av0118.fm Page 1 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

Москва "Машиностроение"

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

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

№ 1 • январь • 2018

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 621.868.238.

ПЕРСПЕКТИВЫ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Д-р техн. наук **ШИПИЛЕВСКИЙ Г.Б.**
НИИЦ АТ 3 ЦНИИ МО РФ (gbship@mail.ru)

Рассматриваются возможные направления использования беспилотных автотранспортных систем, а также целесообразность и особенности их применения для легкового, пассажирского и грузового транспорта. Для последнего особо отмечается случай работы на замкнутых территориях.

Ключевые слова: *беспилотные автотранспортные системы, управление, эксплуатационная инфраструктура, "макроадресное" и "микроадресное" задание маршрута, безопасность перевозок.*

Shipilevsky G.B.

THE PROSPECTS AND FEASIBILITY OF APPLICATION UNMANNED VEHICLES SYSTEMS

Possible directions for use of unmanned vehicles systems as well as the feasibility and specifics of their application to personnel, passenger and freight transport are discussed. For the last the case of work in confined areas is highlighted specially.

Keywords: *unmanned vehicles system, control, operational infrastructure, "macroadress" and "microadress" routing, the safety of transportation.*

Современные наука и техника вполне способны решать задачи создания и функционирования беспилотных автотранспортных систем, под которыми понимается совокупность автомобилей, оборудованных аппаратурой для автоматического управления движением по заданному маршруту без участия водителя, и соответствующей инфраструктуры. Это подтверждается не только рассуждениями специалистов и анонсами различных проектов, но и действующими опытными образцами машин. При этом авторами таких разработок выступают как известные автопроизводители, так и достаточно крупные структуры информационно-технологического направления. В частности, в отечественных СМИ не раз упоминались работы КамАЗа с соисполнителями по гранту Министерства образования и науки, а также представленный фирмой "Электротранспортные технологии" беспилотный автобус "Матрёшка". Есть и многочисленные сообщения о работах военного назначения, дошедших не только до показа образцов, но и до принятия на вооружение. Например, изделие "Уран-6", проявившее себя в реальных операциях разминирования в Сирии. Немало сообщений о беспилотниках и в глобальных сетях.

Никаких сведений об особенностях устройства объектов в таких сообщениях не содержится, но это не является препятствием для специалистов в оценке уровня разработок. Здесь совершенно очевидно наличие стандартного набора устройств, обеспечивающих автоматизацию маршрутного управления и максимально возможную безопасность движения. Принципы действия этих устройств также известны и особых сомнений не вызывают. Правда, нужно сделать важное замечание: многие участники разработок в этом направлении слишком легковесно оценивают сложность той части маршрутного управления, которая связана с точным и безопасным поддержанием необходимой траектории движения транспортного средства. Между тем требования к точности в этой части очень жёсткие, так как допуски в них не превышают одного-двух десятков сантиметров. В то же время нечего и думать о применении сложных дорогостоящих средств, аналогичных навигационным системам флота, авиации или ракетной техники, которые в упомянутые допуски всё равно не укладываются из-за отсутствия такой необходимости.

Здесь следует вернуться на 30 или даже больше лет назад и внимательно изучить опыт работ по автоматизации управления сельскохозяйственными тракторами, которые достаточно успешно велись в СССР. Скорее всего, успеха можно ожидать только при грамотном и рациональном совмещении аппаратных средств

на машинах и введённых в дорожную инфраструктуру дополнительных средств типа специальной разметки, искусственных ориентиров разной физической природы и т.п. Но похоже на то, что энтузиасты и пропагандисты беспилотного автотранспорта этих проблем просто не видят.

Обращает на себя внимание то, что практически нигде нет системного анализа принципов формирования эксплуатационной инфраструктуры и приёмов рентабельного применения автотранспортных систем с такими свойствами. А ведь без решения этих задач самые совершенные и продвинутые разработки не найдут заинтересованного пользователя и рыночной перспективы, не дадут оснований для формулирования технических заданий на ОКР по созданию машин и их оборудования. Поэтому попытаемся провести такой анализ применительно к различным областям потенциального использования.

Сразу нужно отметить, что предлагаемые соображения относятся не столько к вопросам развития конструкций машин и средств беспилотного управления ими, сколько к проблемам их эксплуатации. Но жизнь показывает, что попытки найти приемлемые решения делают именно разработчики и производители машин. В связи с этим всё, что предлагается здесь, адресовано в первую очередь им.

Областями применения беспилотных машин будем считать легковой, пассажирский и грузовой автотранспорт. Проще всего представляется анализ легкового транспорта индивидуального и корпоративного пользования. Здесь можно предположить, что беспилотное управление будет использоваться как средство избавить пользователя от необходимости управлять автомобилем на заданном маршруте, обеспечивая гораздо более высокий уровень безопасности. При этом задание маршрута можно называть "макроадресным", состоящим из указания улицы и номера дома в городе или населённом пункте на загородной трассе. Выбор места остановки остаётся за пользователем, а сама постановка на паркинг может выполняться либо им же, либо автоматически (такая опция имеется уже у многих автомобилей).

Информационное обеспечение такого управления вполне приемлемо реализуется на основе спутниковых навигационных систем. Известные сведения о базовой точности позиционирования с помощью американской GPS с ошибкой порядка 30—50 см и широкое использование навигаторов на этой основе говорят о потенциальной возможности обходиться без дополнительных опций типа "Омнистар", используемых по абонентской подписке для автоматического траекторного управления тракторами и самоходными сельскохозяйственными машинами. Правда, таких сведений по отечественной системе "ГЛОНАСС" в открытой печати нет, как нет и сведений об успешных попытках использовать позиционирование на её базе для автоматического маршрутного управления. Здесь, по-видимому, не обойтись без эксперимента для принятия окончательного решения, особенно с учётом приведённых выше соображений. Не исключено, что повышение точности позиционирования всё-таки потребуется, и какие-то дополнительные опции придётся всё же привлекать. Но можно утверждать, что принципиальных затруднений в решении этой задачи не предвидится ни на программном, ни на аппаратном уровне. Всё остальное (управление силовой установкой и средства обеспечения безопасности) можно считать вполне решаемым.

Как видно, в такой постановке не возникают вопросы о дозаправке (или дозарядке батарей в случае электромобиля) и об обслуживании машин. Они целиком и полностью решаются пользователем. Но только наличие водителя на борту позволяет успешно преодолевать такие форс-мажорные обстоятельства, не допускающие движения по выбранному маршруту, как ремонт дороги или дорожных сооружений, а также случившиеся дорожно-транспортные происшествия, которые не могут быть предусмотрены в программе навигационной системы. Некоторые дополнительные особенности возникают при рассмотрении возможности применения таких машин в качестве беспилотных таксомоторов.

Придётся сделать выбор между вызовом машины к пассажиру через приложения смартфонов или частой сетью стоянок свободных машин в шаговой доступности (а может, и не нужно выбора, а должны быть доступны оба способа?). Можно считать достаточно лёгкой задачу оплаты проезда, если машины оснастить терминалами для ввода банковских карт. После прибытия к заданному месту и выхода пассажиров машина самостоятельно уходит к ближайшему из заданных месту стоянки. Однако пока трудно предложить рациональное организационное решение по обеспечению обслуживания, в том числе дозаправки или дозарядки таких машин. Здесь стоит внимательно посмотреть на первые результаты работы появившихся в Москве и других городах систем проката типа "каршеринг".

Применительно к пассажирским перевозкам, как внутригородским, так и междугородным, пока можно только напомнить о более строгих требованиях безопасности. Поэтому сейчас уверенно можно рассматривать только вспомогательную роль оборудования для беспилотного управления, в которой оно должно прежде всего обеспечивать повышенную защиту от наездов и столкновений, в том числе экстренными действиями. Правда, для междугородных перевозок можно чисто теоретически допустить на скоростных магистралях временные переходы в режим автопилота для снижения утомляемости водителя. Но насколько это повысит безопасность перевозок, и каким средствами должно обеспечиваться, прогнозировать довольно трудно.

Гораздо шире круг особенностей, которые следует учитывать при рассмотрении грузовых перевозок. Прежде всего необходимо отметить разнообразие в организации этих перевозок. Наиболее часто они организованы в виде разовых задач с различными отправителями, грузами и получателями.

В какой-то степени такие перевозки с точки зрения перспектив беспилотного управления близки к легко-

вому транспорту индивидуального пользования. Те же обстоятельства могут возникнуть как форс-мажор в городском движении. Но здесь имеет место макроадресное указание пунктов загрузки и выгрузки, и микроадресное, содержащее не поддающееся предварительному программированию указание таких подробностей, как места въезда и пути к местам загрузки и выгрузки (можно, например, напомнить, что иногда место въезда не совпадает с официальным адресом какого-то клиента). Очень маловероятно, что все многочисленные отправители и получатели разовых грузов оборудуют свои территории средствами ближней навигации для автоматической постановки прибывших для загрузки или разгрузки беспилотных машин в нужные позиции. Поэтому организация таких разовых перевозок в чисто беспилотном варианте для внутригородских условий, скорее всего, окажется неэффективной.

Нужно всё-таки подчеркнуть, что всё сказанное относится именно к таким условиям. Если же перевозки носят междугородный характер, то при выходах на скоростные магистрали можно считать беспилотное управление просто средством снижения утомляемости водителей и, соответственно, повышения безопасности перевозок (аналогично междугородному пассажирскому транспорту). Здесь нужно будет иметь в виду необходимость сопряжения устанавливаемой аппаратуры с предписанными законодательно тахографами.

Несколько иные свойства имеют регулярные перевозки между постоянными отправителями и получателями. Здесь теоретически могут быть запрограммированы и макро-, и микроадреса и для доставки груза, и для возвращения машины — либо на базу, либо на повторную загрузку (применительно к такому виду перевозок, как карьерные, загрузка имеет некоторую специфичность). Однако, как правило, и отправители, и получатели расположены в населённых пунктах, и на этих отрезках маршрутов вполне возможны форс-мажорные ситуации (строго говоря, и скоростные магистрали от них не застрахованы), реакции на которые очень трудно предусмотреть в программном обеспечении системы беспилотного управления. Кроме того, решение задач обслуживания машин, в том числе дозаправки, заставляет предусматривать наличие необходимого персонала и рациональную организацию его работы с минимальными простоями. Будут ли при этом обеспечиваться приемлемые экономические показатели перевозок, сказать трудно. Вдобавок можно задаться вопросом, какие производственные связи и на каких предприятиях могут поддерживаться такими перевозками и каковы объёмы беспилотных перевозок?

Исходя из сказанного, следует признать, что в настоящее время перспективы и целесообразность применения беспилотного автомобильного транспорта в целом представляются весьма туманными. Более оптимистично можно рассматривать реализацию таких технологий для легковых автомобилей индивидуального пользования, а несколько позже и для таксомоторных перевозок. Но это относится к перевозкам внутри населённых пунктов и на междугородных трассах общего пользования. А за кадром проведённого анализа остались транспортные системы, действующие на замкнутых территориях некоторых производств. И здесь можно обсуждать этот вопрос заново, учитывая особенности таких транспортных систем.

Замкнутая и ограниченная территория позволяет рассматривать возможность создания искусственной инфраструктуры. Кроме того, для этих условий можно иметь в виду создание специальных транспортных средств, изначально рассчитанных исключительно на беспилотное управление. Однако целесообразность создания и использования такой транспортной системы предполагает, что обслуживаемое этой системой производство обладает некоторыми специфическими и равнозначными особенностями.

Так, производство должно сопровождаться достаточно интенсивными внутренними грузопотоками. При этом они должны исчисляться количеством отправленных партий за единицу времени (в час, в день и т.п.). Только тогда появляется смысл создания специальной транспортной системы.

Внутренние перевозки должны быть жёстко имплементированы в технологические циклы производства. В связи с этим должны существовать строгие допуски на регулярность доставки грузов получателям в соответствии с действующими графиками. Другими словами, влияние опозданий доставки необходимых грузов на производительность должно быть ощутимым. Тогда специальная транспортная система даст эффект в смысле снижения потребности в промежуточных складах-накопителях, близкий к известному принципу "точно вовремя".

Расположение производственных зданий и сооружений на территории даёт возможность реализовать рациональную схему маршрутов без пересечений, в том числе с путями передвижения персонала во время пересменок и перерывов. Только тогда можно гарантировать работу системы без происшествий, тем более связанных с травматизмом людей.

Занимаемая производством территория достаточно обширна, значительная часть внутренних перевозок происходит на открытом воздухе и подвергается неблагоприятным погодным воздействиям. Они заставляют принимать меры, обеспечивающие необходимую защиту персонала и грузов.

Номенклатура перевозимых грузов должна быть достаточно широкой, а число получателей — большим. В этом случае диспетчерское управление перевозками становится достаточно напряжённым и чреватым ошибками из-за человеческого фактора.

Как видим, некоторые из указанных условий по существу являются общими свойствами существующих транспортных систем. Пояснений тех эффектов, которые станут доступными при переходе к новым системам, не требуется. Можно также указать на ряд дополнительных ожидаемых преимуществ.

Уровень квалификации персонала, выполняющего внутренние перевозки, обычно невысок, а мотивация и производственная дисциплина оставляют желать лучшего. Переход же на гораздо более технологичную

систему потребует более высокой квалификации персонала при одновременном сокращении его численности. И в этом плане переход на транспортную систему с полностью автоматическим управлением окажется гораздо более эффективным.

Специальные транспортные средства, предназначенные для работы в такой системе, будут проще по конструкции и дешевле в производстве и эксплуатации. Ведь в них можно полностью отказаться от элементов, обеспечивающих комфорт и безопасность водителя.

Создание таких транспортных средств представляется вполне возможным на современном уровне техники. Принципиальных затруднений здесь пока не предвидится, но некоторые вопросы потребуют обоснованного выбора решений, возможно, с проведением предварительных исследований. Их цели ещё рано формулировать, но некоторые особенности устройства и принципов работы этих средств можно уже сейчас считать предпочтительными.

Так, упаковка грузов должна производиться в стандартизованную тару, параметры которой будут приняты во внимание при конструировании транспортных средств. Здесь вполне вероятно использование стандартных паллет и других распространённых упаковок.

Энергетику этих средств можно считать исключительно основанной на применении электропривода. Отсутствие двигателя внутреннего сгорания снимет вопросы дозаправки и обеспечит высокий уровень экологической безопасности. Здесь может иметь место выбор между чисто аккумуляторным или проводным питанием (не исключён и комбинированный вариант, когда маршрутное движение обеспечивается проводами, а непосредственно подъезд к местам загрузки и выгрузки идёт за счёт заряда аккумуляторов).

Навигационное управление тоже не сулит особых затруднений. Так как схема маршрутов и координаты пунктов загрузки и выгрузки заложены в программу управления раз и навсегда, то команды диспетчерского управления будут содержать указания фиксированных кодов пунктов назначения, по которым бортовая система управления немедленно вызывает из памяти нужный маршрут, состоящий из основной части и указания подъезда к пункту назначения. Для управления на основной части маршрута представляются вполне достаточными возможности спутниковой навигации в базовом варианте (но не следует заранее отбрасывать возможные альтернативы в виде индукционных или иных способов позиционирования), а управление в непосредственной близости от пунктов назначения может быть основано на средствах ближней локации типа существующих систем "парктроник". Здесь только нужно будет выбрать, что оснащать ими — само транспортное средство или подходы к этим пунктам.

Команды диспетчерского управления должны передаваться исключительно по беспроводной связи. При этом должна быть обеспечена конкретная адресация команд и *квиттунга*, под которым в системах дистанционного управления понимается ответ управляемого объекта диспетчеру, подтверждающий принятие и правильное понимание полученной команды. Для этого каждое транспортное средство должно иметь присвоенный номер, нанесённый на его наружные поверхности в целях дублирующего визуального контроля с помощью, например, видеокамер, расставленных по маршруту. Не исключено использование табло, на котором будет показываться текущее положение и состояние каждой из машин. Ну и, конечно, у диспетчера должна быть связь с каждым пунктом назначения, по которой должны посылаться уведомления об отправке груза и приходить сообщения об окончании загрузки и выгрузки и готовности к началу движения средства. При этом должны быть предусмотрены разнообразные блокировки, исключающие несвоевременные или неправильные команды.

Конечно, будут и другие вопросы, однако предлагать ответы на все сейчас вряд ли стоит. Можно лишь подчеркнуть, что нерешаемых пока не предвидится. Гораздо больше неопределённости в других, не менее важных аспектах. В частности, приведённый выше перечень условий, которым должно отвечать производство, где можно ожидать эффективности применения обсуждаемой транспортной системы, указывает, что даже при их безоговорочном выполнении появляется ряд новых задач, которые придётся решать. Так что по состоянию на сегодняшний день такая транспортная система теоретически возможна, но её разработка и эксплуатация требуют обширных и глубоких исследований. Можно только иметь её в виду как потенциальную возможность для вновь проектируемых производств.

Есть ещё один фактор, заслуживающий внимания: существуют производства, где перевозки выполняются в среде, небезопасной для людей (постоянно или временно — примеры последнего можно привести применительно к карьерной разработке полезных ископаемых, где используются взрывы, после которых некоторое время погрузка с участием персонала не допускается до полного проветривания от дыма и пыли). Здесь переход к беспилотному транспорту в принципе был бы эффективен, но не следует забывать о необходимости погрузки, для которой роботы пока не разрабатываются.

Не исключена ещё одна версия беспилотной перевозки. Это перевозки небольших групп пассажиров по постоянным кольцевым или челночным маршрутам на выставках, ярмарках, а также в парках и заповедных территориях с фиксированными остановками (с выходом и попутными посадками или без них). Не исключено, что такой вид перевозок может оказаться востребованным — здесь не потребуются ни серьёзные исследования, ни существенные капитальные вложения. И тут для некоторых возможных применений стоило бы вспомнить о результатах работ НАТИ в конце 1960-х годов прошлого века по созданию индукционных систем автоматического вождения, основанных на использовании проложенных вдоль трассы кабелей, через которые пропускался переменный ток звуковой частоты. (Даже в конце 1990-х годов этот способ

был успешно использован нами при создании средств безэкипажного управления колонной танков-мишеней.) Заодно можно предупредить о том, что решения на базе инерциальных систем могут оказаться слишком дорогими, но при этом не обеспечивающими необходимой для наземного транспорта точности.

Таким образом, использование беспилотных автотранспортных средств в традиционном легковом, пассажирском и грузовом транспорте просматривается в основном как вспомогательное средство повышения безопасности. Более широкое применение они могут найти в легковых автомобилях индивидуального или корпоративного пользования, а в последующем — в таксомоторных перевозках. Более широкие перспективы это направление может иметь во внутрипроизводственном транспорте на закрытых территориях или в карьерах. Однако создание и внедрение таких систем потребует предварительных исследований по трём направлениям: *конструктивные решения* специальных транспортных средств для таких систем и средств контроля и управления для них (принципиальных затруднений здесь не предвидится, однако выбор из числа возможных вариантов по тем или иным элементам делать придётся); *методика выбора* производств как объектов использования таких систем и разработки логистических схем применительно к каждому конкретному производству; *методы оценки затрат* на использование существующего внутрипроизводственного транспорта. В любом случае, приступая к дорогостоящей разработке аппаратных и программных средств беспилотного управления, придётся конкретно определять, кто, где и как будет их использовать и какие эффекты при этом могут быть получены. При этом следует иметь в виду, что автоматизация маршрутного управления гораздо сложнее, чем это кажется на первый взгляд.

УДК 621.436.12

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДИЗЕЛЯ ДАВЛЕНИЯ ВПРЫСКИВАНИЯ ДО 300 МПа

Канд. техн. наук **ДУНИН А.Ю.**
МАДИ (a.u.dunin@yandex.ru)

Приводятся результаты первого этапа экспериментального исследования влияния давления впрыскивания до 300 МПа на показатели рабочего цикла дизеля. Эксперименты проведены на одноцилиндровой установке, оборудованной регулируемым наддувом и системой индицирования.

Ключевые слова: *аккумуляторная топливная система, высокое давление впрыскивания, электрогидравлическая форсунка, токсичность, дизель.*

Dunin A.Ju.

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE INFLUENCEON ENGINE CYCLE PARAMETERS FROM INJECTION PRESSU UP TO 300 MPa

In this paper presenting results offirst stage of experimental research of the influence on engine cycle parameters from injection pressure up to 300 MPa. Presented in this paper results are receivedwith experimental setup on diesel engine.

Keywords: *common rail fuel injection system, ultra-high pressure injection, common rail injector, pollution, diesel engine.*

В Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете (МАДИ) начаты исследования по совершенствованию рабочего процесса дизеля для удовлетворения требованиям перспективных экологических норм "*Euro-6*" и "*Tier-4*". В ряде ранее опубликованных зарубежными исследователями и ведущими производителями топливной аппаратуры статей утверждается, что эффективно решить эту задачу можно увеличив давление впрыскивания до 300 МПа, степень рециркуляции до 50 % и давление наддува до 0,5 МПа [1, 2]. Их этих направлений на первом этапе исследований избрали первое.

Для этого был разработан испытательный комплекс на основе моторного стенда с установленным на нём одноцилиндровым дизелем 1ЧН12/13. Давление наддува во впускной системе создаётся с помощью компрессора ротационного типа с электроприводом. Имитация работы турбины турбокомпрессора осуществляется поддержанием противодавления в выпускном коллекторе с помощью управляемого дросселя. Выбросы оксидов азота и углеводородов регистрируются газоанализатором "Инфралайт 11Р". Для измерения дымности используется дымомер "Инфралайт 11D", регистрирующий коэффициент ослабления светового потока. Индицирование рабочего процесса дизеля проводится с использованием измерительного комплекса *AVL*. Основные параметры одноцилиндровой установки указаны в табл. 1, форма и параметры камеры сгорания приведены на рис. 1.

