяется ещё два раза (блок 112). Аналогично вышеописанному способу продолжается проверка датчиков, поворачивая РК по часовой стрелке (блок 113). Далее прибор демонтируется с РК (блок 114) и по показаниям сканера рассчитывается средний угол поворота и прикладываемый момент к РК (блок 115). Данная проверка позволяет установить наличие электрического контакта данных входных устройств с ЭБУ системы, а также оценить качество их работы путём сравнения полученных значений с показаниями люфтомера-динамометра и расчётными данными (блок 116). При отсутствии расхождений (блок 117) либо проведении процедуры углублённого диагностирования элементов, лимитирующих надёжность РУ (блок 120) и ненахождения неисправностей (блок 121), выполняется прогнозирование остаточного ресурса РУ t_{PY}^o по условию вероятности безотказной работы $P_{PY}(t)$ (блок 123) [8].

После реализации всех вышеизложенных пунктов алгоритма проверка ТМ, оснащённого СКУ, считается завершённой. Сканер отключается от разъёма OBD-II, а затем АТС снимается с поста диагностирования (блок 124).

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение рассматриваемого реализующего алгоритма на ПАС позволит определить вероятность безотказной работы конкретного автомобиля $P_{АТС}(t)$ (блок 125) с учётом его наработки t и сравнить её с допустимой вероятностью безотказной работы ТМ $P_{АТС}^A(t)$, которая равна 0,95 (блок 126).

В случае $P_{АТС}(t) \leq P_{АТС}^A(t)$ (блок 127), проводится ТР АТС (блок 128), а при $P_{АТС}(t) > P_{АТС}^A(t)$ выполняется прогнозирование остаточного ресурса АТС $t_{АТС}^0$ по условию $P_{АТС}(t)$ (блок 129). Затем сравниваются $t_{ТС}^0$, $t_{ХЧ}^0$, $t_{РУ}^0$ (блоки 130, 131 и 134) и выявляется остаточный ресурс технической системы, оказывающий наибольшее влияние на $t_{АТС}^0$ (блоки 132, 133 и 135). В завершении даётся рекомендация по необходимому режиму и объёму работ по ТО и ТР (блок 136) [9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Денисов Ил.В., Терентьев И.А. Научные предпосылки разработки системы управления техническим состоянием автомобиля, оснащённого системой курсовой устойчивости // Научное обозрение. Технические науки. Саратов: ИД «Академия Естествознания», 2016. № 4. С. 13–36.
2. White Ch. Diagnostic fault. Code manual: management. Helsinki: Haynes Publishing Group, 1998. 221 p.
3. Гурский А.С. Савич Е.Л. Электронные системы управления автомобилем. Часть 3: Диагностирование электронных блоков управления автомобильных систем: лаб. работы (практикум) для студ. спец. «Техническая эксплуатация автомобилей» и «Автосервис». Минск: БНТУ, 2012. 63 с.
4. Денисов Ил.В., Терентьев И.А. Структурный анализ системы курсовой устойчивости автомобиля категории М1 // Научное обозрение. М.: ИД «Наука образования», 2017. № 1. С. 55–59.

5. Баженов Ю.В., Кунин М.Ф. Оценка работоспособности тормозной системы, оборудованной АБС [Электронный журнал] // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. 7 с. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/104-6769>. – (Дата обращения: 13.01.2018).

6. Денисов Ил.В., Денисов Ил.В. К вопросу обеспечения безотказности передней подвески автомобиля ВАЗ-21703 в период эксплуатации // Научное обозрение. М.: ИД «Наука образования», 2016. № 20. С. 84–88.

7. Васильев В.И., Емельянов В.В. Методы диагностирования автомобильного рулевого управления с электромеханическим усилителем // Приложение к журналу «Современные проблемы науки и образования». М.: ИД «Академия Естествознания», 2014. № 6. С. 5.

8. Баженов Ю.В., Денисов Ил.В. Оценка структурной надёжности рулевых управлений с гидро- и электроусилителями // Автотранспортное предприятие. М.: «НПП Транснавигация», 2010. № 11. С. 40–42.

9. Баженов Ю.В., Денисов Ил.В., Денисов Ил.В. Вероятностная модель предотказного состояния автомобиля // Бюллетень транспортной информации. Мытищи: ИП Давыдов Г.Е., 2010. № 9. С. 35–38.