В качестве системы впрыскивания использовалась доработанная аккумуляторная топливная система типа "коммон рейл" с электронным управлением. В ней применены электрогидравлические форсунки с электромагнитным управляющим клапаном, разгружен-

Таблица 1

Параметры дизеля	1ЧН12/13
Диаметр цилидра, м	120
Ход поршня, мм	130
Рабочий объем цилиндра, л	1,47
Степень сжатия	15,4
Число клапанов: впускных выпускных	 2 2
Расположение форсунок	Центральное
Система охлаждения	Жидкостная
Тип камеры сгорания	"Гессельман"

av0118.fm Page 6 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

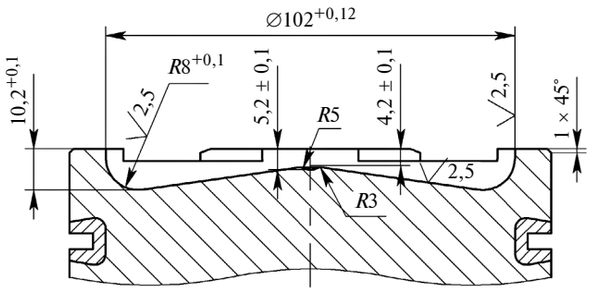


Рис. 1. Форма и параметры камеры сгорания дизеля 1ЧН12/13

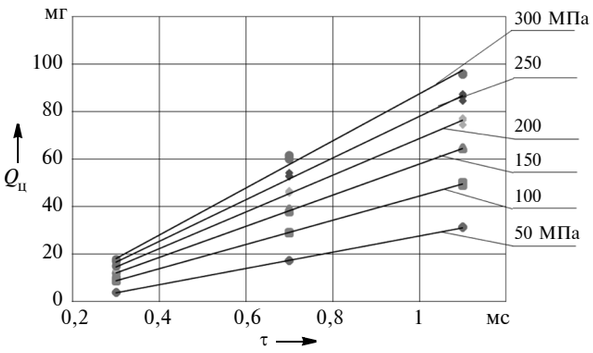


Рис. 2. Зависимость цикловой подачи $Q_ц$ электрогидравлической форсунки от длительности управляющего импульса τ и давления в аккумуляторе

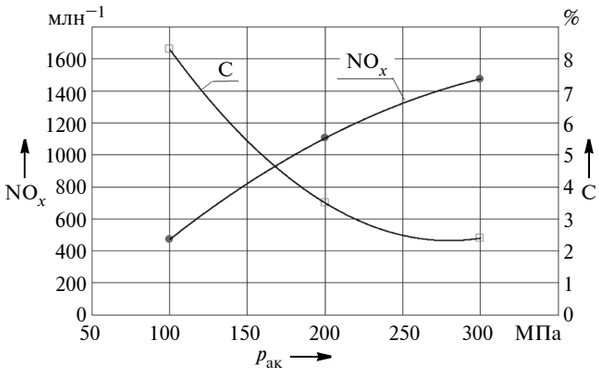


Рис. 3. Зависимость содержания оксидов азота и сажи в отработавших газах дизеля от давления в аккумуляторе $p_{ак}$ (n = 1500 мин$^{-1}$, $M_к$ = 60 Н·м, $\varphi_{о.вп}$ = 10° ПКВ до ВМТ)

ным от силы давления топлива и встроенным аккумулятором. Число распыливающих отверстий — 8, их диаметр — 0,09 мм.

Для проведения безмоторных и моторных испытаний в МАДИ разработана микропроцессорная система управления, позволяющая: осуществлять впрыскивание (в том числе многократное) в соответствии с заданным углом опережения $\varphi_{о.вп}$ и поддерживать необходимое давление в аккумуляторе $p_{ак}$.

На рис. 2 приведены расходные характеристики форсунки топливной системы дизеля 1ЧН12/13 в диапазоне давлений $p_{ак}$ от 50 до 300 МПа, определённые перед началом моторных исследований. Характеристики определены при впрыскивании топлива в воздушную среду при атмосферном давлении. Как видим, увеличение давления до 300 МПа значительно сокращает время впрыскивания топлива в камеру сгорания дизеля о чём косвенно свидетельствует снижение длительности управляющего импульса. Так для $Q_ц$ = 45 мг топлива, соответствующей работе дизеля 1ЧН12/13 на режиме частоты вращения коленчатого вала n = 1500 мин$^{-1}$ и крутящего момента $M_к$ = 60 Н·м без наддува, длительность управляющего импульса при повышении $p_{ак}$ с 100 до 200 МПа сократится в 1,5 раза.

Особенность методики исследования заключалась в том, что при разных значениях давления $p_{ак}$ поддерживалось постоянное значение крутящего момента $M_к$ = 60 Н·м при частоте вращения коленчатого вала n = 1500 мин$^{-1}$. Для оценки экологического эффекта от повышения величины давления впрыскивания использовалось однократное впрыскивание без применения рециркуляции отработавших газов.

Результаты исследований дизеля **в безнаддувном варианте**, полученные при угле опережения впрыскивания $\varphi_{о.вп}$ = 10° ПКВ до ВМТ приведены на рис. 3. Увеличение $p_{ак}$ с 100 до 300 МПа не оказало существенного влияния на выбросы углеводородов и привело к снижению дымности отработавших газов. Однако из-за повышения жёсткости рабочего процесса выбросы оксидов азота возросли: с увеличением давления впрыскивания они возрастают из-за повышения скорости нарастания давления ($dp/d\varphi$). Максимальные значения давления p_z в цилиндре и $dp/d\varphi_{max}$ приведены в табл. 2 (для n = 1500 мин$^{-1}$, $M_к$ = 60 Н·м, $\varphi_{о.вп}$ = 20° ПКВ до ВМТ). Как видим, увеличение давления $p_{ак}$ с 100 до 300 МПа привело к росту величины $dp/d\varphi_{max}$ в 2,2 раза, а p_z — в 1,4 раза. В целях снижения выбросов оксидов азота значение $\varphi_{о.вп}$ целесообразно уменьшать, что иллюстрирует рис. 4. Дымность растёт по мере снижения угла опережения впрыскивания. При увеличении давления $p_{ак}$ до 300 МПа эти тенденции становятся более очевидными.

Для дизеля с наддувом рассмотрена возможность улучшения экологических и экономических показателей дизеля, работающих при давлениях $p_{ак}$ до 300 МПа, повышением давления наддува. Рис. 5 и 6 иллюстрируют положительное влияние повышения избыточного давления наддува $p_к$ на выбросы оксидов азота и дымность. Это связано с ростом температуры заряда в камере сгорания и увеличением коэффициента избытка воздуха при условии поддержания определённого значения крутящего момента ($M_к$ = 60 Н·м) при различных сочетаниях $p_{ак}$ и $p_к$. Так, на режиме n = 1500 мин$^{-1}$, $M_к$ = 60 Н·м при повышении давления $p_к$ с 0,1 до 0,14 МПа дымность отработавших

Таблица 2

Показатели	Значения		
$p_{ак}$, МПа	100	200	300
$dp/d\varphi_{max}$, МПа/°ПКВ	0,35	0,59	0,77
p_z, МПа	6,31	8,13	8,99

av0118.fm Page 7 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

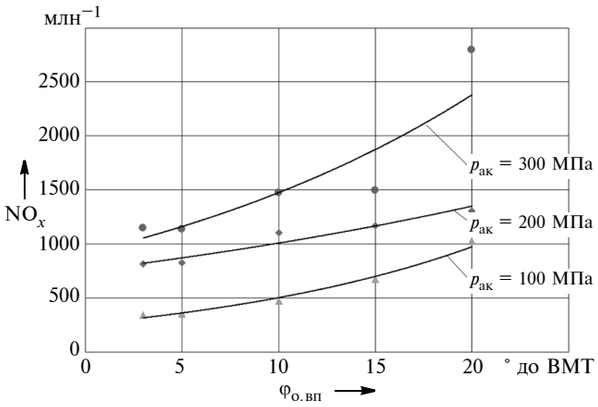


Рис. 4. Зависимость содержания оксидов азота в отработавших газах дизельного двигателя от угла опережения впрыскивания $\varphi_{о.вп.}$ (n = 1500 мин$^{-1}$, $M_к$ = 60 Н·м)

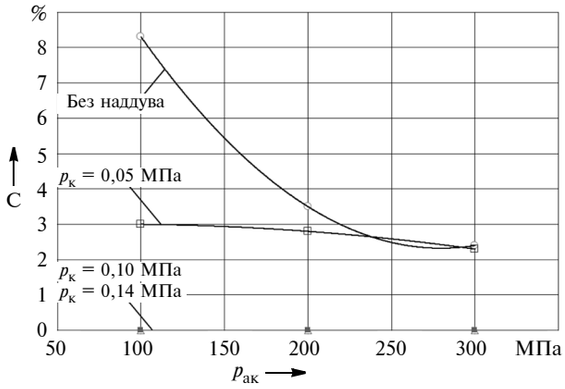


Рис. 6. Дымность отработавших газов дизеля 1ЧН12/13 в зависимости от давления впрыскивания при различном давлении наддува (n = 1500 мин$^{-1}$, $M_к$ = 60 Н·м, $\varphi_{о.вп}$ = 10° ПКВ до ВМТ)

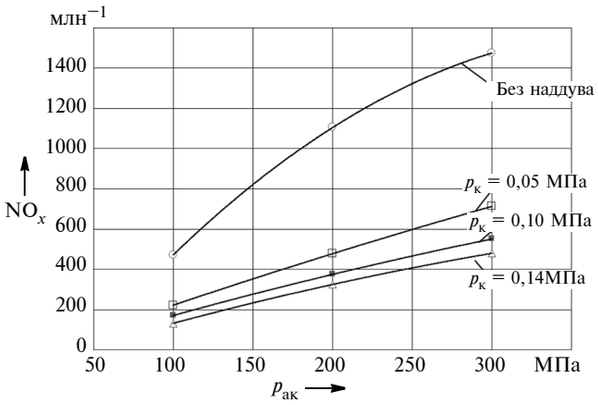


Рис. 5. Выбросы оксидов азота дизелем 1ЧН12/13 в зависимости от давления впрыскивания при различном давлении наддува (n = 1500 мин$^{-1}$, $M_к$ = 60 Н·м, $\varphi_{о.вп}$ = 10° ПКВ до ВМТ)

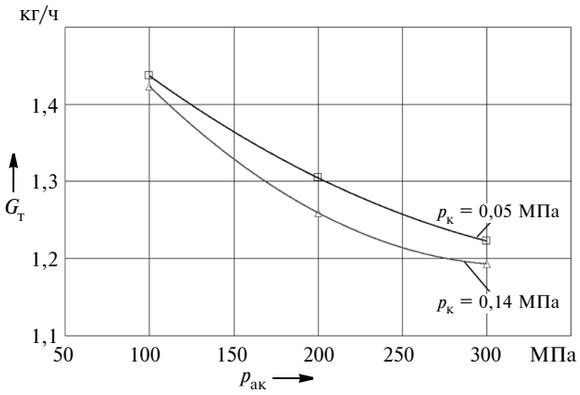


Рис. 7. Часовой расход топлива $G_т$ в зависимости от давления впрыскивания при различном давлении наддува дизеля 1ЧН12/13 (n = 1500 мин$^{-1}$, $M_к$ = 60 Н·м, $\varphi_{о.вп}$ = 10° ПКВ до ВМТ)

газов уменьшалась до минимального предела измерения дымомера (см. рис. 6). Эти данные корреспондируются с результатами работы [2], в которой выполнение норм обеспечивалось при сочетании $p_{ак}$ = 300 МПа, $p_к$ = 0,3 МПа и рециркуляции отработавших газов ≥40 %.

Увеличение давления впрыскивания и давления наддува при условии поддержания заданного режима работы (n = 1500 мин$^{-1}$, $M_к$ = 60 Н·м) привело к снижению часового расхода топлива $G_т$ (рис. 7). Так, по сравнению с работой дизеля 1ЧН12/13 на $p_{ак}$ = 100 МПа, $p_к$ = 0,05 МПа величина $G_т$ при $p_{ак}$ = 300 МПа, $p_к$ = 0,14 МПа снизилась на 17 %. Это вызвано сокращением продолжительности впрыскивания за счёт увеличения давления впрыскивания и увеличением коэффициента избытка воздуха повышением давления наддува. О значительном сокращении продолжительности впрыскивания косвенно свидетельствует снижение в 3,4 раза длительности управляющего импульса.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать: улучшение показателей рабочего цикла дизеля невозможно без дальнейшего повышения давления впрыскивания. Полученные в МАДИ экспериментальные данные по влиянию высоких давлений впрыскивания на показатели токсичности отработавших газов дизелей подтверждаются результатами исследований других организаций [3] и указывают на принципиальную возможность снижения выбросов токсичных составляющих до уровня "Евро 6" без использования систем нейтрализации. Повышение избыточного давления наддува $p_к$ существенно снижает выбросы оксидов азота, увеличивающиеся с ростом давления впрыскивания. Увеличение давления впрыскивания в сочетании с повышением давления наддува является эффективным средством снижения дымности отработавших газов.

Литература

1. Pflaum S., Wloka J., Wachtmeister G. Emission reduction potential of 3000 bar Common Rail Injection and development trends // CIMAC Congress. — 2010. — № 195. — 12 p.
2. Wloka J., Potsch C., Wachtmeister G. Injection spray visualization for 3000 bar Diesel injection // 24th Conference of the Institute for Liquid Atomization and Spray Systems. — 2011. — 10 p.
3. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов. — М.: Легион-Автодата, 2004. — 344 с.

av0118.fm Page 8 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

УДК 629.113.066

РОТОРНЫЙ МУЛЬТИПЛИКАТОР НЕПРЕРЫВНОЙ КОММУТАЦИИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ДВС

Д-р техн. наук **СВИЯЖЕНИНОВ Е.Д.**
Санкт-Петербургский ИПМаш РАН (8.905. 227-64-65)

Обобщаются способ и устройство непрерывной коммутации и многократного снижения частоты вращения ротора датчика зажигания ДВС.

Ключевые слова: *роторный бесконтактный датчик зажигания ДВС, холловские и оптоэлектронные сенсорные пары, фотоэлементы, вращающиеся магнитный и световой экраны.*

Svijazheninov E.D.

ROTARY MULTIPLIER FOR CONTINUOUS SWITCHING OF MULTICHANNEL IGNITION SYSTEM OF ICE

Method and device for continuous switching and multiple lowering rotation frequency of rotor for ICE ignition transducer are generalized.

Keywords: *rotary contactless transducer for ICE, Hall and optoelectronic sensor couples, photocells, rotating magnetic and light shields.*

Автором данной статьи в своё время были предложены усовершенствованные конструкции роторных датчиков зажигания ДВС, обеспечивающие кратные снижения частот их вращения и возможность непрерывной коммутации (см. "АП", 2014, № 4 и 2015, № 4). Напомним, снижение частоты вращения ротора датчика зажигания использовано в этих конструкциях в целях преодолеть противоречие между высокой частотой вращения коленчатого вала, определяемой "скоростной характеристикой" ДВС [1], и недопустимым ухудшением функционально-эксплуатационных качеств такого точного и ответственного устройства, каким является датчик зажигания, при высоких частотах вращения его ротора. Непрерывность же коммутации зажигания по цилиндрам ДВС — оптимальна по критерию выполнения главной функции датчика, — выработке низковольтных управляющих сигналов. Предложенные датчики по существу являются лишь простейшими частными случаями, тогда как данный подход позволяет практически неограниченно снижать частоты вращения роторных датчиков зажигания и обеспечивать непрерывность его коммутации по цилиндрам ДВС.

Воспользуемся современной концепцией системы независимого, или многоканального, зажигания двигателя внутреннего сгорания, в которой, в отличие от систем синхронного зажигания, каждый цилиндр, помимо свечи, снабжён своим сенсором, коммутатором и катушкой зажигания. Каждая катушка управляется независимо и даёт искру только для одного цилиндра. Коммутатор в таких системах может представлять собой один блок для всех катушек зажигания или отдельные блоки для каждой катушки зажигания. Катушки зажигания также могут стоять как отдельно, так и единым блоком, а кроме того, могут быть объединены с коммутаторами. Одна из наиболее популярных разновидностей таких систем — *COP-система* (англ. "*coil on plug*" — "катушка на свече"). В ней катушка зажигания ставится прямо на свечу, что позволяет полностью избавиться ещё от одного недостаточно надёжного компонента системы зажигания — высоковольтных проводов. Преимуществом систем независимого зажигания ДВС является то, что электрическая нагрузка поровну распределена между несколькими ветвями системы зажигания, уменьшая токовую нагрузку, износ, температурный уход характеристик её элементов; при выходе из строя сенсора или катушки перестаёт работать только один цилиндр двигателя, а система в целом сохраняет работоспособность [2, 3].

Широко известен роторный бесконтактный датчик зажигания [4], применяемый на автомобилях ВАЗ. Датчик формирует импульсы низкого напряжения первичной цепи системы зажигания, управляющие коммутатором для включения и выключения катушки зажигания — импульсного трансформатора. Устройство включает неподвижный статор и вращающийся ротор, расположенный внутри статора по его оси симметрии. Функция статора — размещение одной сенсорной пары, а ротора — экранирующего экрана с прорезями, разделяющего два элемента этой сенсорной пары. Число прорезей экрана равно числу цилиндров ДВС, так что за один полный оборот ротора датчик вырабатывает полный цикл сигналов для всех цилиндров. Что, в свою очередь, отвечает двум полным оборотам коленчатого вала для четырёхтактного ДВС. Таким образом, частота вращения ротора датчика зажигания только вдвое меньше частоты вращения коленчатого вала.

Частоты вращения коленчатых валов автомобильных двигателей постоянно возрастают и в настоящее время достигают 5000...8000 мин$^{-1}$ [4, 5]. Это обусловлено исключительно особенностями функционирования ДВС: максимумы вырабатываемых ДВС мощностей и крутящих моментов лежат в достаточно узких высокочастотных диапазонах оборотов коленчатого вала. Соответственно, частоты вращения ротора датчика также высоки и для четырёхтактного ДВС должны составлять 2500...4000 мин$^{-1}$. Но высокие частоты вращения ротора датчика зажигания совершенно не требуются для его оптимального функционирования. Более того, они вредны и весьма опасны. Действительно, столь высокая частота вращения ротора такого точного и ответственного устройства, каким является датчик зажигания, приводит к целому ряду причин, резко снижающих его функционально-эксплуатационные качества. Перечислим только некоторые из них.

Во-первых, высокая частота вращения ротора-экрана приводит к весьма малому промежутку времени прохождения прорези экрана через единственную сенсорную пару, что аналогично малому времени замкнутого состояния контактов в контактной системе зажигания, а это не обеспечивает высокой надёжности процесса воспламенения рабочей смеси. При этом большая часть времени вращения ротора датчика зажигания расходуется не на выполнение его главной

функции — выработку управляющих напряжений, а на непроизводительную холостую транспортировку очередной прорези экрана к сенсору.

Во-вторых, единственная сенсорная пара традиционной системы зажигания, последовательно обслуживающая все свечи цилиндров ДВС, непрерывно испытывает весьма интенсивные высокочастотные переменные токовые нагрузки, вызывающие джоулево тепловыделение и температурный уход электрических свойств. При выходе из строя сенсора полностью прекращается работа всей системы зажигания. Представляется рациональным эту высокочастотную электрическую нагрузку на одну сенсорную пару поровну распределить между несколькими парами, каждая из которых обслуживает свой цилиндр.

В-третьих, высокая частота вращения ротора влечёт повышенный износ подшипниковых узлов ротора и высокий уровень вибраций, снижающий точность устройства и приводящий к усталостным разрушениям и механическим тепловыделениям.

Иначе говоря, если для коленчатого вала ДВС "высокооборотность" — необходимое эксплуатационное условие, то для роторного устройства его системы зажигания — существенный конструктивный недостаток.

Эти проблемы привели к постепенному отказу от применения роторных датчиков в пользу систем зажигания, не имеющих вращающихся частей вовсе [6]. А именно, в пользу цифровых электронных и микропроцессорных систем зажигания с зашитой программой, управляемой входными сигналами, снимаемыми с многочисленных датчиков. Сложность и многокомпонентность таких систем отрицательно сказывается на надёжности и ремонтопригодности. Прежде всего, классический роторный датчик зажигания не подвержен радиационному, электромагнитному или тепловому воздействию (имея в виду боевые условия военной техники), как все сложные микроэлектронные компоненты. Он не требует электронных прошивок, зачастую дающих сбои. А при непредвиденных обстоятельствах его можно отремонтировать вне ремонтной базы. Микропроцессорные же электронные системы зажигания не обладают достаточной ремонтопригодностью в полевых условиях, а также электромагнитной, тепловой и радиационной устойчивостью при боевых использованиях. Между тем модернизация роторных датчиков, закрывающая вышеуказанные проблемы, считавшиеся ранее тупиковыми, теперь возможна.

Конструктивно мультипликатор непрерывной коммутации многоканальной системы зажигания *n*-цилиндрового ДВС на базе холловских или оптоэлектронных пар (рис. 1) состоит из вращающегося ротора с магнито- или светоэкранирующей цилиндрической оболочкой *1* с равномерно распределёнными по окружности прорезями *2* угловой величины γ_r, разделяющей элементы равномерно установленных по окружности статора *n* сенсорных пар угловой величины γ_s. Холловские сенсорные пары состоят из датчиков Холла и постоянных магнитов, тогда как оптические — из фоточувствительных элементов и излучающих светодиодов. Экран содержит $mn + 1$ или $mn - 1$ прорезей, где *m* — любое натуральное число: $m = 1, 2, 3, ...$ (пат. № 2586079, РФ). На данном рисунке представлена схема мультипликатора непрерывной коммутации многоканальной системы зажигания четырёхцилиндрового ДВС на основе холловских или оптоэлектронных пар для значения параметра $m = 3$.

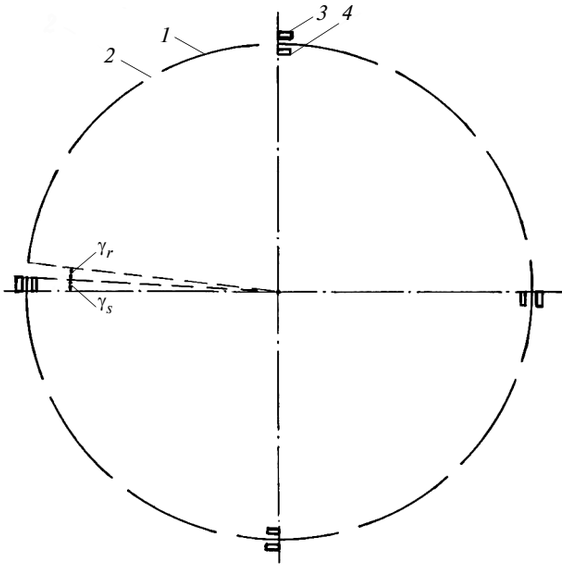


Рис. 1. Мультипликатор непрерывной коммутации на базе холловских или оптоэлектронных пар — датчик зажигания четырёхцилиндрового ДВС:

1 — экран ротора; *2* — прорези экрана; *3* — датчики Холла или фотоэлементы статора; *4* — постоянные магниты или источники света (светодиоды) статора

Заметим, оптические сенсоры — более высокоточные и безынерционные, чем магнитные и электрические измерители. Источники света могут функционировать как в видимом, так и в инфракрасном спектре. Современные оптические устройства работают и при высоких температурах, вплоть до 125 °С [1, 7].

Отдельные светодиоды, входящие в оптоэлектронные пары и располагающихся на статоре внутри экрана, можно заменить единым источником света, расположенным в центре статора. Так, приходим к следующей схеме устройства, являющейся логическим продолжением предыдущей. Такой оптический мультипликатор непрерывной коммутации зажигания *n*-цилиндрового ДВС (рис. 2) состоит из вращающегося ротора со светоэкранирующей цилиндрической оболочкой *1* с равномерно распределёнными по окружности прорезями *2* угловой величины γ_r, отделяющей равномерно установленные по окружности статора *n* фотоэлементов *3* угловой величины γ_s от расположенного в центре источника света *4*. Экран содержит $mn + 1$ или $mn - 1$ прорезей, где *m* — любое натуральное число: $m = 1, 2, 3, ...$ (пат. № 2588602, РФ). На рисунке показан вариант для четырёхцилиндрового ДВС и $m = 2$.

Обозначим через γ полный (суммарный) угол прорези ротора *2* и сенсора статора *3*: $\gamma = \gamma_r + \gamma_s$. При этом угол γ_r может быть как больше угла γ_s, так и меньше его. Соотношение углов γ_r и γ_s определяется конкрет-

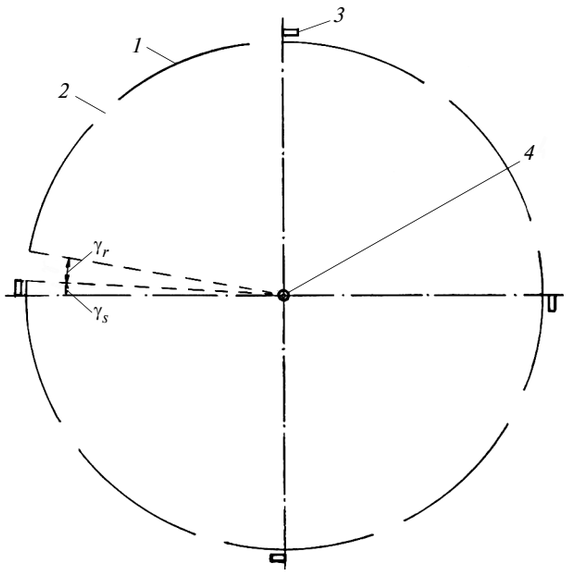


Рис. 2. Оптоэлектронный мультипликатор непрерывной коммутации — датчик зажигания четырёхцилиндрового ДВС:
1 — экран ротора; *2* — прорези экрана; *3* — фотоэлементы статора; *4* — центральный источник света статора

ной реализацией устройства, в частности, окружной длиной сенсоров *3*, радиусом экрана *1*, и совершенно не принципиально. Экран содержит $mn + 1$ прорезей для реализации прямого искрообразования или $mn - 1$ прорезей *2* — для обратного. Для обеспечения раздельной отработки каждого сенсора по времени, чтобы временные циклы срабатывания соседних сенсоров не перекрывали друг друга, полный угол γ соответственно должен удовлетворять условиям: $\gamma \le \delta = \dfrac{2\pi}{n(mn+1)}$ — для реализации прямого искрообразования, $\gamma \le \delta = \dfrac{2\pi}{n(mn-1)}$ — для обратного, а число сенсоров, как указано выше, равно n, где n — число цилиндров ДВС.

Отметим, что если угол γ — частная характеристика конкретной технической реализации непрерывного мультипликатора, обусловленная его геометрическими размерами, то угловая величина δ — универсальная (зависящая только от чисел m, n) характеристика устройства — это угол $\gamma = \delta$, при котором достигается непрерывная во времени коммутация, определяющийся соотношениями: $\delta = 2\pi/n/(mn + 1)$ — для прямого искрообразования, $\delta = 2\pi/n/(mn - 1)$ — для обратного, а при $\gamma < \delta$ — распределение дискретное. При непрерывной коммутации достигается наиболее эффективный режим функционирования, полностью исключающий непроизводительное, или холостое, вращение ротора всего лишь для поворота очередной прорези экрана к следующему сенсору.

Для пояснения **принципа работы мультипликаторов** непрерывной коммутации, а также анализа прямой и обратной коммутации, служат рис. 3 и 4 соответственно, с указанием опорных углов. На рис. 3 изображена схема прямой коммутации искрообразования для четырёхцилиндрового двигателя ($n = 4$), а на рис. 4 — схема обратной коммутации искрообразования для шестицилиндрового двигателя ($n = 6$). В обоих случаях использован многощелевой экран ротора со значениями $m = 1, 2, 3$ (соответствует обозначениям *а*, *б*, *в* на рис. 3 и 4).

Направление вращения экрана *1* показано круговой стрелкой, помеченной буквой *f*. Далее *f* будет обозначать частоту вращения экрана *1*. Передние края прорезей *2* экрана ротора по ходу его вращения обозначены вращающимися лучами r_i (сплошные линии), а передние края сенсоров статора *3* — неподвижными лучами s_j (штриховые линии), с индексами i, j, соответствующими порядковым номерам прорезей и сенсоров.

Ключевая особенность предложенной схемы, как видно из этих рисунков, состоит в том, что: последовательные углы между лучами r_i, s_i, $i = 2, 3, 4...$ составляют $(i - 1)\delta$, т.е. образуют натуральную последовательность $(1, 2, 3, ...)\delta$; вращающееся устройство имеет осевую симметрию $mn + 1$ или $mn - 1$ порядка, т.е. при повороте его вокруг оси вращения на угол $2\pi/(mn + 1)$

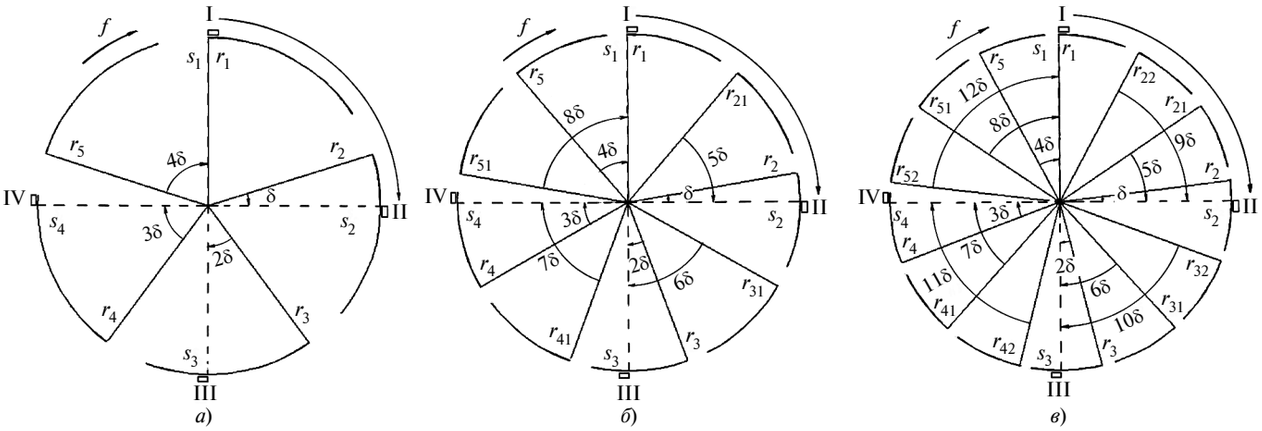


Рис. 3. Схемы прямого искрообразования для четырехцилиндрового ДВС:
а — $m = 1$; *б* — $m = 2$; *в* — $m = 3$

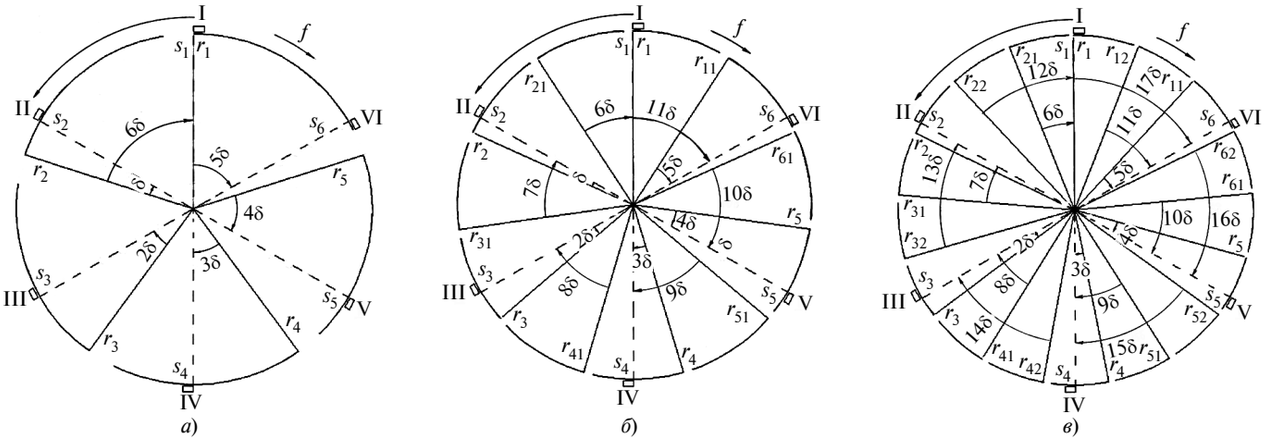


Рис. 4. Схемы обратного искрообразования для шестицилиндрового ДВС: а — m = 1; б — m = 2; в — m = 3

или на угол $2\pi/(mn - 1)$, соответственно, оно совмещается само с собой. Именно эти два обстоятельства и обеспечивают эффект мультипликации и непрерывности коммутации управляющих импульсов при вращении экрана ротора, как будет показано ниже.

Работает устройство следующим образом. Пусть в начальный момент времени передний край одной из $mn + 1$ (рис. 3, *а—в*) или $mn - 1$ (рис. 4, *а—в*) прорезей *2* экрана *1* совпадает с передней кромкой одного из *n* сенсоров *3*. Магнитный или световой поток постоянного источника *4* открывается и начинается срабатывание этого сенсора, пока задний край прорези экрана не достигает задней кромки сенсора, падающий на него поток закрывается, и работа этого сенсора заканчивается, что происходит при повороте ротора на угол γ. Сразу после этого (непрерывная коммутация, при $\gamma = \delta$) или с некоторой задержкой во времени (дискретная коммутация, при $\gamma < \delta$), начинается работа следующего сенсора. Действительно, при повороте экрана на угол $\delta = \dfrac{2\pi}{n(mn+1)}$ (при прямой коммутации) или на угол $\delta = \dfrac{2\pi}{n(mn-1)}$ (при обратной коммутации) открывается поток на соседний сенсор по направлению или против вращения экрана. Конструктивным выбором угла γ относительно универсальной постоянной δ (зависящей лишь от чисел *m*, *n*) достигается требуемый вид цикличности коммутации всех сенсоров.

Полный цикл коммутации управляющих импульсов происходит не за полный период вращения экрана, как в традиционном датчике зажигания, а только за $mn + 1$ или $mn - 1$ его часть, в силу осевой симметрии устройства $mn + 1$ или $mn - 1$ порядка, когда при повороте его вокруг оси вращения на угол $2\pi/(mn + 1)$ или на угол $2\pi/(mn - 1)$, соответственно, оно совмещается само с собой. Поэтому при повороте экрана на угол $2\pi/(mn + 1) = n\delta$ или на угол $2\pi/(mn - 1) = n\delta$ произойдёт последовательное срабатывание всех сенсоров в прямом или обратном направлениях. Таким образом, частота коммутации при той же частоте вращения экрана соответственно в $mn + 1$ или $mn - 1$ раз выше, чем в традиционном датчике зажигания по прототипу. Следовательно, требуемая частота вращения $mn + 1$-щелевого или $mn - 1$-щелевого экрана будет соответственно в $mn + 1$ или в $mn - 1$ раз меньше частоты вращения *n*-щелевого экрана, дающего ту же частоту коммутации. Таким образом, экран по предложенной схеме устройства выполняет функцию мультипликатора, т.е. умножителя частоты искрообразования в $mn + 1$ или в $mn - 1$ раз, и его частота вращения должна быть во столько же раз снижена. Но при сниженной частоте вращения экрана во столько же раз увеличивается время замкнутого состояния — время работы сенсорной пары, пока внутри неё проходит прорезь экрана, при том же угле прорези.

Итак, частота коммутации ν связана с частотой вращения экрана *f* следующими соотношениями: для прямой коммутации $\nu = f(mn + 1)$, а для обратной — $\nu = f(mn - 1)$. Случаю $\gamma = \delta$ отвечает непрерывная коммутация, когда последовательные срабатывания сенсоров происходят непрерывно, без разрывов во времени, или слитно, а случаю $\gamma < \delta$ — дискретная коммутация, когда последовательные срабатывания сенсоров происходят с определёнными разрывами по времени, или раздельно, т.е. между последовательными срабатываниями сенсоров содержится некоторая временная пауза (рис. 5).

Благодаря предложенной схеме достигается возможность непрерывной коммутации роторного датчика зажигания ДВС — его важнейшее преимущество. При непрерывной коммутации все время вращения ротора датчика зажигания расходуется только на совершение главной его функции — выработку управляющих сигналов. Непроизводительное холостое вращение ротора только лишь для поворота очередной прорези экрана к сенсору может быть полностью исключено. В прототипе же, из-за его конструкции, непрерывная коммутация принципиально невозможна. Время замкнутого состояния (время срабатывания од-

av0118.fm Page 12 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

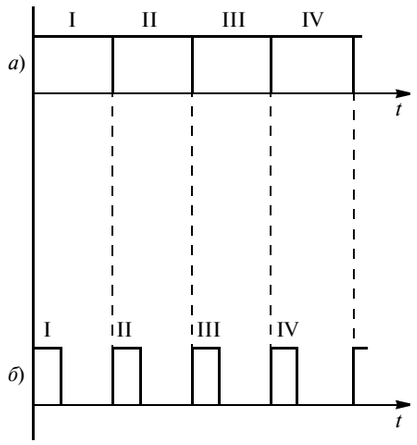


Рис. 5. Временные развертки управляющих низковольтных сигналов, снимаемых с каждого сенсора мультипликатора четырёхцилиндрового ДВС, n = 4:

а — для непрерывной коммутации; *б* — для дискретной коммутации

ного сенсора) составляет $1/(\nu n)$ в случае непрерывной коммутации, когда $\gamma = \delta$, и $(\gamma/\delta)/(\nu n)$ — в случае дискретной коммутации, при $\gamma < \delta$.

Приведём **пример расчёта частоты вращения ротора** мультипликатора непрерывной коммутации зажигания ДВС для прямого и обратного искрообразования. Рассчитаем схему прямого искрообразования для четырёхцилиндрового ДВС, $n = 4$, и обратного искрообразования для шестицилиндрового двигателя, $n = 6$ посредством соответственно $mn + 1$ или $mn - 1$-прорезного экрана ротора и n сенсоров статора. В обоих рассматриваемых случаях используем значения параметра системы $m = 1, 2, 3$.

Требуемая частота вращения ротора такого экрана будет ровно в $mn + 1$ или $mn - 1$ раз ниже частоты вращения ротора традиционного датчика с n-прорезным экраном по прототипу. Таким образом, если для традиционного датчика зажигания частота вращения ротора только в 2 раза ниже частоты вращения коленчатого вала, то для предлагаемого — в $2(mn + 1)$ или $2(mn - 1)$ раз. На рис. 6, 7 приведены частоты вращения соответственно $mn + 1$ и $mn - 1$-прорезного экрана для значений параметра системы $m = 1, 2, 3$ по предлагаемой схеме устройства и n-прорезного экрана по традиционной схеме, как функции частоты вращения коленчатого вала ДВС. Наглядно виден эффект мультипликации частоты искрообразования, проявляющийся в $mn + 1$ или $mn - 1$-кратном снижении требуемых частот вращения ротора многощелевого датчика зажигания.

В результате ротор мультипликатора вращается ровно в $2(mn + 1)$ или $2(mn - 1)$ раз медленнее коленчатого вала, а не в два раза, как в прототипе. Устраняются проблемы механических вибраций и тепловыделения, а также износа подшипниковых узлов ротора. Многократно уменьшается джоулево тепловыделение, температурный уход электрических характеристик и износ элементов системы зажигания ДВС. В $mn + 1$ и $mn - 1$ раз по сравнению с прототипом увеличивается время замкнутого состояния, что повышает надёжность отработки искрового разряда на контактах свечей и, следовательно, надёжность процесса воспламенения рабочей смеси. Это обусловлено тем, что всё время вращения ротора датчика зажигания эффективно расходуется на совершение главной его функции — выработку управляющих сигналов, а непроизводительное холостое вращение ротора только лишь для поворота очередной прорези экрана к сенсору полностью исключено.

Таким образом, если обобщить сказанное выше, можно сделать следующие выводы.

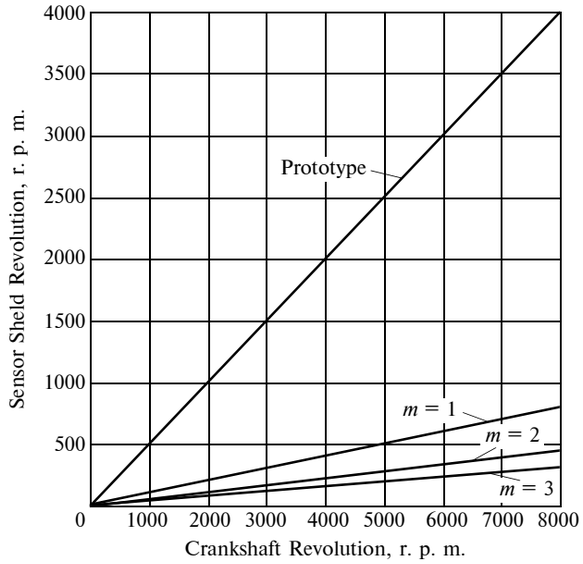


Рис. 6. Зависимость частоты вращения ротора мультипликатора непрерывной коммутации зажигания от частоты вращения коленчатого вала ДВС при прямом искрообразовании для четырёхцилиндрового ДВС

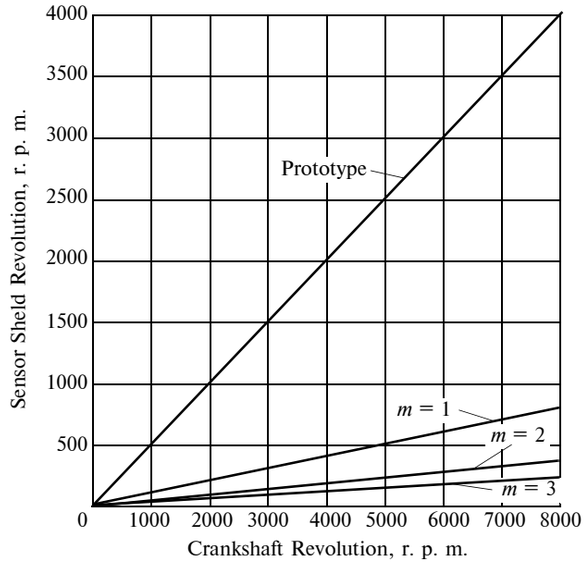


Рис. 7. Зависимость частоты вращения ротора мультипликатора непрерывной коммутации зажигания от частоты вращения коленчатого вала ДВС при обратном искрообразовании для шестицилиндрового ДВС

1. Использование $mn + 1$ или $mn - 1$-прорезного экрана ротора и n сенсоров статора (n — число цилиндров двигателя) снижает требуемую частоту вращения ротора датчика зажигания соответственно в $mn + 1$ или в $mn - 1$ раз при той же частоте вращения коленчатого вала ДВС. В первом случае последовательность искрообразования идет в прямом, а во втором — в обратном направлении относительно направления вращения ротора.

2. Увеличение натурального числа — параметра системы $m = 1, 2, 3, ...$, — позволяет практически неограниченно снижать отношение частот вращений ротора датчика и коленчатого вала ДВС.