REFERENCES

1. Denisov Il.V., Terent'ev I.A. Nauchnye predposylki razrabotki sistemy upravleniia tekhnicheskim sostoianiem avtomobilia, osnashchennogo sistemoi kursovoi ustoichivosti [Scientific prerequisites for the development of control system for the technical condition of automobile equipped with a course stability system]. Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki, 2016, no. 4, pp. 13-36.
2. White Ch. Diagnostic fault. Code manual: management. Helsinki, Haynes Publishing Group, 1998, 221 p.
3. Gurskii A.S. Savich E.L. Elektronnyye sistemy upravleniia avtomobilem. Chast' 3: Diagnostirovanie elektronnykh blokov upravleniia avtomobil'nykh sistem: lab. raboty (praktikum) dlia stud. spets. «Tekhnicheskaiia ekspluatatsiia avtomobilei» i «Avtoservis» [Electronic automobile control systems. Part 3: Diagnostics of electronic control units for automobile systems: lab. work (workshop) for students of specialties «Technical operation of automobiles» and «Automobile service»]. Minsk, BNTU, 2012, 63 p.
4. Denisov Il.V., Terent'ev I.A. Strukturny analiz sistemy kursovoi ustoichivosti avtomobilia kategorii M1 [Structural analysis of the course stability system automobile category M1]. Nauchnoe

obozrenie, Moscow, 2017, no. 1, pp. 55-59.

5. Bazhenov Iu.V., Kunin M.F. Otsenka rabotosposobnosti tormoznoi sistemy, oborudovannoi ABS [Assessment of the performance of the brake system equipped with anti-lock braking system]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia*, 2012, no. 4, available at: <http://www.science-education.ru/104-6769> (date of application: 13.01.2018).

6. Denisov Iu.V., Denisov II.V. K voprosu obespecheniia bezotkaznosti perednei podveski avtomobilia VAZ-21703 v period ekspluatatsii [On the issue of ensuring the reliability of the front suspension of VAZ-21703 automobile during operation]. *Nauchnoe obozrenie*, Moscow, 2016, no. 20, pp. 84-88.

7. Vasil'ev V.I., Emel'ianov V.V. Metody diagnostirovaniia avtomobil'nogo rulevogo upravleniia s elektromekhanicheskim usilitelem [Methods for diagnostics of automobile steering control with an electromechanical amplifier]. *Prilozhenie k zhurnalu «Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia»*, Moscow, 2014, no. 6, pp. 5.

8. Bazhenov Iu.V., Denisov Iu.V. Otsenka strukturnoi nadezhnosti rulevykh upravlenii s gidro- i elektrousiliteliami [Evaluation of structural reliability of steering controls with the hydro- and electric amplifiers]. *Avtotransportnoe predpriiatie*, Moscow, 2010, no. 11, pp. 40-42.

9. Bazhenov Iu.V., Denisov Iu.V., Denisov II.V. Veroiatnostnaia model' predotkaznogo sostoiianiia avtomobilia [Probabilistic model of pre-failure state of the automobile]. *Biulleten' transportnoi informatsii, Mytishchi*, 2010, no. 9, pp. 35-38.

Поступила 06.02.2018, принята к публикации 25.06.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Денисов Илья Владимирович – канд. техн. наук, доц., кафедра «Автомобильный транспорт», Институт машиностроения и автомобильного транспорта, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (Россия,

600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, e-mail: denisoviv@mail.ru).

Терентьев Илья Александрович – аспирант очной формы обучения, кафедра «Автомобильный транспорт», Институт машиностроения и автомобильного транспорта, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (Россия, 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, e-mail: ilia7777777@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Denisov Ilya Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Department of Automobile Transport, Institute of Mechanical Engineering and Automobile Transport, Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov (Russia, 600000, Vladimir, 87, Gorky St., e-mail: denisoviv@mail.ru).

Terentyev Ilya Alexandrovich – Postgraduate student, Department of Automobile Transport, Institute of Mechanical Engineering and Automobile Transport, Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov (Russia, 600000, Vladimir, 87, Gorky St., e-mail: ilia7777777@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Денисов Ил.В. Вклад в общую работу составил 50%, что является ½ доли при разработке следующих разделов научной статьи: аннотации, введения, материалов и методов, результатов, обсуждения и заключения.

Терентьев И.А. Вклад в общую работу составил 50%, что является ½ доли при разработке следующих разделов научной статьи: аннотации, введения, материалов и методов, результатов, обсуждения и заключения.

AUTHOR CONTRIBUTION

Denisov II.V. Contribution to the overall work was 50%, which is ½ share in the development of the following sections of the scientific article: annotation, introduction, materials and methods, results, discussions and conclusions.

Terentyev I.A. Contribution to the overall work was 50%, which is ½ share in the development of the following sections of the scientific article: annotation, introduction, materials and methods, results, discussions and conclusions.