3. Многократное снижение частоты вращения ротора датчика зажигания относительно частоты вращения коленчатого вала весьма существенно для устранения механических вибраций, тепловыделения и динамических нагрузок на подшипниковые узлы ротора, что увеличивает механическую надёжность.

4. Малая частота вращения ротора датчика зажигания в $mn + 1$ или в $mn - 1$ раз соответственно увеличивает время замкнутого состояния и, следовательно, повышает надёжность отработки искрового разряда на контактах свечей и процесса воспламенения рабочей смеси.

5. Возможность непрерывной коммутации, при которой все время вращения ротора датчика зажигания полностью расходуется только на совершение главной его функции — выработку управляющих сигналов, — важнейшее преимущество предлагаемой схемы устройства. Непроизводительное холостое вращение ротора только лишь для поворота очередной прорези экрана к сенсору может быть абсолютно исключено.

6. Применение системы независимого зажигания двигателя внутреннего сгорания, в которой каждый из n цилиндров снабжён своим сенсором, коммутатором, катушкой зажигания и свечой, а каждая катушка управляется независимо и даёт искру только для одного цилиндра, приводит к тому, что джоулево тепловыделение, температурный уход электрических характеристик и износ всех элементов системы зажигания будет в n раз меньше, чем в системе синхронного зажигания, что увеличивает электрическую надёжность.

7. При выходе из строя одного элемента электрической цепи перестанет работать только один цилиндр двигателя, а система в целом сохраняет работоспособность, что повышает её живучесть.

Литература

1. Автомобильный справочник BOSH. М.: Изд-во "За рулем", 2012. — 1280 с.
2. Соснин Д.А. Электрическое, электронное и автотронное оборудование легковых автомобилей. М.: Солон-Пресс, 2010. — 384 с.
3. Дентон Т. Автомобильная электроника. М.: NT Press, 2008. — 576 с.
4. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей. М.: Горячая линия-Телеком, 2009. — 440 с.
5. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей / под ред. А.С. Орлина и М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1990. — 288 с.
6. Демидович Р. Система зажигания легковых автомобилей. Минск: РА "Автостиль", 1998. — 112 с.
7. Сысоева С. Актуальные классические принципы оптоэлектроники в автоэлектронике // Компоненты и технологии. 2006. № 5.

УДК 629.113-585

ВКЛЮЧЕНИЕ ПЕРЕДАЧ В КОРОБКАХ ТИПА WSK

Канд. техн. наук **ТВЕРСКОВ Б.М.**
Курганский ГУ (3522.65-49-47)

Рассмотрен способ включения передач путём регулирования скорости вращения промежуточного вала установленным тормозом и системой для увеличения оборотов двигателя вместо сцепления и синхронизаторов.

Ключевые слова: *коробка передач, сцепление, синхронизатор, гидротрансформатор.*

Tverskov B.M.

INCLUSION OF TRANSMISSION IN BOXES OF TYPE WSK

The method of switching gears by adjusting the speed of rotation of the intermediate shaft by the installed brake and the system for increasing the engine speed instead of the clutch and synchronizers is considered.

Keywords: *Termsigearbox, clutch, synchronizer, torque converter.*

Передачи в традиционной механической коробке передач, как известно, легко включаются при неработающем двигателе. Но если одна из шестерён вращается, а другая неподвижна, то ввести их в зацепление невозможно. Например, на стоящем автомобиле при работающем двигателе и невыжатом сцеплении. Однако в движении даже при неработающем сцеплении водитель способен включать передачи, изменяя частоту вращения промежуточного вала коробки передач воздействием на педаль подачи топлива. Полное равенство скоростей вращения соединяемых деталей при этом не требуется: если разница скоростей не превышает 20 %, передача без труда включается за счёт скосов на зубьях соединяемых шестерён.

Для включения передач в коробке типа WSK *(Wandlerschaltkupplung)*, содержащей гидротрансформатор и механическую коробку передач, устанавливается ещё сухое сцепление, так как турбинный вал постоянно "ведёт" (рис. 1). Применяются такие коробки на дорожных и внедорожных машинах, балластных тягачах армейских и гражданских серий "Мерседес-Бенц Титан" 8×8 и 8×6, балластных тягачах "Унимог", итальянских тяжёлых грузовых полноприводных автомобилей "Астра", армейских вариантов MAH FX. Из отечественных подобных разработок можно отметить коробку НАМИ—КамАЗ для армейских вездеходов 8×8, названную гидродиапазонной.

av0118.fm Page 14 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

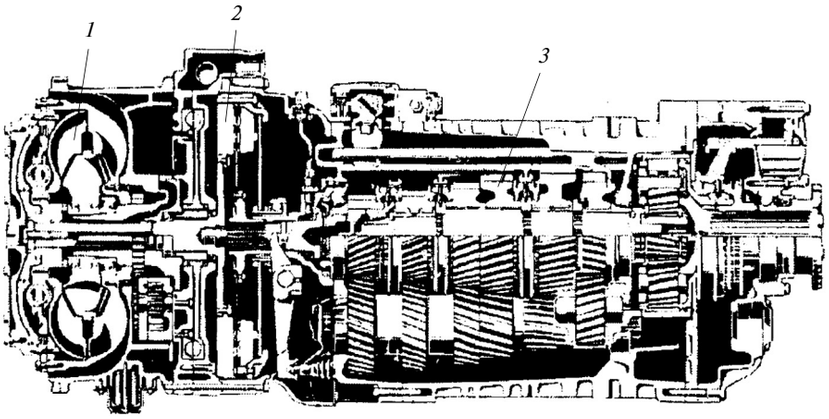


Рис. 1. Коробка передач типа WSK ZF "Экосплит-Гетрибэ 16S-290A":
1 — гидротрансформатор; *2* — сцепление; *3* — механическая коробка передач

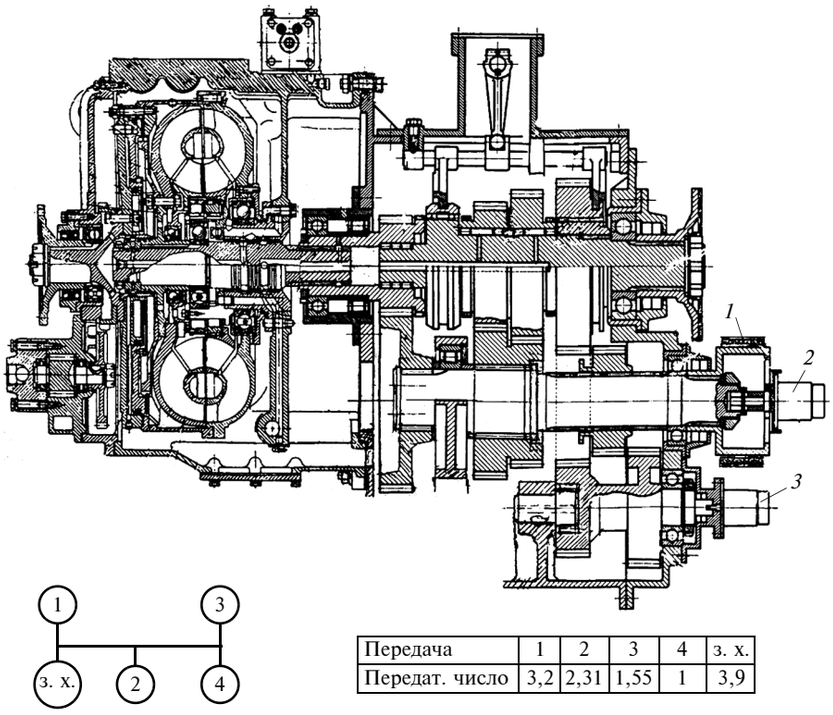
Классический вариант коробки WSK включает гидротрансформатор, сцепление и механическую коробку передач, расположенные друг за другом в одном блоке, но с раздельными ёмкостями для масел. Устанавливать сцепление до гидротрансформатора нельзя, так как при включении передачи для синхронизации вращения соединяемых деталей необходимо преодолевать большой инерционный момент наполненного маслом турбинного колеса, что затруднит включение. Расположение сцепления до гидротрансформатора позволяет уменьшить передаваемый сцеплением крутящий момент в несколько раз (на значение коэффициента трансформации).

Без выключения сцепления промежуточный вал коробки, соединён с турбинным валом гидротрансформатора, и включить передачу при неподвижном автомобиле с работающим двигателем очень трудно. Но передачи в коробке можно включать, если промежуточный вал затормозить, например, установленным на этом валу тормозом (рис. 2 и 3).

Располагается тормоз снаружи коробки передач на конце промежуточного вала. Это делает его легко доступным для обслуживания и ремонта. Тормозной момент такого тормоза небольшой, он в десятки раз меньше максимального момента в сцеплении. Замена сцепления на тормоз в таких коробках целесообразна даже только по этой причине. Кроме того, сцепление — сложный, сильно нагруженный и потому выходящий из строя узел, занимающий значительное место.

При наличии в трансмиссии гидротрансформатора включить передачу можно без сцепления и без тормоза на промежуточном валу. Для этого нужно сначала включить передачу, а потом запускать двигатель. Жёсткая связь двигателя и трансмиссии при этом отсутствует. Широкая практика эксплуатации автомобилей с гидротрансформаторами, которые при пуске от двигателя не отсоединяются, показывает, что двигатель при этом легко запускается, момент сопротивления вращению насосного колеса на малых оборотах небольшой. От частоты вращения он зависит, как известно, в квадрате: $M_н = \lambda\gamma n_н^2 D^5$, где $M_н$ — крутящий момент на насосном колесе; λ — коэффициент входного момента; γ — плотность жидкости (масла) в гидротрансформаторе; $n_н$ — частота вращения насосного колеса; D — активный (наибольший, где расположены лопатки) диаметр гидротрансформатора, м.

Если гидротрансформатор в трансмиссии отсутствует, а сцепление не выключается, запустить двигатель с включенной передачей невозможно. Автомобиль при этом совершает рывок, либо создаваемый стартером момент недостаточен, чтобы раскрутить коленчатый вал до нужной скорости. Перед пуском двигателя коленчатый вал должен вращаться со скоростью не ниже определённой: для бензиновых



Передача	1	2	3	4	з. х.
Передат. число	3,2	2,31	1,55	1	3,9

Рис. 2. Гидромеханическая вальная коробка передач:
1 — тормоз; *2* — тахогенератор, соединённый с промежуточным валом; *3* — тахогенератор, соединённый с вторичным валом

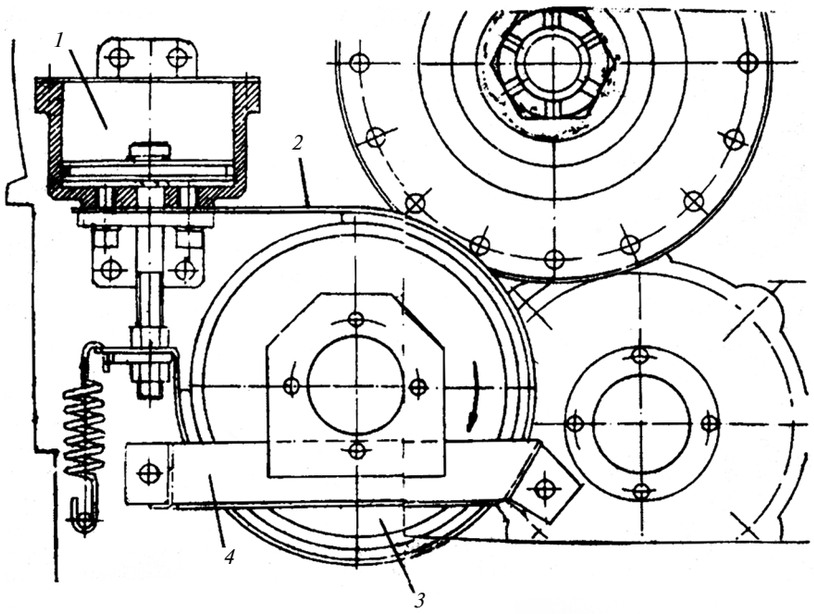


Рис. 3. Ленточный тормоз для остановки промежуточного вала:
1 — пневмоцилиндр для затягивания ленты; *2* — лента с фрикционной накладкой; *3* — тормозной барабан; *4* — кронштейн для установки тахогенератора

двигателей — порядка 50 мин$^{-1}$, для дизелей — 250 мин$^{-1}$.

Самый трудный случай включения передачи — включение на месте, когда отсоединение двигателя произошло не совсем полно. На автомобиле с гидротрансформатором, если при отсутствии сцепления такая трудность появилась, и водитель, например, из-за недостатка опыта или по другим причинам не может включить передачу, он останавливает автомобиль и, затормозив промежуточный вал, уверенно включает нужную передачу. Далее автомобиль разгоняется за счёт работы гидротрансформатора.

Таким образом, при отсутствии сцепления, когда тормоз вышел из строя, можно, заглушив двигатель, включить передачу (любую, в том числе — высшую, если груз небольшой) и запустить двигатель. Далее автомобиль разгоняется при изменяющемся в пределах коэффициента трансформации моменте, максимальное значение которого на тяжёлых тягачах составляет 3...3,5, а это — две-три передачи в коробке передач. Для включения следующей передачи следует изменить подачу топлива: если сопротивление движению возросло и нужно включить понижающую передачу, то подачу топлива следует увеличить, и наоборот. Используемый пневмоусилитель обеспечивает лёгкое включение и выключение передач.

Гидротрансформатор не только позволяет запускать двигатель при включенной передаче, но и разгонять автомобиль при наибольшем моменте на турбинном валу и, следовательно, наибольших тяговых усилиях на колёсах автомобиля. Выход из строя установленного на промежуточном валу тормоза не обездвиживает автомобиль, как это бывает с коробками передач, содержащими для включения передач фрикционы (рис. 4).

После снижения давления в бустере фрикциона гидромеханическая планетарная коробка передач, наступающего в результате износа масляной системы (уплотнений подвижных соединений, насоса), диски фрикциона буксуют, от высокой температуры они коробятся и заклинивают. Тягач останавливается, требуется большой ремонт. В представленной коробке такой недостаток отсутствует, к тому же, сложность её не идёт ни в какое сравнение с коробкой, содержащей фрикционы, которые нужны, если передача автоматическая. В неавтоматических передачах вполне можно обойтись зубчатыми муфтами, как это и делается в коробках типа WSK, фактически работающих в автоматическом режиме в пределах коэффициента трансформации.

При наличии в трансмиссии гидротрансформатора число переключений передач на неровных дорогах

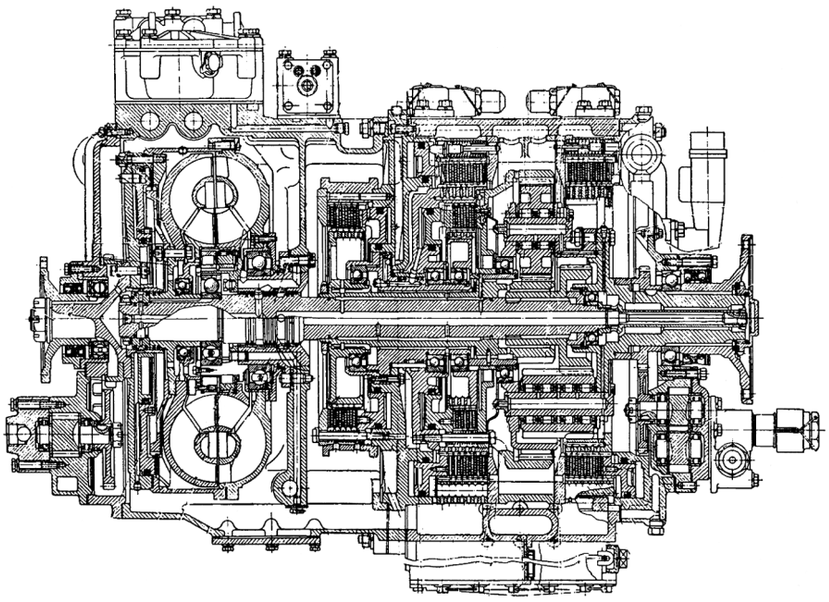


Рис. 4. Гидромеханическая планетарная коробка передач

резко сокращается. Автоматическая работа гидротрансформатора позволяет проезжать неровности без переключений в отличие от того, как это вынужден делать водитель с механической коробкой. Некоторая сложность включения передач на автомобиле с гидротрансформатором и без сцепления компенсируется уменьшением числа переключений передач. Но и этой сложности может не быть, если для включения использовать электронный блок управления, своевременно включающий передачи или подающий сигнал водителю для их включения. Повышенный расход топлива на автомобилях с гидротрансформаторами возмещается целым рядом удобств в управлении автомобилем. В целях экономии топлива значительную часть пути автомобиль проходит с заблокированным гидротрансформатором.

В сравнении с планетарной коробкой в механической части представленной коробки практически исключены места, которые могли бы приводить к быстрым поломкам и невозможности дальнейшего движения, каким является, например, фрикцион в планетарной коробке, на работу насоса которого к тому же постоянно затрачивается часть мощности двигателя. Наиболее сложным решением в представленной коробке является зубчатая муфта для включения 3-й и 4-й передач, работающая без замечаний. На благоустроенных дорогах до 80 % пути автомобиль движется на прямой передаче, когда шестерни и подшипники не нагружены, а это делает коробку передач исключительно надёжной, чего нельзя сказать о коробке с фрикционами.

Если в трансмиссии сцепление отсутствует, но имеется гидротрансформатор, крутящий момент в зубчатой муфте (шестерни) коробки при включении передачи появляется прежде всего за счёт инерции наполненного маслом турбинного колеса, когда его скорость вращения резко изменяется. Кроме того, на турбинный вал действует ещё передаваемый момент, равный моменту на насосном колесе, умноженному на коэффициент трансформации, хотя последний невелик, так как скорость вращения небольшая. При включении передачи тормозной момент на промежуточном валу коробки равен сумме двух этих моментов, а также инерционных моментов промежуточного вала с установленными на нём шестернями и находящимися в зацеплении с ними шестернями на вторичном валу. Для синхронизаторов инерционный момент наполненного маслом турбинного колеса и соединённых с ним других деталей коробки может оказаться слишком большим и синхронизаторы будут перегружены, что приведёт к их быстрому износу. Поэтому для изменения скорости вращения турбинного колеса при отсутствии сцепления кроме указанной выше причины (снижения момента) более подойдет сухой наружный тормоз с высоким коэффициентом трения.

Представленная коробка рассчитана на использование современных способов автоматического включения, а также в ней предусмотрена возможность включения передач вручную, если электронная система отказала. От установленных на промежуточном и выходном валах тахогенераторов напряжения подводится к блоку управления включением передач, где они сравнтваются и определяется как должна измениться частота вращения промежуточного вала. По сигналу из блока управления промежуточный вал либо тормозится, либо разгоняется. Когда скорости соединяемых деталей сравняются, передача включается.

В блок управления можно записать практически любую программу работы системы включения передач, в том числе автоматическое включение передач при разгоне. Рычаг включения передач при этом может отсоединяться. Таким способом можно сделать переключение передач быстрым, эффективным, а сцепление и синхронизаторы ненужными. Два разрыва потока мощности (в гидротрансформаторе и сцеплении) для этого не требуются, вполне можно обойтись одним.

Как показывает эксплуатация тяжёлых тягачей с гидротрансформаторами, имеющими коэффициент трансформации в пределах двух-трёх передач в коробке передач и двух передач в раздаточной коробке, достаточно иметь четыре передачи в коробке передач. Замечаний на малое число передач нет, провалов в силе тяги при разгоне после включения следующей передачи не наблюдается. Это объясняется невысокой максимальной скоростью тягача (65 км/ч). Плотность передач для такой скорости достаточная. Для скорости 130 км/ч число передач при такой плотности — восемь.

В представленной коробке синхронизаторы отсутствуют, их функции выполняет установленный на промежуточном валу тормоз. Приводя его в действие, когда при разгоне автомобиля происходит переключение с низшей передачи на высшую, водитель снижает частоту вращения промежуточного вала до необходимой величины. Аналогичным образом происходит включение с высшей передачи на низшую. Но в этом случае увеличивается частота вращения коленчатого вала.

Таким образом, вместо устанавливаемого в коробках передач типа WSK сцепления на промежуточном валу коробки установлен тормоз, позволяющий быстро и полностью останавливать промежуточный вал при неподвижном автомобиле или снижать частоту вращения промежуточного вала перед включением передачи в движении. Синхронизаторы в этом случае не требуются, к тому же, без сцепления они оказываются перегруженными. При переключениях передач, когда подача топлива снижается до минимума, момент на тормозе, необходимый для вращения соединённого с турбинным колесом промежуточного вала, в десятки раз меньше, чем максимальный момент в сцеплении, на который сцепление рассчитано. Вынесенный наружу тормоз может быть обслужен и отремонтирован без разборки трансмиссии, которой требует замена изношенных деталей сцепления.

av0118.fm Page 17 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

УДК 656.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МНОГОФАКТОРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ ДТП НА УЧАСТКАХ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ И В ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ

Кандидат техн. наук **ЭНГЛЕЗИ И.П.**
Донецкая академия транспорта (rector@diat.edu.ua)

Определяется многофакторная зависимость вероятности возникновения дорожно-транспортного происшествия от параметров транспортных потоков и дорожных условий.

Ключевые слова: *интенсивность транспортных потоков, коэффициент аварийности, участок дороги, ширина проезжей части, конфликтная точка, вероятность возникновения ДТП.*

Englezi I.P.

WAYS OF FINDING MULTI-FACTOR CORRELATION VALUE BETWEEN EXPECTANCY OF TRAFFIC ACCIDENTS OCCURRING ON ROADS AND AT ROAD JUNCTIONS

This paper deals with multi-factor dependence of road accident expectancy upon variables of traffic flows and road surface condition.

Keywords: *traffic flow volume, road accident factor, a length of road, road width, conflict spot, road accident expectancy.*

При выборе маршрутов перевозки грузов используются самые различные критерии. Но чаще всего минимизируют общие расходы на перевозку, время, расстояние. Реже — критерий доставки грузов точно в срок. Однако если речь идёт о перевозке опасных грузов, единственным критерием служит минимальная вероятность ДТП.

Факторным анализом выявлено, что вероятность попадания транспортного средства в ДТП на любом участке дороги зависит в основном от трёх факторов: характеристики транспортных потоков, дорожных условий и времени, в течение которого оно находится на этом участке. То есть эта вероятность может быть описана формулой 1, приведённой в табл. 1. Входящий в формулу итоговый коэффициент аварийности k_a рассчитан по методу В.Ф. Бабкова [2].

Фактическую вероятность возникновения ДТП с транспортным средством — участником дорожного движения — можно получить, используя статистические данные с места ДТП по зависимости 2, где $\vec{N}_{\text{ДТП}}$ — количество транспортных средств, которые попали в ДТП по данному направлению на рассматриваемом участке дороги за период τ между ДТП, произошедшими при зафиксированных значениях интенсивности движения, а $\vec{F}_{\tau}$ — зафиксированный диапазон интенсивности движения за данный период.

Для определения фактических значений вероятности попадания транспортного средства в ДТП была разработана методика [3, 4], включающая шесть этапов. На первом по данным статистики избираются наиболее опасные места концентрации происшествий. На втором — на избранных участках дороги фиксируется первое ДТП и определяются соответствующие характеристики транспортных потоков и дорожные условия. На третьем — при тех же характеристиках транспортных потоков, на тех же участках дороги фиксируются последующие ДТП и определяется время между ними. На четвёртом определяется суммарное время между избранными ДТП, в течение которого на каждом рассматриваемом участке дороги имели место зафиксированные интенсивности транспортных потоков. Пятый: используя зависимость 2, определяется вероятность ДТП на каждом рассматриваемом участке дороги. И, наконец, на шестом этапе для оценки влияния дорожных условий выбирается длина участка, для которого k_a = const, H = const.

Таким образом, используя статистические данные по совершению ДТП [9], был получен массив данных, который характеризуется значительным разбросом. Поэтому, используя метод предельных значений [7], для анализа выбраны 40 пассивных экспериментов (табл. 2). Имея экспериментальные значения, полученные путём наблюдения и математической обработки, представляется возможным получить математические модели, в которых вероятность ДТП, как функция отклика, будет зависеть от ряда переменных 1.

Проведённые исследования определения вероятности ДТП на участках транспортной сети позволили установить общие закономерности влияния каждого из факторов на вероятность, однако данные модели не могут быть использованы для определения уровня аварийности, так как при оценке их адекватности средняя ошибка аппроксимации больше общепринятого значения 15 % [1, 5]. Для более достоверной оценки фактической вероятности ДТП необходимо определить многофакторную зависимость этой вероятности как от дорожных условий, так и от параметров транспортных потоков.

Для определения вероятности в качестве математической модели предложена для анализа многофакторная линейная модель первого порядка, описанная формулой 3 (см. табл. 1). Для определения параметров модели использован метод наименьших квадратов [6, 7], реализованный в программном продукте "*Statistica*"[10]. Расчёты в ней позволили получить линейную зависимость 4. Полученные коэффициенты парной корреляции находятся в пределах от — 0,16695 до 0,830667 (табл. 3).

Так как коэффициенты корреляции показывают лишь тесноту и направление зависимости параметров, необходимо полученную функцию 4 проверить на до-

стоверность. Критерием, который использует сравнительную оценку между фактическими и теоретическими значениями, является средняя ошибка аппроксимации [5] — формула 5 (см. табл. 1). Для этого необходимо определить значение вероятностей, рассчитанных по модели 4 при соответствующих исходных данных (см. табл. 2) и выполнить их оценку. Результаты расчётов представлены в табл. 4. Полученное значение средней ошибки аппроксимации ε = 33,71 % больше общепринятого 15 % [1, 5]. Поэтому многофакторная линейная математическая модель определения вероятности ДТП на участках транспортной сети не может быть использована для определения уровня аварийности.

Как показали результаты статистического анализа, все факторы — значимые, поэтому необходимо разработать многофакторную нелинейную модель зависимости вероятности ДТП от рассмотренных факторов.

Таблица 1

№	Формула	Примечания
1	$P_{ДТП} = f(k, l, \vec{F}, \overleftarrow{F}, H)$	k_a — итоговый коэффициент аварийности; l — длина участка дороги (где k_a — const), км; $\vec{F}$, $\overleftarrow{F}$ — интенсивности движения попутного и встречного потоков транспортных средств, авт./ч.; H — ширина проезжей части, м
2	$\vec{P}^{д}_{ДТП} = \frac{\dot{N}_{ДТП}}{\vec{F}_{\tau}\tau}$	τ — время, в течение которого имел место зафиксированный диапазон интенсивности движения в период между ДТП, ч; $\dot{N}_{ДТП}$ — число транспортных средств, попавших в ДТП по данному направлению на рассматриваемом участке дороги за этот период; $\vec{F}_{\tau}$ — зафиксированный диапазон интенсивности движения за тот же период, авт./ч
3	$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \varepsilon$	Y — переменная отклика (фактическая вероятность); $\beta_0,..., \beta_5$ — параметры модели; $x_1,..., x_5$ — соответственно переменные модели k_a, l, $\vec{F}$, $\overleftarrow{F}$, H; ε — ошибка, на которую конкретное значение Y может отклониться от кривой регрессии
4	$P_{ДТП} = -0{,}000016 + 0{,}00000002\overleftarrow{F} + 0{,}00000003\vec{F} + 0{,}000001k_a + 0{,}00002l - 0{,}0000009H$	—
5	$\varepsilon = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\left\lvert\frac{y_i^{ф} - y_i^{м}}{y_i^{ф}}\right\rvert$	$y_i^{ф}$, $y_i^{м}$ — фактическое и расчётное по математической модели (теоретическое) значение параметра
6	$Y = \beta_0 x_1^{\beta_1} x_2^{\beta_2} x_3^{\beta_3} x_4^{\beta_4} x_5^{\beta_5}$	Y — переменная отклика (2) (фактическая вероятность); β_0, ..., β_5 — параметры модели; $x_1,..., x_5$ — соответственно переменные модели k_a, l, $\vec{F}$, $\overleftarrow{F}$, H
7	$P_{ДТП} = 3 \cdot 10^{-10}\overleftarrow{F}^{0,7}, \vec{F}^{1,2}k_a l^{1,1}H^{-0,9}$	—
8	$g_i = k_i M_i N_i \cdot 25 \cdot 10^{-7}$	k_i — коэффициент относительной аварийности конфликтной точки, ДТП на 10 млн авт.; M_i, N_i — интенсивность потоков, которые пересекаются в конфликтной точке, авт./ч; $K_г$ — коэффициент годовой неравномерности интенсивности движения
9	$P_i = \frac{50 k_i M_i N_i}{K_г \cdot 10^{14}} K_П$	$K_П$ — коэффициент приведения интенсивности движения
10	$P_i = \frac{50 k_i M_i N_i}{K_р \cdot 10^{14}} \frac{N_{\tau i} + M_{\tau i}}{N_i + M_i}$	$N_{\tau i}$, $M_{\tau i}$ — интенсивности потоков, которые пересекаются в конфликтной точке при проезде транспортного средства через перекрёсток, авт./ч

Таблица 2

№ опыта	Значения экспериментальных данных					
	Интенсивность встречного потока $\overleftarrow{F}$, авт./ч	Интенсивность попутного потока $\vec{F}$, авт./ч	Итоговый коэффициент аварийности k_a	Длина участка дороги l, км	Ширина проезжей части H, м	Вероятность ДТП $\vec{P}^{д}_{ДТП}$
1	190	390	5,4	0,11	10	0,0000010213
2	520	490	7,5	0,17	6,4	0,0000081054
3	320	250	3,6	0,84	6,5	0,0000077870
4	460	500	8,2	0,28	10	0,0000114398
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
38	560	330	5,4	0,38	8	0,0000087754
39	410	380	4,9	0,44	8	0,0000088588
40	500	730	3,2	0,67	11	0,0000156268

Таблица 3

Переменные	Значение коэффициентов парной корреляции					
	$X_1(\overleftarrow{F})$	$X_2(\overleftarrow{F})$	$X_3(k_a)$	$X_4(l)$	$X_5(H)$	$Y(\vec{P}^{д}_{ДТП})$
$X_1(\overleftarrow{F})$	1	0,647816	−0,16695	0,177931	0,454264	0,788088
$X_2(\overleftarrow{F})$	0,647816	1	−0,23544	0,294711	0,662693	0,830667
$X_3(k_a)$	−0,16695	−0,23544	1	−0,82462	−0,19475	−0,31085
$X_4(l)$	0,177931	0,294711	−0,82462	1	0,18269	0,482065
$X_5(H)$	0,454264	0,662693	−0,19475	0,18269	1	0,447455
$Y(\vec{P}^{д}_{ДТП})$	0,788088	0,830667	−0,31085	0,482065	0,447455	1

Для определения этой зависимости в качестве математической модели предложена для анализа степенная модель 6 (см. табл. 1). Для определения параметров модели использован тот же метод наименьших квадратов, реализованный в программном продукте. Расчёты позволили получить нелинейную зависимость 7.

Выполним сравнительную оценку между фактическими и теоретическими значениями по средней ошибке аппроксимации 5. Для этого необходимо определить значение вероятностей, рассчитанных по модели 7 при соответствующих исходных данных (табл. 2), и провести их оценку в сравнении с фактической вероятностью. Результаты расчётов представлены в табл. 5. Полученное значение средней ошибки аппроксимации ε = 15,65 %, что несколько больше общепринятого 15 % [1, 5]. Тем не менее данная математическая модель определения вероятности ДТП на участках транспортной сети не может быть использована для определения уровня аварийности и требует дальнейшего усовершенствования.

Из проведённых исследований следует, что на вероятность ДТП влияют не только технические параметры, но и человеческий фактор. И это влияние необходимо исследовать в дальнейшем для усовершенствования данной модели и применения её в практической деятельности.

Для определения вероятности ДТП в транспортных узлах обратимся к основным положениям теории графов [11]. Транспортная сеть состоит из дуг и вершин, где вершинами являются транспортные узлы, а именно — перекрёстки улиц и дорог. Как известно, уровень аварийности на перекрёстках зависит от направления движения транспортного средства. Поэтому выбор наиболее безопасного направления движения на перекрёстке будет зависеть от минимальной степени опасности образованных конфликтных точек.

Степень опасности конфликтной точки определяется зависимостью 8 (табл. 1). Но в одной конфликтной точке участвуют два транспортных средства, и с учетом этого зависимость 8 примет вид 9.

Для определения вероятности попадания в ДТП отдельного участника дорожного движения, движущегося по определённому маршруту, необходимо учесть время, в течение которого транспортное средство будет двигаться через перекрёсток. Для этого пренебрежём временем проезда транспортного средства через конфликтную точку и будем считать, что вероятность попадания в ДТП будет пропорциональна интенсивности движения. С учётом данного утверждения зависимость 9 приобретает вид формулы 10.

Таким образом, формализованные и представленные в работе линейная и степенная модели вероятнос-

Таблица 4

№ опыта	Вероятность ДТП		Относительная разница между фактическими и теоретическими значениями $\sum_{i=1}^{n}\left\lvert\frac{y_i^{ф}-y_i^{м}}{y_i^{ф}}\right\rvert$
	фактическая	по модели 4	
1	1,0213E − 06	−0,0000019	2,860374
2	8,10541E − 06	0,00001424	0,756852
3	7,78705E − 06	0,00001245	0,598809
4	1,14398E − 05	0,000013	0,136379
⋮	⋮	⋮	⋮
38	8,77538E − 06	0,0000109	0,242111
39	8,85877E − 06	0,0000101	0,140113
40	1,56268E − 05	0,0000226	0,446235
Средняя ошибка аппроксимации ε, %			33,71

Таблица 5

№ опыта	Вероятность ДТП		Относительная разница между фактическими и теоретическими значениями $\sum_{i=1}^{n}\left\lvert\frac{y_i^{ф}-y_i^{м}}{y_i^{ф}}\right\rvert$
	фактическая	по модели 7	
1	1,0213E − 06	0,00000091	0,108136
2	8,10541E − 06	0,00000812	0,001791
3	7,78705E − 06	0,00000707	0,091617
⋮	⋮	⋮	⋮
37	6,7134E − 06	0,00000536	0,202215
38	8,77538E − 06	0,00000759	0,134677
39	8,85877E − 06	0,00000771	0,129739
40	1,56268E − 05	0,00001510	0,033733
Средняя ошибка аппроксимации ε, %			15,65

ти ДТП на участках транспортной сети с отдельным транспортным средством — участником дорожного движения, не являются адекватными, что говорит о существовании влияния не только технических параметров, но и человеческого фактора, который выражается временем задержки выполнения основных операций водителями.

Разработанные математические модели определения вероятности ДТП с отдельным транспортным средством — участником дорожного движения на участках транспортной сети и на перекрёстках в частности позволят в дальнейшем использовать их как критерий построения наиболее безопасного маршрута перевозки опасных грузов.

Литература

1. Аджеаважан С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики: учебник для вузов / С.А. Аджеаважан, В.С. Мхитарджан. М.: Юнити, 1998 г. — 535 с.
2. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность дорожного движения. М.: Транспорт 1993. 271 с.
3. Бродский В.В. Введение в факторное планирование эксперимента / В.В. Бродский. М.: Наука, 1976. — 224 с.
4. Веденяпин Г.М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.М. Веденяпин. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Колос, 1973. — 195 с.
5. Геронимус Б.Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте. М.: Транспорт, 1982. — 192 с.
6. Дрейпер Норман. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия / Норман Дрейпер, Гарри Смит. 3-е изд. — М.: Диалектика, 2007. — 912 с.
7. Крутов В.И., Грушко И.М., Попов В.В. и др. Основы научных исследований. — М.: Высш. школа, 1989. — 400 с.
8. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов: учебник для студенческих вузов. М.: Транспорт, 1990. — 240 с.
9. Управление статистики в Донецкой области. http://www.donetskstat.gov.ua/statinform/
10. Халафян А.А. Statistica 6. Статистический анализ данных. Учебник. 3-е изд. М.: ООО "Бином-Пресс", 2010. — 512 с.
11. Харари Ф. Теория графов / Пер. с англ. и предисл. В.П. Козырева; под ред. Г.П. Гаврилова. Изд. 2-е. М.: Едиториал УРСС, 2003. — 300 с.

УДК 653.13

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Д-ра техн. наук **ЯКУНИНА Н.В.** и **ЯКУНИН Н.Н.**, **МЕНЬШИХ О.М.**, **ГРИБКОВ К.В.**
Оренбургский ГУ, Кафедра автомобильного транспорта: +7 (3532) 912226

Представлено описание теоретико-методологического инструментария оценки влияния организационно-технологической системы на безопасность перевозок пассажиров. Приведена многоуровневая структура автотранспортного законодательства, приводящая к многообразию нормирования автотранспортной деятельности. Приведены результаты анализа регламентации организационно-функциональной структуры перевозчиков в автотранспортном законодательстве регионов РФ и показателей аварийности на лицензированном пассажирском транспорте в них по состоянию на 2015 год. Определены закономерности аварийности от состояния организационно-функциональной структуры, на основании которых с использованием нового показателя определена эффективность мероприятий по повышению безопасности транспортного процесса.

Ключевые слова: *автомобильный транспорт, безопасность, организационно-технологические системы, перевозки, пассажир.*

Yakunina N.V., Yakunin N.N., Men'shikh O.M., Gribkov K.V.

THE INFLUENCE OF THE ORGANIZATIONAL-TECHNOLOGICAL SYSTEM FOR THE SAFETY TRANSPORT OF PASSENGERS BY AUTOMOBILE TRANSPORT

The description of the theoretical and methodological tools to assess the impact of organizational and technological system for safety of passengers. Given the multilevel structure of the motor transportation law, leading to the diversity of the valuation of the trucking business. The results of the analysis of the regulation of the organisational structure of the carriers in the road transport legislation of the regions of the Russian Federation and the accident rate on the licensed passenger transport in them as of 2015. The regularities of accidents from the state of the organizational and functional structure on the basis of which using the new index of the efficiency of measures to improve safety of the transport process.

Keywords: *road transport, safety, organizational and technological systems, transportation, the passenger.*

Начиная со времён Советского Союза и по настоящее время создана и функционирует многоуровневая система регламентации деятельности автотранспортной отрасли. Однако безопасность транспортного процесса не отвечает современным требованиям и нуждается в дальнейшем развитии [1—3]. Для этого необходимы и были выполнены авторами системные исследования, цель которых состоит в повышении безопасности перевозок пассажиров автомобильным транспортом на основе эффективного управления развитием организационно-технологической системы.

Научный подход базируется на теории транспортных процессов, теории квалиметрии, технической эксплуатации автомобилей, математической статистике. Гипотезой исследования стало предположение о значительном влиянии состояния организационно-функциональной структуры субъектов автотранспортной деятельности на безопасность перевозок пассажиров.

Теоретико-методологический подход содержит ряд положений.

Положение первое. Теоретическая база работы — математическая модель [4, 5] влияния элементов C_j организационно-функциональной структуры участников автотранспортной деятельности на обобщённый показатель качества $Ц_0$ перевозок пассажиров, описанная формулами 1 в табл. 1. Элементы C_j организационно-функциональной структуры перевозчика принимают значение 1 при его выполнении, 0 — в случае невыполнения (отсутствия в структуре). Общее количество элементов C_j в зависимости (1) равно $j = 25$, при этом каждый из них имеет определённое влияние на показатель качества $Ц_0$ перевозок через V_j [5, 6].

av0118.fm Page 21 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

Таблица 1

№	Формула	Примечания
1	$Ц_0 = f(C_j)$, $Ц_0 = \sum_{s,j} V_{sj} C_{sj}$	$\sum_{s,j} V_{sj} = 1$; $s = 1, 2, 3$; $j = 1,..., m$
2	$C = a + b + c$	—
3	$Y_{1i} = F_1(Ц_{0i})$; $Y_{2i} = F_2(Ц_{0i})$	—
4	$П_{эj} = \Delta Y_j / З_{kj}$	—
5	$П_{эj} \to \max$	—
6	$Y_1 = 1{,}0497\, Ц_{0i}^{-3{,}83}$	—
7	$Y_2 = 3{,}4455\, Ц_{0i}^{-3{,}4}$	—

Положение второе (формула 2). Элементы C_j организационно-функциональной структуры перевозчика объединены (рис. 1) в три группы. Первая (*a*) часть со значением 0,662 определена правилами федерального уровня, регламентирующими безопасность транспортного процесса, основные положения организации перевозок, взаимодействие основных участников процесса. Вторая (*b*) часть со значением 0,138 конкретизирует общие, но уже другие нормы федерального уровня в нормативно-правовых документах регионального уровня. Третья (*c*) часть со значением 0,20 носит добровольный характер вследствие ограничений со стороны федерального законодательства, например, антимонопольного, но побуждает перевозчиков к их выполнению, предлагая, в случае исполнения, преимущества при допуске к транспортному процессу. Разработка второй и третьей частей является компетенцией региональных властей.

Положение третье. Формула (1) позволяет оценить влияние элементов C_j организационно-функциональной структуры субъектов автотранспортной деятельности на безопасность транспортного процесса. Объектом оценки стало законодательство, регламентирующее организационно-функциональную структуру в 28 субъектах РФ по состоянию на 2015 год, отражённое в региональных законодательствах [7—9]. Выбор этого года обусловлен завершённостью разработки региональных нормативно-правовых актов в рамках существовавшей к тому времени федеральной нормативно-правовой базы. За этот же год оценивалось состояние аварийности на пассажирском автомобильном транспорте с участием водителей автобусов перевозчиков, имеющих лицензию на перевозочную деятельность. На экспериментальном этапе решалась задача нахождения связи между показателями Y безопасности перевозок пассажиров и обобщённым показателем качества $Ц_0$ перевозок пассажиров.

В качестве показателей Y безопасности перевозок в регионе приняты: количество (Y_1) дорожно-транспортных происшествий, допущенных водителями лицензированных перевозчиков к 1000 автобусов; количество (Y_2) пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях, допущенных водителями лицензированных перевозчиков к 1000 автобусов (формула 3). Исходные данные для их расчёта содержит официальный сайт [10] ГИБДД.

Положение четвёртое. Элементы C_j организационно-функциональной структуры в различной степени влияют на безопасность транспортного процесса и требуют различных затрат $З_k$ на их реализацию. Для оценки эффективности затрат $З_k$ использован новый показатель $П_э$ эффективности мероприятий по повышению безопасности перевозок, обусловливающий уменьшение ΔY количества дорожно-транспортных происшествий различной тяжести (формула 4).

Целевая функция выражается формулой 5.

Результаты. Значения обобщённого показателя $Ц_{0i}$ качества, определённого на основании регламентации организационно-функциональной структуры перевозчиков в региональных автотранспортных законодательствах, изменяются в пределах от 0,662 до 1,0 при математическом ожидании 0,759. Меньшее значение свидетельствует об отсутствии в региональных законодательствах дополнительной регламентации, учитывающей особенности транспортного процесса в регионах. Большее значение указывает на учёт не только федеральных требований, но в добавление к ним и региональных (отрезки ***a***, ***b*** и ***c*** на рис. 1) требований. Кроме того, для каждого региона определены значения показателей (Y_1 и Y_2) аварийности. На основании этих данных определены зависимости 6 и 7, справедливые с вероятностью 95 %.

Применение зависимостей 1, 6 и 7 позволило установить влияние элементов C_j организационно-функциональной структуры субъектов автотранспортной деятельности на показатели Y_1 и Y_2 безопасности перевозок пассажиров. Учитывая экспоненциальный характер зависимостей 6 и 7, количественная оценка такого влияния зависит от последовательности использования элементов C_j при совершенствовании регламентации. В случае первоочередного применения элемента C_j его влияние будет наибольшим, в случае применения в последнюю очередь — наименьшим. Из этого следует, что влияние элемента C_j на уменьшение количества $\Delta Y_{дтп}$ дорожно-транспортных происшествий и уменьшение количества $\Delta Y_{постр}$ пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях будет носить интервальный характер. На рис. 2 приведен порядок определения показателей $\Delta Y_{дтп}$, аналогично определяется показатель $\Delta Y_{постр}$. В табл. 2 и 3 приведены результаты расчётов показателей $\Delta Y_{дтп}$ и $\Delta Y_{постр}$. (C_{221} — подготовленность производственно-технической базы для технического обслуживания и ремонта подвижного состава; C_{224} — обеспечение транспортных средств оборудованием для перевозки групп населения с ограниченными возможностями; C_{227} —

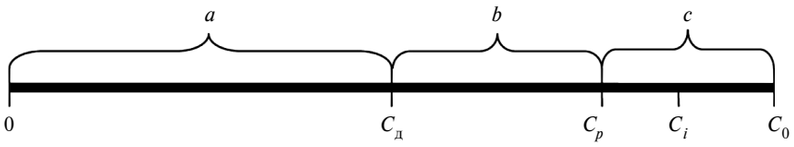


Рис. 1. Условная линейная шкала организационно-функциональной структуры перевозчика, определяющая качество транспортного процесса

av0118.fm Page 22 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

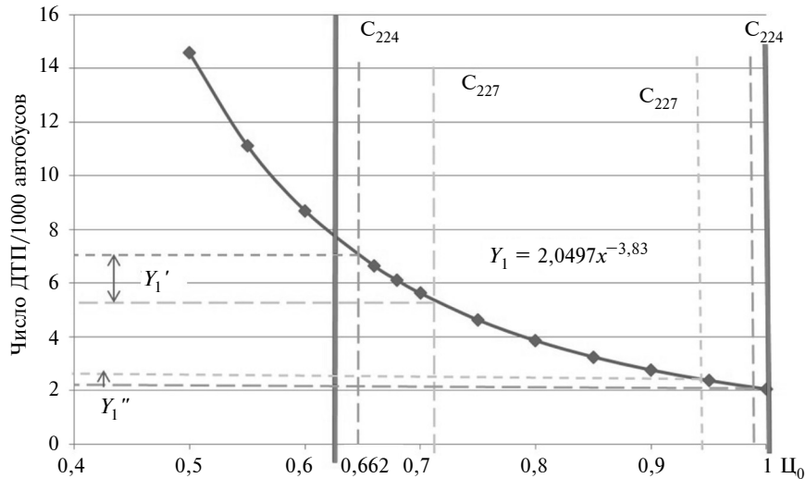


Рис. 2. Схема определения показателей $\Delta Y_{дтп}$ и $\Delta Y_{постр}$

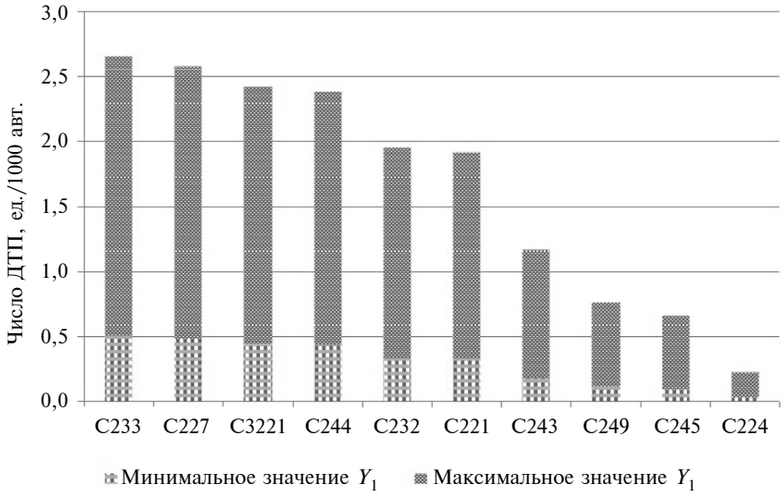


Рис. 3. Интервальные значения показателя уменьшения количества $\Delta Y_{дтп}$ дорожно-транспортных происшествий в порядке убывания

обеспечение удобства поездки пассажиров, в том числе санитарное состояние подвижного состава; C_{3221} — базовое образование руководителей, ведущих специалистов автомобильного профиля, опыт работы в отрасли; C_{232} — мониторинг безопасности дорожного движения с использованием системы ГЛОНАСС; C_{233} — предотвращение несанкционированного доступа к транспортным средствам при межсменном хранении; C_{243} — мониторинг пассажиропотоков на маршрутах; C_{244} — обеспечение соответствия видов сообщения, видов маршрутов, категорий и классов транспортных средств; C_{245} — оперативное управление процессом перевозок; C_{249} — организация использования современных безналичных форм оплаты за проезд.) На рис. 3 и 4 приведены ранжированные графические представления.

Затраты $З_k$ на реализацию элементов C_j организационно-функциональной структуры определены с использованием известных положений теории технической эксплуатации автомобилей, теории пассажирских автомобильных перевозок с учётом сложившихся технологических и стоимостных показателей в городе Оренбурге в расчёте на 1000 автомобилей. Общая сумма затрат $З_k$ на реализацию элементов C_j организационно-функциональной структуры составила 1600 млн рублей на 1000 автобусов. В табл. 4 приведены результаты расчёта затрат. В табл. 5 приведены результа-

Таблица 2

Наименование элементов C_i	Значения показателя Y_1, ед./1000 авт.
C_{221}	0,3334...1,9154
C_{224}	0,0317...0,2274
C_{227}	0,4857...2,5816
C_{3221}	0,4450...2,4218
C_{232}	0,3374...1,9592
C_{233}	0,5063...2,6599
C_{243}	0,1823...1,1714
C_{244}	0,4350...2,3812
C_{245}	0,0970...0,6620
C_{249}	0,1137...0,7668

Таблица 3

Наименование элементов C_i	Значения показателя Y_2, чел./1000 авт.
C_{221}	0,4851...2,4211
C_{224}	0,0473...0,2840
C_{227}	0,7157...3,2780
C_{3221}	0,6565...3,0717
C_{232}	0,4990...2,4772
C_{233}	0,7458...3,3792
C_{243}	0,2707...1,4735
C_{244}	0,6418...3,0193
C_{245}	0,1444...0,8299
C_{249}	0,1692...0,9620

Таблица 4

Наименование элемента C_i	Затраты $З_i$, млн руб. на 1 тыс. автобусов
C_{221}	680
C_{3221}	0,7
C_{244}	450
C_{249}	19
C_{232}	13
C_{233}	30
C_{243}	4
C_{224}	400
C_{245}	0,96
C_{227}	1,08

ты расчётов показателя $П_{Эдтп}$ эффективности мероприятий по уменьшению количества $\Delta Y_{дтп}$ дорожно-транспортных происшествий. На рис. 5 — этот ранжированный показатель. В табл. 6 приведены результаты расчётов показателя $П_{Эпостр}$ эффективности мероприятий по уменьшению количества $\Delta Y_{постр}$ пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях. На рис. 6 — этот ранжированный показатель.

Полученные результаты свидетельствуют об уменьшении значений количества (Y_1) дорожно-транспортных происшествий, допущенных водителями лицензированных перевозчиков к одной тысяче автобусов и количества (Y_2) пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях, допущенных водителями лицензированных перевозчиков к одной тысяче автобусов с увеличением значения обобщённого показателя качества $Ц_{0i}$ в автотранспортном законодательстве субъектов РФ. Минимальное значение функции Y_1 равно 2,05 ед./1000 авт. при условии полной регламентации организационно-функциональной структуры перевозчиков в федеральном, региональном, муниципальном законодательстве согласно зависимости (2) ($Ц_{0i}$ = 1,0). Максимальное, наиболее неблагоприятное, значение функции Y_1 равно 9,95 ед./1000 авт. при условии регламентации организационно-функциональной структуры перевозчиков только федеральным законодательством в условиях отсутствия регламентации в региональном и муниципальном законодательстве ($Ц_{0i}$ = 0,662 — отрезок ***а*** согласно рис. 1). Изменение в 4,85 раза. Минимальное значение функции Y_2 равно 3,45 чел./1000 авт. при $Ц_{0i}$ = 1,0, максимальное значение функции Y_2 равно 14,01 чел./1000 авт. при $Ц_{0i}$ = 0,662. Изменение в 4,07 раза. Полученные результаты убеждают в эффективности влияния регламентации организационно-функциональной структуры на безопасность перевозок пассажиров.

Наибольший вклад в повышение безопасности перевозок вносят следующие элементы: $С_{221}$ — подготовленность производственно-технической базы для технического обслуживания и ремонта подвижного состава; $С_{3221}$ — базовое образование руководителей, ведущих специалистов автомобильного профиля, опыт работы в отрасли; $С_{224}$ — обеспечение транспортных средств оборудованием для перевозки групп населения с ограниченными возможностями; $С_{249}$ — организация использования современных безналичных форм оплаты за проезд; $С_{232}$ — мониторинг безопасности дорожного движения с использованием системы ГЛОНАСС.

Полученные результаты указывают на различную эффективность затрат $З_k$ на реализацию элементов $С_j$ организационно-функциональной структуры и вносят существенные коррективы в последовательность её реализации. Так, значение

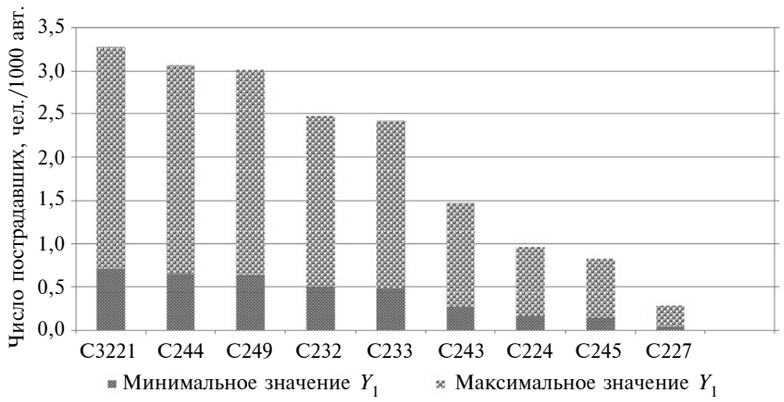


Рис. 4. Интервальные значения показателя уменьшения количества $\Delta Y_{постр}$ пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях в порядке убывания

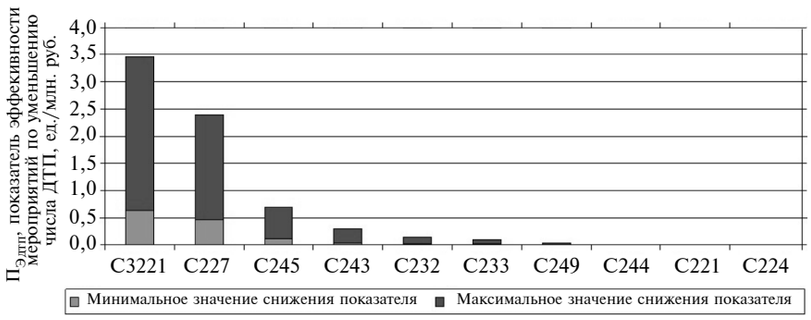


Рис. 5. Ранжированный показатель $П_{Эдтп}$ эффективности мероприятий по уменьшению количества $\Delta Y_{дтп}$ дорожно-транспортных происшествий в порядке убывания эффективности

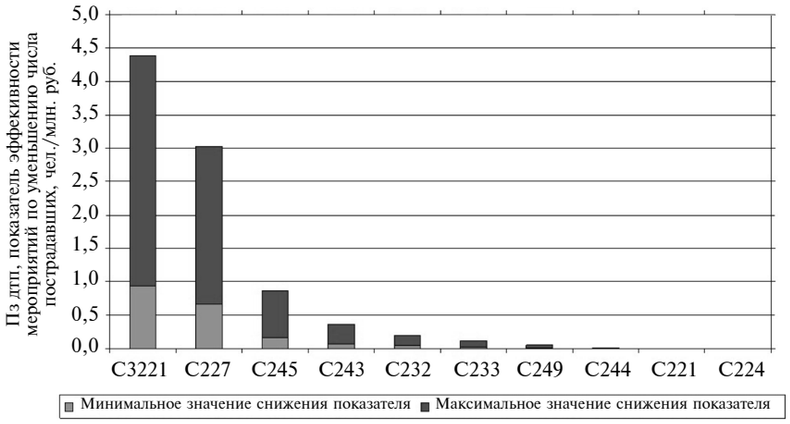


Рис. 6. Ранжированный показатель $П_{Эпостр}$ эффективности мероприятий по уменьшению количества $\Delta Y_{постр}$ пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях в порядке убывания эффективности

Таблица 5

Наименование элемента C_i	Значение показателя $П_{Эдтп}$, ед./млн руб.	
	min	max
C_{221}	0,00049	0,002817
C_{224}	0,0000793	0,000569
C_{227}	0,449722	2,39037
C_{3221}	0,635714	3,459714
C_{232}	0,025954	0,150708
C_{233}	0,016877	0,088663
C_{243}	0,045575	0,29285
C_{244}	0,000967	0,005292
C_{245}	0,101042	0,689583
C_{249}	0,005984	0,040358

Таблица 6

Наименование элемента C_i	Значение показателя $П_{Эпостр}$, чел./млн руб.	
	min	max
C_{221}	0,00071	0,0036
C_{224}	0,00012	0,0007
C_{227}	0,6626	3,0352
C_{3221}	0,93789	4,3881
C_{232}	0,03839	0,19055
C_{233}	0,02489	0,11264
C_{243}	0,0677	0,3684
C_{244}	0,00143	0,0067
C_{245}	0,15042	0,8645
C_{249}	0,0089	0,0506

показателя $П_{Эдтп}$ эффективности мероприятий по уменьшению количества $\Delta Y_{дтп}$ дорожно-транспортных происшествий изменяется в пределах от 0,0006 до 3,46 ед. дтп/млн рублей. Значение показателя $П_{Эпостр}$ эффективности мероприятий по уменьшению количества $\Delta Y_{постр}$ пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях изменяется от 0,0007 до 4,39 чел./млн рублей. С учётом этого первоочередными мероприятиями по совершенствованию организации и технологии транспортного процесса должны стать: C_{3221} — базовое образование руководителей, ведущих специалистов автомобильного профиля, опыт работы в отрасли; C_{227} — обеспечение удобства поездки пассажиров, в том числе санитарное состояние подвижного состава; C_{245} — оперативное управление (диспетчирование) процессом перевозок; C_{243} — мониторинг пассажиропотоков на маршрутах; C_{232} — мониторинг безопасности дорожного движения с использованием системы ГЛОНАСС. Вместе с тем эффективно влияющие на безопасность транспортного процесса, но дорогостоящие мероприятия, такие как: C_{221} — подготовленность производственно-технической базы для технического обслуживания и ремонта подвижного состава; C_{224} — обеспечение транспортных средств оборудованием для перевозки групп населения с ограниченными возможностями; C_{249} — организация использования современных безналичных форм оплаты за проезд, могут реализовываться с учётом существенного финансового обеспечения. Два элемента C_{3221} — базовое образование руководителей, ведущих специалистов автомобильного профиля, опыт работы в отрасли и C_{232} — мониторинг безопасности дорожного движения с использованием системы ГЛОНАСС должны реализовываться в приоритетном порядке как высокоэффективные.

Установленные закономерности должны быть применены для совершенствования организационно-технологического обеспечения процесса перевозок пассажиров на различных уровнях — от федерального законодательства до стандартов предприятия. Результаты исследования открывают широкие возможности для эффективного управления безопасностью транспортным процессом и служат базисом для разработки комплекса методического обеспечения.

Таким образом, можно утверждать, что решение важной научно-практической задачи найдено. Оценку влияния организационно-технологической системы на безопасность перевозок пассажиров автомобильным транспортом необходимо осуществлять с использованием нового теоретико-методологического инструментария, позволяющего совершенствовать организацию и технологию перевозок. Управлять безопасностью перевозок необходимо посредством регламентации организационно-функциональной структуры перевозчиков. Результаты работы могут иметь широкое использование при оптимизации структуры требований, а в конечном итоге будут способствовать повышению безопасности пассажирских перевозок.

Литература

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. — М. — 2010. — 163 с.
2. Pucher J. Urban passenger transport in the United States and Europe: A comparative analysis of public policies. Part 1. Travel behavior, urban development and automobile use. Transport Reviews. — 1995. — 15 (2). — P. 99—117.
3. Pucher J. Urban passenger transport in the United States and Europe: A comparative analysis of public policies. Part 2. Public transport, overall comparisons and recommendations. Transport Reviews. — 1995. — 15 (3). — P. 211—227.
4. Якунина Н.В. Перевозки пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам: теоретические основы методологии повышения качества / Н.В. Якунина // Стандарты и качество. — 2015. — № 2. — С. 92—93.
5. Якунина Н.В. Методология повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам: монография / Н.В. Якунина. — Оренбург: ООО ИПК "Университет", 2015. — 262 с.
6. Якунина Н.В. Технологические особенности модели организации транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом по маршрутам регулярных перевозок / Н.Н. Якунин, Н.В. Якунина, А.В. Спирин // Грузовое и пассажирское хозяйство. — 2013. — № 4. — С. 70—74.
7. Закон республики Татарстан от 13 ноября 2006 года № 70-ЗРТ "Об организации пассажирских перевозок осуществляемых автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования на территории республики Татарстан" в редакции от 15.12.2014 года № 116-ЗРТ http://docs.cntd.ru/document/917022947
8. Постановление правительства Нижегородской области от 06 марта 2009 года № 10 "Об организации транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом в пригородном и межмуниципальном сообщении на территории Нижегородской области" (с изменениями на 2015 год) — http://docs.cntd.ru/document/944938258
9. Закон Оренбургской области № 4326/1015-IV-ОЗ от 4 марта 2011 года "Об организации транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом по маршрутам регулярных перевозок в Оренбургской области" (в редакции от 12 января 2015 года) http://docs.cntd.ru/document/952014277
10. http://www.gibdd.ru/

УДК 629.08

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ ДЛЯ ТРАНСМИССИЙ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ

Д-ра техн. наук **ФИЛАТОВ М.И.** и **МИРКИТАНОВ В.И., ПЕВНЕВ Н.Г., БУЛАТОВ С.В.**
Оренбургский государственный университет
(filatovogu@gmail.com)

Проводится анализ парка ПАТП, а также факторов, влияющих на возникновение отказов трансмиссий подвижного состава, приводятся результаты исследований надёжности автобусов. Далее указываются основные причины неисправностей в узлах трансмиссий, получена зависимость количества запасных частей трансмиссии, расходуемых на ремонт от пробега и условий эксплуатации. По результатам исследований получено уравнение регрессии.

Ключевые слова: *условия эксплуатации, автобусы, сезонность, трансмиссия, отказ, корреляция.*

Filatov M.I., Mirkitanov V.I., Pivnev N.G., Bulatov S.V.

THE TECHNIQUE OF DEFINITION OF REQUIREMENTS FOR SPARE PARTS OF GEAR BOXES OF CITY BUSES

The article analyzes the fleet of passenger motor transportation enterprises, and factors affecting the occurrence of failures of transmissions of rolling stock, the results of studies of the reliability of the buses. Next, identify the principal causes of faults in the nodes of the transmission, the dependence of the number of spare transmission parts consumed for repair from mileage and operating conditions. According to research results, the regression equation is obtained.

Keywords: *operating conditions, buses, seasonality, transmission, failure, correlation.*

Городские условия эксплуатации автобусов относятся к категории тяжёлых, с нестационарным характером движения, что способствует интенсивному изнашиванию деталей и агрегатов [1—2]. В частности, на надёжность механизмов трансмиссии влияет постоянное изменение ступеней передач из-за частых разгонов и остановок, наличия подъёмов и спусков, в дорожных пробках, а также из-за неудовлетворительного состояния дорожного полотна на многих улицах города. Сказываются и погодные условия, качество и своевременность проведения технического обслуживания и ремонта, качество запасных частей, квалификация ремонтных рабочих и водителей. Влияние всех этих факторов особенно ярко проявляются на примере автобусов с механической коробкой передач, которые составляют 78 % всего автобусного парка.

Результаты исследований надёжности городских автобусов для условий разных городов (Нижний Новгород, Екатеринбург, Оренбург) показали, что после двигателя наибольшая доля отказов таких автобусов приходится на агрегаты трансмиссии, например, у автобусов ПАЗ это 23 %, КАвЗ — 26 %, НефАЗ — 34 %. Распределение же отказов по узлам и агрегатам показано в табл. 1.

Высокие скоростные, температурные, а также удельные динамические нагрузки, характерные для функционирования узлов автобусных трансмиссий, влекут за собой такие последствия, как изменение физико-химических и эксплуатационных свойств трансмиссионных масел, изнашивание зубчатых колёс. Интенсивность изменения температуры в агрегатах трансмиссии зависит от режима движения автобуса и температуры окружающего воздуха. При этом температура масла в коробке передач ввиду дополнительного прогрева ее объёма от двигателя гораздо выше, чем в заднем мосту, который более интенсивно охлаждается воздухом при движении [3].

Самый ненадёжный узел в трансмиссии автобусов ПАЗ — сцепление. Половина всех его отказов приходится на рабочий и главный цилиндры гидравлического привода. Среди неисправностей карданной передачи можно выделить зазоры в шлицевых зацеплениях, дисбаланс карданного вала, а также люфт карданных шарниров. Характерные неисправности заднего моста — это износ или задиры зубьев шестерён, большой угловой люфт ведущей шестерни, износ шлицов полуосей, износ зубьев шестерён, течь масла, износ сальников, ослабление затяжки, засорение сапуна. На коробку передач приходится 17 % отказов: выходят из строя шестерни понижающих передач, прокладка крышки подшипника первичного вала, сальник крышки заднего подшипника вторичного вала, подшипники.

По мере увеличения пробега потребность в запасных частях для трансмиссии увеличивается в несколько раз (табл. 2, рис. 1). Так, уже на втором году эксплуатации эта номенклатура примерно вчетверо больше, чем в первый год. При наличии на ПАТП разномарочного парка автобусов, имеющего различную степень надёжности, материально-техническое обеспечение значительно осложняется [4].

Из числа факторов, относящихся к технологическим, наибольшее влияние на потребность в запасных частях оказывает качество технического обслуживания и ремонта автобусов. Чем оно ниже, тем больше отказов и тем больше деталей требуется для поддержания парка в технически исправном состоянии. Низкое

Таблица 1

Город	Доля отказов узлов трансмиссии в эксплуатации, %			
	Сцепление	Коробка передач	Карданная передача	Ведущий мост
Нижний Новгород	70	17	10	3
Екатеринбург	42	23	21	8
Оренбург	18	33	48	1

Таблица 2

Марка автобуса	Расход запасных частей трансмиссии при пробеге с начала эксплуатации, тыс. км					
	50	100	150	200	250	300
ПАЗ	17	58	89	144	260	451
КАвЗ	12	42	79	135	250	412
ЛиАЗ	28	65	98	168	316	547
НефАЗ	24	58	87	154	282	483

av0118.fm Page 26 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

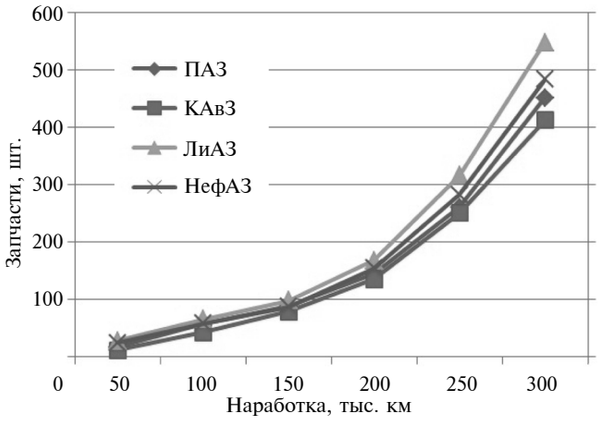


Рис. 1

качество используемых запасных частей и материалов сказывается аналогичным образом. Также заметно влияют на потребность в запасных частях организационные факторы. Чем меньше марок автобусов в парке ПАТП и чем меньше их средний возраст, тем меньше запасных частей необходимо иметь в наличии [4].

Периодичность потребления узлов трансмиссии автобусов марок ПАЗ и КАвЗ с учётом данных ПАТП приведена в табл. 3. Теоретические и фактические данные удельного расхода узлов трансмиссии для 200 автобусов по состоянию на 01.01.2017 г. Влияние характера действия отрицательных факторов на величину спроса и потребления узлов трансмиссии, что необходимо для прогнозирования запасов, рассмотрим при помощи методов математической статистики. При помощи этих методов решаются такие вопросы, как построение кривых распределения вероятностей и оценка степени согласия фактических характеристик с теоретическими, позволяют определять эмпирические зависимости, оценивать тесноту связи между влияющими факторами.

С помощью корреляционно-регрессионного анализа выявляются качественные и количественные влияния различных факторов на отказы узлов трансмиссии. Этот анализ позволяет измерять тесноту связи между величинами и строить теоретические зависимости влияния одной величины на другую, т.е. уравнения регрессии. Вычисленное уравнение потребности в запасных частях на издержки есть не что иное, как уравнение регрессии.

Для организации процесса материально-технического обеспечения целесообразно использовать линейные зависимости и тесноту связи измерять с помощью коэффициента корреляции [5], который определяется по формуле 1 (табл. 4).

Другой составляющей корреляционно-регрессионного анализа является определение уравнения, связывающего исследуемые величины, т.е. установление вида уравнения регрессии. С этой целью воспользуемся методом "наименьших квадратов" [5], сущность которого иллюстрируется графиком, представленным на рис. 2. Фактическое значение величины на нём обозначено y_i, а теоретическое значение, полученное из уравнения регрессии — $\bar{y}_i$. Отсюда разность отклонений $\Delta = (y_i - \bar{y}_i)$.

Уравнение регрессии должно удовлетворять условию 2 (см. табл. 4). Для использования метода "наименьших квадратов" решаются системы нормальных уравнений: для линейной зависимости $y = a_0 + ax$ — вида 3, а для обратной зависимости $y = a/x + b$ — вида 4. При вычислении параметров уравнения регрессии исходными данными являются попарно упорядоченные фактические значения исследуемых величин x и y. В нормальных уравнениях неизвестными являются параметры a_0 и a_1.

Таблица 3

Месяц	Удельный расход узлов трансмиссии, шт./1000 км			
	ПАЗ		КАвЗ	
	факт.	теор.	факт.	теор.
Январь	7,2	6,0	7,0	5,5
Февраль	6,8	5,0	6,8	4,0
Март	7,9	7,0	7,8	7,0
Апрель	9,0	8,2	8,8	8,0
Май	4,0	2,0	3,8	1,7
Июнь	4,3	2,5	4,1	2,0
Июль	4,4	2,5	4,1	2,0
Август	5,2	3,0	5,0	2,5
Сентябрь	5,1	3,0	5,0	2,5
Октябрь	6,4	4,0	6,0	3,5
Ноябрь	6,7	4,5	6,3	4,2
Декабрь	6,9	5,0	6,7	4,8
Итого	73,9	52,7	71,4	47,7

Таблица 4

№	Формула	Примечания
1	$r = \dfrac{\Sigma(\bar{x}-x_i)(\bar{y}-y_i)}{\sqrt{\Sigma(\bar{x}-x_i)^2(\bar{y}-y_i)^2}}$	$\bar{x}$ и $\bar{y}$ — средние значения исследуемых величин
2	$\Sigma\Delta^2 = \Sigma(y_i - \bar{y}_i)^2 = \min$	—
3	$\begin{cases} a_0 n + a_1\Sigma x = \Sigma y \\ a_0\Sigma x + a_1\Sigma x^2 = \Sigma xy \end{cases}$	—
4	$\begin{cases} nb + a\Sigma\dfrac{n}{x} = \Sigma yn \\ b\Sigma\dfrac{n}{x} + a\Sigma\dfrac{n}{x^2} = \Sigma xyn \end{cases}$	—
5	$y = 7{,}5 - 0{,}4x$	—
6	$y - \bar{y} = r\dfrac{\sigma_y}{\sigma_x}(x - \bar{x})$	σ_x и σ_y — среднеквадратические отклонения величин x и y
7	$\sigma_x = \sqrt{\dfrac{\Sigma(\bar{x}-x_i)^2}{n}}$, $\sigma_y = \sqrt{\dfrac{\Sigma(\bar{y}-y_i)^2}{n}}$	n — число данных в исследуемом статистическом ряду

Во время проведения эксперимента на пассажирском автотранспортном предприятии получили данные по потребности в узлах трансмиссии подвижного состава за определённый период в млн руб. и соответствующих издержках обращения (табл. 5). Подготовка данных для составления системы нормальных уравнений ведётся в табличной форме (табл. 6). Затем составляется система нормальных уравнений: $\begin{cases} 5a_0 + 29a_1 = 26 \\ 29a_0 + 243a_1 = 96 \end{cases}$.

Решение её даёт результат: $a_0 = 7{,}5$, $a_1 = -0{,}4$. Отсюда получаем зависимость уровня издержек (y) от величины спроса запасных частей (x) в виде формулы 5 (см. табл. 4).

В корреляционно-регрессионном анализе уравнение регрессии целесообразно вычислять через коэффициент корреляции. Получаемое таким образом уравнение идентично уравнению, параметры которого определяются по методу "наименьших квадратов" с помощью нормальных уравнений. Уравнение регрессии для величин, связанных прямой линейной зависимостью, определяется по формуле 6, в которой σ_x и σ_y — среднеквадратические отклонения величин x и y (формулы 7). Выражение $b = r\frac{\sigma_y}{\sigma_x}$ — есть коэффициент регрессии.

Таблица 5

Потребность в запасных частях, млн руб.	x	1	3	5	8	12
Издержки (простои), %	y	10	5	7	3	1

Таблица 6

x	y	x^2	xy
1	10	1	10
3	5	9	15
5	7	25	35
8	3	64	24
12	1	144	12
29	26	243	96

Таблица 7

№	y	x_1	x_2	x_3	x_4
1	25,5	120	75	50	1,2
2	27,2	180	77	42	1,5
3	30,1	220	80	38	2,8
4	38,6	380	85	32	3,4
5	41,0	470	85	25	3,2
6	43,3	560	90	22	4,2
7	45,0	800	91	20	4,5
8	50,5	1000	92	18	4,8

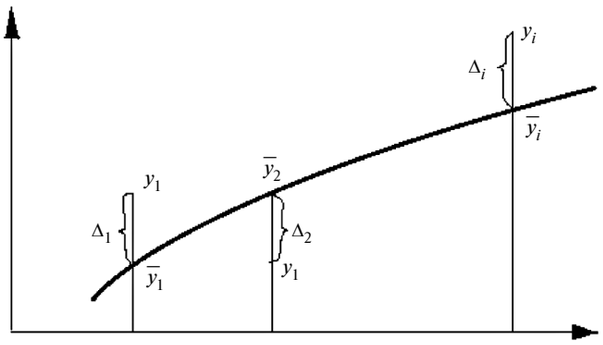


Рис. 2

Рис. 3

При положительном значении коэффициента корреляции ($r > 0$) с увеличением одной величины x увеличивается и зависимая от неё величина y и, наоборот, при отрицательном значении r с увеличением величины x величина y уменьшается. Соответственно, положительные и отрицательные коэффициенты могут принимать и коэффициенты регрессии.

В материально-техническом обеспечении корреляционно-регрессионному анализу подвергается совокупность пар величин x и y. Например соответственно: *доля производственных услуг при поставках запасных частей*, % и *общие издержки потребителя*, тыс. руб.; *запас на складе предприятия*, тыс. руб. и *спрос запасных частей*, тыс. руб./день; *надёжность обеспечения (поставок)* и *величина производственного запаса*, тыс. руб.; *доля поставок точно в срок* (% от объёма поставок) и *величина производственного запаса*, млн. руб.; *надёжность обеспечения* ($0 < R \le 1$) и *величина производственного запаса*, млн руб.

Рассмотрим применение многофакторного корреляционно-регрессионного анализа в материально-техническом обеспечении предприятия. Исходные данные: y — издержки обращения; x_1 — среднее расстояние перемещения запасных частей, км; x_2 — уровень механизации перегрузочных и складских работ, %; x_3 — доля складских поставок, %; x_4 — объём произ-

водственных услуг, тыс. руб. Фактические значения перечисленных величин представлены в табл. 7. После соответствующих вычислений получаем уравнение множественной регрессии: $y = 0{,}0086x_1 + 0{,}76x_2 - 0{,}244x_3 + 0{,}981x_4 - 19{,}799$. График данной регрессии представлен на рис. 3.

Результаты корреляционно-регрессионного анализа в материально-техническом обеспечении служат для планирования и прогнозирования деятельности предприятия.

Литература

1. Булатов, С.В. Влияние условий эксплуатации на работоспособность автобусов КАВЗ // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. — Воронеж: ФГБОУ ВО "ВГЛТУ", 2015. — № 8, часть 2 (19-2). — С. 62—66.
2. Филатов М.И. Влияние сезонности на величину спроса и потребления деталей передней подвески автобусов / М.И. Филатов, С.В. Булатов // Автотранспортное предприятие. — 2016. — № 6. — С. 37—40.
3. Кузьмин Н.А. Техническая эксплуатация автомобилей: закономерности изменения работоспособности: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин. — М.: ФОРУМ, 2011. — 208 с.
4. Филатов М.И. Определение потребности пассажирских автотранспортных предприятий в запасных частях путем прогнозирования / М.И. Филатов, С.В. Булатов // Автотранспортное предприятие, 2015. — № 7. — С. 36—39.
5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. 10-е издание. — Москва: Высшая школа, 2004. — 479 с.

УДК 621.43:629.06

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВА ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ К ХОЛОДНОМУ ПУСКУ

Д-р техн. наук **КОВРИКОВ И.Т.**,
канд. техн. наук **КАЛИМУЛЛИН Р.Ф., КАЗАКОВ А.В.**
Оренбургский ГУ (3532. 91-22-26)

Предложено новое решение повышения эффективности эксплуатации автомобилей на основе рационального использования средств тепловой подготовки автомобильного двигателя к пуску при низких температурах окружающей среды.

Ключевые слова: *режим пуска, автомобильный двигатель, тепловая подготовка, смазочный процесс, средства тепловой подготовки автомобильных двигателей к пуску.*

Kovrikov I.T., Kalimullin R.F., Kazakov A.V.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE MEANS OF PREPARATION OF HEAT ENGINE TO THE COLD START

Proposed a new solution to improve the efficiency of operation of vehicles on the basis of rational use of means of the thermal preparation of automotive engine for starting at low ambient temperatures.

Keywords: *start mode, car engine, heat treatment, lubricating process, means of thermal preparation of automobile engines for launching.*

На 80 % территории РФ от четырёх до восьми месяцев в году наблюдаются низкие температуры окружающей среды, при которых резко ухудшаются пусковые качества автомобильных двигателей. Одновременно усиливается изнашивание деталей в процессе пуска, составляющее в итоге до 50...75 % общего эксплуатационного износа [1] за весь ресурс. Наиболее подвержены пусковым износам подшипники коленчатого вала, поскольку в них при холодных пусках нарушается смазочный процесс.

Для улучшения пусковых качеств автомобильных двигателей в настоящее время получают распространение разнообразные средства тепловой подготовки автомобильных двигателей к пуску, различающиеся по типу используемой энергии, объекту тепловой подготовки, сервисным функциям, потребляемой мощности, стоимости, эксплуатационным затратам. При использовании таких средств величины износов деталей двигателя в период пуска и расход топлива на подготовку автомобилей к движению уменьшаются. Однако положительный эффект достигается за счёт довольно дорогих и сложных устройств предпускового подогрева, дополнительных затрат на их техническое обслуживание и ремонт, а также выработку тепловой энергии. Поэтому важно не только добиться улучшения показателей пусковых качеств двигателей, но и минимизировать затраты. Выбор средств подогрева должен быть рациональным, с учётом модели двигателя и условий эксплуатации автомобилей, а значит требует научно-обоснованной методики, которой до последнего времени не существовало. На основе теоретических и экспериментальных исследований авторам удалось найти решение проблемы.

Экономический эффект от повышения долговечности двигателя должен превышать затраты, связанные с приобретением, установкой и эксплуатацией средства, и быть максимально возможным в заданных условиях эксплуатации. Соответственно, оценку эффективности средств тепловой подготовки двигателей предлагается проводить по показателю K_{IQ} — отношению величины экономического эффекта в эксплуатации от повышения долговечности двигателя (триботехнического эффекта) к затратам, обеспечившим этот эффект. Данный показатель для однократного пуска, исходя из определения, находится по формуле 1 (в таблице), где K_I — экономия затрат, полученная вследствие повышения долговечности двигателя, K_Q — затраты на топливо (энергию) для работы средства подогрева, а K_S — затраты на его приобретение, установку, техническое обслуживание и ремонт. Значения составляющих зависимости 1 определяются по формулам 2 и 3. Здесь R_L — величина затрат на восстановление работоспособности двигателя, приходящаяся на 1 км пробега автомобиля; $L_{ПИ}$ — эквивалентный по износу пробег при однократном пуске; $I_i^{ПП}$ и $I_i^{БС}$ — значения условного показателя интенсивности изнашивания основных узлов трения двигателя на режиме пуска с применением средства тепловой подготовки и без него

(в базовом состоянии); R_Q — цена 1 л. топлива, руб.; $Q_T^{ПП}$ и $Q_T^{БС}$ — объём топлива, израсходованный двигателем за время прогрева до заданной температуры соответственно с применением предпускового подогрева и без него, л; $C_{1ед.э}$ — цена 1 л расходуемого топлива или 1 кВт · ч электрической энергии сети при работе средства тепловой подготовки; $W_э$ — расход топлива (электрической энергии сети) за время работы подогревателя.

Значения R_L определяются по статистическим данным о затратах на ремонт конкретной модели двигателя, приходящихся на 1 км пробега автомобиля; R_Q и $C_{1\ кВт}$ — учитывают исходя из стоимости топлива и электрической энергии, $W_Э$ — учитывают исходя из мощности средства подогрева и длительности его работы; K_S — учитывают исходя из стоимости покупки и монтажа подогревателя на автомобиль, а также срока его эксплуатации. Эквивалентный по износу пробег при однократном пуске определяется по формуле 4, полученной Г.С. Лосавио [2].

Для косвенной оценки интенсивности изнашивания подшипников коленчатого вала введён новый параметр I_i — "удельная интегральная интенсивность изнашивания подшипников коленчатого вала", определяемый по формуле 5, где E_g — текущее значение параметра "интегральная степень существования смазочного слоя в подшипниках коленчатого вала" [3, 4]; N_i^{max} и N_i — индикаторные мощности двигателя максимальная и текущая соответственно.

Условием рационального применения средства тепловой подготовки двигателя к пуску является положительная величина показателя ($K_{IQ} > 0$), максимальная в заданных условиях эксплуатации. Полученные зависимости и условия позволяют решать следующие научно-практические задачи.

1. *Задача определения температурных условий рационального использования средств тепловой подготовки.* Для i-го подогревателя и j-го двигателя в заданном (тестовом) диапазоне температур $T_{дв} \in [T_{дв.min}; T_{дв.max}]$ определяются зависимости $I^{ij}(T_{дв})$, $G_m^{ij}(T_{дв})$ в двух вариантах его комплектации: в базовой и с подогревателем. По зависимости $K_{IQ}^{ij}(T_{дв})$ находится диапазон $[T_{дв.min}^{ij}; T_{дв.max}^{ij}]$, при котором $K_{IQ}^{ij} > 0$.

2. *Задача выбора рационального средства тепловой подготовки для конкретного двигателя.* В заданном (тестовом) диапазоне температур $T_{дв} \in [T_{дв.min}; T_{дв.max}]$ определяется среднее значение параметра $(mK_{IQ}^{ij})_{T_{дв.min}^{ij}}^{T_{дв.max}^{ij}}$ и производится выбор подогревателя по условию $(mK_{IQ}^{ij})_{T_{дв.min}^{ij}}^{T_{дв.max}^{ij}} \to (mK_{IQ}^{ij})_{max}$.

3. *Задача выбора рационального средства тепловой подготовки двигателя к пуску с учётом температурных особенностей эксплуатации автомобилей.* С учётом условий (числа запусков в сутки и температуры окружающей среды) при эксплуатации автомобиля в k-м климатическом районе определяется годовой экономический эффект $K_{год}^{ijk}$ и производится выбор подогревателя по условию $K_{год}^{ij} \to max$.

На примере подогревателя масляного фильтра "Теплостарт" установлено [5—7], что его рационально применять на двигателях ВАЗ в диапазоне температур от минус 14 до 4 °С. При этом на режиме пуска уменьшается интенсивность изнашивания подшипников коленчатого вала в среднем в 2,6 раза и увеличивается количество израсходованного топлива в среднем на 5 %, а максимальная эффективность достигается при минус 10 °С. В условиях эксплуатации для рационального использования подогревателя масляного фильтра

№	Формула	Примечание
1	$K_{IQ} = \frac{K_I - (K_Q + K_S)}{K_Q + K_S} = \frac{K_I}{K_Q + K_S} - 1$	K_I — экономия затрат, руб.; K_Q — затраты на энергию (топливо), руб.; K_S — затраты на приобретение, монтаж и обслуживание средства подогрева, руб.
2	$K_I = R_L L_{ПИ}\left(1 - \frac{I_i^{ПП}}{I_i^{БС}}\right)$	R_L — удельные затраты на восстановление работоспособности двигателя на ед. пробега, руб./км; $L_{ПИ}$ — эквивалентный по износу пробег при однократном пуске, км; $I_i^{ПП}$ — условный показатель интенсивности изнашивания основных узлов трения двигателя при пуске с подогревом; $I_i^{БС}$ — то же без средств тепловой подготовки
3	$K_Q = R_Q(Q_T^{ПП} - Q_T^{БС}) + C_{1ед.э}W_Э$	R_Q — цена топлива, руб/л..; $Q_T^{ПП}$ и $Q_T^{БС}$ — объем топлива, израсходованный двигателем за время прогрева до заданной температуры с применением предпускового подогрева и без него соответственно, л; $C_{1ед.э}$ — цена расходуемой на подогрев энергии (топлива), руб./кВт · ч или руб./л; $W_Э$ — расход энергии (топлива) за время подогрева, кВт или л
4	$L_{ПИ} = \frac{270}{T_{ДВ}^0 + 40}$	$T_{ДВ}^0$ — начальная температура двигателя, °С
5	$I_i = (1 - E_g)\frac{N_i}{N_i^{max}}$	E_g — интегральная степень существования смазочного слоя в подшипниках коленчатого вала; N_i^{max} и N_i — максимальная и текущая индикаторные мощности двигателя, кВт

av0118.fm Page 30 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

усовершенствован алгоритм его работы и разработан блок управления. Алгоритм позволяет подогревателю работать с наибольшим эффектом, обеспечивая уменьшение интенсивности изнашивания деталей двигателя в процессе пуска, и отличается учётом нового фактора — температуры двигателя.

На примере подогревателя масляного фильтра "Теплостарт" получены значения показателей $K_{\text{год}}^{\text{безАЗ}}$ — без автоматического запуска двигателя и $K_{\text{год}}^{\text{АЗ}}$ — с автоматическим запуском двигателя для 21 крупного города страны, расположенных в различных природно-климатических районах. Диаграммы, показывающие распределения городов в порядке убывания значений показателей, представлены на рис. 1 и 2.

Эффективность применения нагревателя зависит от природно-климатической района эксплуатации автомобиля, что объясняется различием в распределении количества дней в году по температуре окружающей среды. На рис. 3 показаны аппроксимирующие зависимости показателей $K_{\text{год}}^{\text{безАЗ}}$ и $K_{\text{год}}^{\text{АЗ}}$ от средней отрицательной температуры $T^{\text{ос}}$ в году. Анализ полученных зависимостей показывает, что с уменьшением средней отрицательной температуры окружающей среды

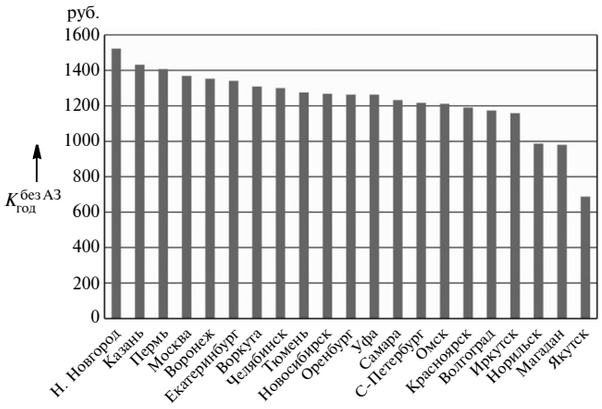


Рис. 1. Распределение значений показателей $K_{\text{год}}^{\text{безАЗ}}$ по городам

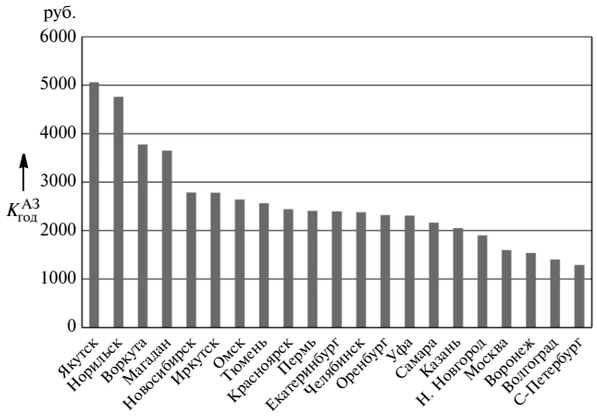


Рис. 2. Распределение значений показателей $K_{\text{год}}^{\text{АЗ}}$ по городам

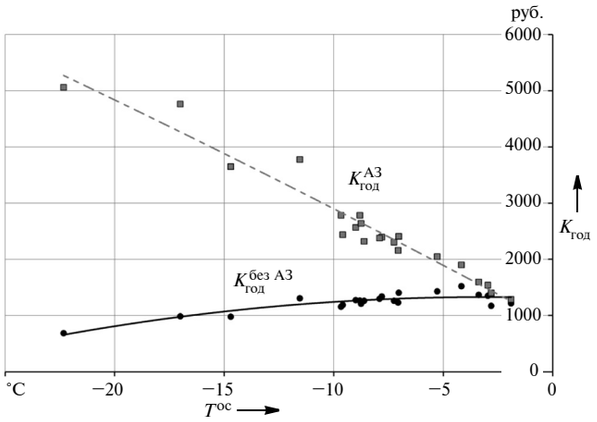


Рис. 3. Экспериментальные зависимости показателей $K_{\text{год}}^{\text{безАЗ}}$ и $K_{\text{год}}^{\text{АЗ}}$ от средней температуры $T^{\text{ос}}$ в году

$T^{\text{ос}}$ в холодные месяцы значения показателей $K_{\text{год}}^{\text{безАЗ}}$ и $K_{\text{год}}^{\text{АЗ}}$ изменятся разнонаправленно, при этом $K_{\text{год}}^{\text{АЗ}}$ увеличивается. Это обусловливается увеличением количества автоматических пусков за одну стоянку и суммарного количества холодных пусков в год. Годовой экономический эффект на один легковой автомобиль от применения нагревателя масляного фильтра "Теплостарт" может быть в диапазоне от 1200 руб. при однократном пуске двигателя, до 5000 руб. при многократных автоматических пусках двигателя.

Разработанная методика позволяет устанавливать для каждого конкретного средства тепловой подготовки двигателя те климатические районы, в которых экономическая эффективность его применения с учётом температурных условий рационального использования и условий пуска максимальна.

Литература

1. Суранов Г.И. Уменьшение износа автотракторных двигателей при пуске [Текст] / Г.И. Суранов. — М.: Колос, 1982. — 143 с.
2. Лосавио Г.С. Эксплуатация автомобилей при низких температурах [Текст] / Г.С. Лосавио. — М.: Транспорт, 1973. — 117 с.
3. Калимуллин Р.Ф. Разработка диагностического обеспечения подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей [Текст] / Р.Ф. Калимуллин // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2012. — № 5 (64). — С. 101—108.
4. Казаков А.В. Информационно-измерительная система оценки смазочного процесса в подшипниках двигателей внутреннего сгорания [Текст] / А.В. Казаков, Р.Ф. Калимуллин, Н.Н. Якунин // Международный научно-исследовательский журнал. — 2016. — № 11 (53). Часть 4. — С. 60—63.
5. Казаков А.В. Предпусковой нагрев смазочной системы автомобильного двигателя [Текст] / А.В. Казаков, Р.Ф. Калимуллин // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2013. — № 12. — С. 219—225.
6. Казаков А.В. Оценка эффективности предпускового нагрева масляного фильтра автомобильного двигателя [Текст] / Е.В. Бондаренко, А.В. Казаков, Р.Ф. Калимуллин // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2014. — № 2. — С. 153—160.
7. Казаков А.В. Определение рациональных условий использования средств предпусковой тепловой подготовки автомобильного двигателя [Текст] / Р.Ф. Калимуллин, А.В. Казаков // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2014. — № 10. — С. 82—89.

av0118.fm Page 31 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

УДК 629.33

ОБОСНОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТАРТЕРОВ

Канд. техн. наук **ПУЗАКОВ А.В.**, д-ра техн. наук **ФИЛАТОВ М.И., БОНДАРЕНКО Е.В., МИРКИТАНОВ В.И.**
Оренбургский ГУ (and-rew78@yandex.ru)

На основании анализа причинно-следственных связей установлено, что техническое состояние электрической части стартера можно характеризовать электрическим сопротивлением обмотки якоря, определение которого даёт возможность диагностировать стартер, не снимая с двигателя. Проведённые исследования позволили количественно обосновать диапазон электрических сопротивлений обмотки якоря, соответствующий работоспособному состоянию и характерным неисправностям стартера.

Ключевые слова: *автомобильный стартер, структурные и диагностические параметры, неисправности стартеров, имитирование неисправностей*

Puzakov A.V., Filatov M.I., Bondarenko E.V., Mirkitanov V.I.

JUSTIFICATION OF DIAGNOSTIC PARAMETERS OF AUTOMOBILE STARTERS

On the basis of the analysis of relationships of cause and effect it is established that technical condition of an electric part of the starter can be characterized by the electrical resistance of a winding of an anchor which determination gives the chance to diagnose the starter, without removing from the engine. The conducted researches allowed to prove quantitatively the range of electrical resistances of a winding of an anchor corresponding to operating state and characteristic malfunctions of the starter.

Keywords: *automobile starter, structural and diagnostic parameters, malfunctions of starters, simulating of malfunctions*

Автомобильный стартер — устройство довольно надёжное, его срок службы сопоставим со сроком службы автомобиля. Однако в процессе эксплуатации в работе стартеров рано или поздно возникают неисправности, нередко приводящие к их отказам, а значит, к невозможности тронуться с места, что при неблагоприятном стечении обстоятельств может создать риск возникновения ДТП. (Например, при неожиданной остановке автомобиля на оживлённом перекрёстке или железнодорожном переезде.) Следовательно, существует необходимость своевременного диагностирования технического состояния автомобильных стартеров без его снятия с автомобиля. Между тем анализ работ, связанных с исследованием стартера, показывает, что несмотря на разнообразие в основном они связаны с повышением приспособленности автомобиля к пуску в условиях низких температур, а работы, связанные с диагностированием технического состояния автомобильных стартеров, практически отсутствуют.

На сегодняшний день сложилась определённая система выбора диагностического параметра изделий и систем электрооборудования, выполняемая в три этапа [1]. В первую очередь выявляют наиболее часто повторяющиеся отказы и повреждения по результатам эксплуатации; во вторую — анализируют причинно-следственные связи неработоспособных или исправных элементов изделия и его выходных параметров; в третью — составляют блок-схему причинно-следственных связей по цепи: агрегат (или сборочная единица) — сопряжение (или элемент) — структурный параметр — характер неисправности — симптом — диагностический параметр.

Перечень отказов с указанием частоты их возникновения приведён на рис. 1, из которого следует, что большая часть отказов (69 %) либо связана с механическими частями стартера, либо обусловлена износом электрических частей под действием сил трения [2, 3]. Остальные неисправности связаны с электрическими обмотками стартера и тягового реле.

Проявляются вышеперечисленные неисправности в виде невозможности пуска ДВС (17 %), невключении стартерного электродвигателя (40 %) или тягового реле (20 %), неотключении стартера после запуска (11 %), а также повышенном нагреве и шуме при работе (12 %). Причинами неисправностей служат окисление выводов и наконечников проводов (9 %), разряженность аккумуляторных батарей (25 %), повреждение зубьев маховика (8 %), ослабление крепления стартера (9 %), неисправность выключателя зажигания (11 %), а также низкое качество комплектующих (15 %), нарушение правил эксплуатации (11 %), попадание воды, грязи и т.п.

Уровни поиска неисправностей определяются по схеме, показанной на рис. 2. Здесь:

I) детали и сборочные единицы, из которых состоит автомобильный стартер;

II) сопряжение или элемент стартера или его сборочных единиц, подвергаемых в процессе эксплуатации воздействию дестабилизирующих факторов (например, температура, влажность и вибрация);

III) структурные параметры, характеризующие исправность или ра-

Рис. 1. Распределение неисправностей автомобильных стартеров

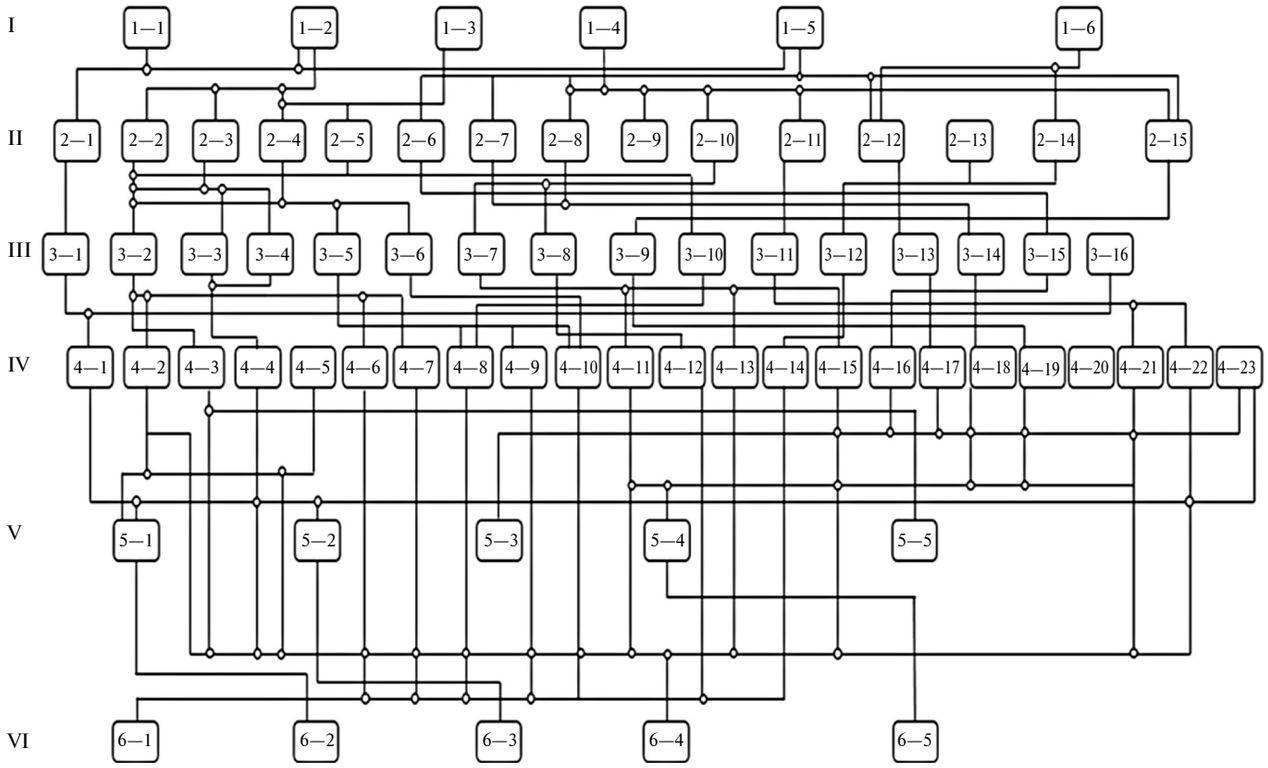


Рис. 2. Блок-схема причинно-следственных связей

ботоспособность элементов, или сопряжений стартера;

IV) возможные состояния неисправности и неработоспособности;

V) симптомы состояний неисправности и неработоспособности;

VI) возможные диагностические параметры, чувствительные к изменению структурных параметров.

Разработанная блок-схема уровней поиска неисправностей и причинно-следственных связей на примере автомобильных стартеров позволила определить диагностические параметры, чувствительные к изменению структурных параметров. На первом уровне: 1—1 втулки стартера; 1—2 — якорь стартера; 1—3 — щеткодержатель; 1—4 — тяговое реле; 1—5 — механизм привода; 1—6 — редуктор. На втором: 2—1 — сопряжение вал якоря — втулки; 2—2 — сопряжение обмотки якоря — коллектор; 2—3 — сопряжение обмотка якоря — якорь; 2—4 — сопряжение щетки — коллектор; 2—5 — сопряжение щетки — щеткодержатель; 2—6 — сопряжение шестерня — обгонная муфта; 2—7 — сопряжение вал привода — муфта свободного хода; 2—8 — сопряжение вильчатый рычаг — механизм привода стартера; 2—9 — сопряжение вильчатый рычаг — тяговое реле; 2—10 — сопряжение обмотка тягового реле — корпус; 2—11 — сопряжение якорь тягового реле — контакты тягового реле; 2—12 — сопряжение поводковая муфта — буферная пружина; 2—13 — сопряжение редуктор — механизм привода; 2—14 — сопряжение вал якоря — редуктор; 2—15 — сопряжение якорь тягового реле — тяговое реле. На третьем: 3—1 — посадка втулок; 3—2 — сопротивление обмотки якоря; 3—3 — сопротивление изоляции коллектора; 3—4 — сопротивление изоляции обмотки якоря; 3—5 сопротивление между щетками и коллектором; 3—6 — целостность соединений щеткодержателя; 3—7 — сопротивление обмоток тягового реле; 3—8 — сопротивление изоляция тягового реле; 3—9 — зазор между тяговым реле и корпусом тягового реле; 3—10 — усилие пружин щеткодержателя; 3—11 — сопротивление между подвижным и неподвижным контактом тягового реле; 3—12 — посадка подшипников редуктора; 3—13 — усилие буферной пружины; 3—14 — перемещение шестерни; 3—15 — вращение шестерни 4—13 — зазор между якорем и статором. На четвёртом: 4—1 — износ втулок стартера; 4—2 — нарушение контакта в месте пайки выводов обмотки якоря с коллектором; 4—3 — обрыв обмотки якоря; 4—4 — замыкание обмотки на корпус; 4—5 — ослабление пружин щеткодержателя; 4—6 — окисление поверхности коллектора; 4—7 — замасливание поверхности коллектора; 4—8 — зависание щеток; 4—9 — износ щёток; 4—10 — обрыв щёточных поводков; 4—12 — обрыв обмотки тягового реле; 4—13 — межвитковые замыкание в обмотках тягового реле; 4—14 — замыкание обмоток тягового реле на корпус; 4—15 — износ подшипников редуктора; 4—16 — нарушение пайки в месте вывода обмотки тягового реле; 4—17 — пробуксовывание муфты свободного хода; 4—18 — ослабление буферной пружины; 4—19 — закоксовывание механизма привода стартера; 4—20 — заедание якоря тягового реле; 4—21 — окисление подвижного контакта тягового реле; 4—22 — приваривание подвижного контакта тягового реле; 4—23 —

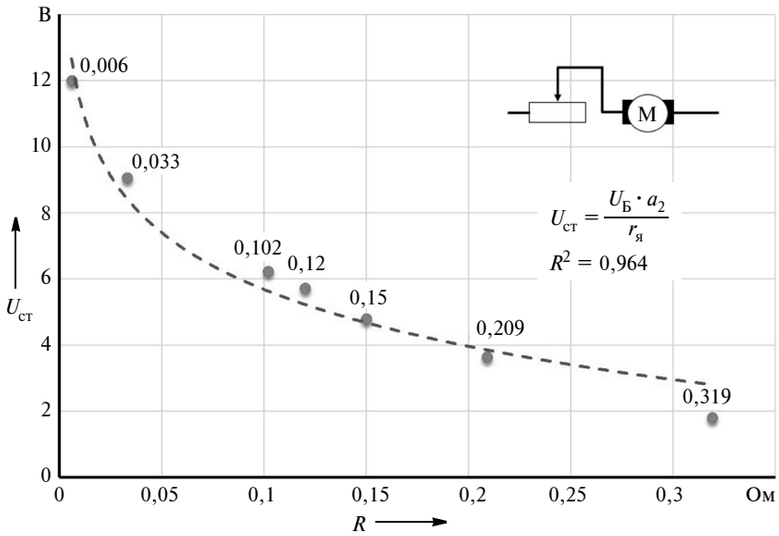


Рис. 3. Результаты имитирования обрыва обмотки якоря

износ зубьев редуктора. На пятом: 5—1 — повышение температуры; 5—2 — повышенный шум при работе; 5—3 — заклинивание шестерни; 5—4 — шестерня не входит в зацепление с маховиком; 5—5 — рычаг не перемещается; 5—6 — шестерня не вращается. Наконец, на шестом уровне: 6—1 — напряжение и сила потребляемого тока; 6—2 — температура обмоток стартера; 6—3 — уровень шума при работе; 6—4 — сопротивление обмоток; 6—5 — перемещение механизма привода. Причём параметры шестого уровня определяют непосредственно на автомобиле без разборки и снятия стартера с двигателя.

Таким образом, работоспособность автомобильного стартера можно охарактеризовать пятью основными диагностическими параметрами: уровнем шума, температурой деталей, сопротивлением обмоток, а также силой потребляемого тока и напряжением. Температура, как диагностический параметр, не обладает достаточной чувствительностью и информативностью, поскольку при кратковременной работе стартера он не успевает выйти на стационарный тепловой режим. Уровень шума позволяет оценить общее состояние механической части, но не даёт информации о том, какой именно узел неисправен. Сопротивление обмоток сложно измерить непосредственно на автомобиле в связи с труднодоступностью стартера. Поэтому в качестве основных диагностических параметров используют напряжение и силу тока, определяемые как на специализированных стендах, так и на автомобиле с помощью мотор-тестеров.

Напряжение стартерного электродвигателя, согласно теории электрических машин, определяется выражением 1 в таблице. Ток якоря — формулой 2, где E — противо-ЭДС, которая в свою очередь вычисляется по формуле 3. После преобразований получим формулу 4. Таким образом напряжение стартера, являющееся диагностическим параметром, определяется величиной сопротивления обмотки якоря $R_я$, т.е. структурным параметром.

В процессе эксплуатации автомобиля напряжение аккумуляторной батареи подвержено значительному колебанию, что приводит к соответствующему изменению напряжения и силы тока стартера. Поэтому в качестве обобщённого диагностического параметра было выбрано электрическое сопротивление обмотки якоря, определяемое на основании измеренных значений тока и напряжения. При возникновении электрических неисправностей, связанных с обмоткой якоря её сопротивление изменится, что отразится на напряжении стартера. Следовательно, можно представить напряжение стартера в виде математической модели 5, где a_0, b_0 — коэффициенты, определяющие взаимосвязь между структурным и диагностическим параметрами.

Для определения коэффициентов математической модели проведён эксперимент, целью которого было установить влияние сопротивления обмотки якоря на диагностический параметр — напряжение стартера. В ходе эксперимента имитировалось увеличение и уменьшение сопротивления якорной обмотки на специально разработанном стенде [4, 5]. Данный способ позволяет моделировать целый ряд неисправностей, а также установить чёткую границу между работоспособным и неработоспособным состоянием стартера.

Имитируя увеличение сопротивления обмотки якоря, необходимо последовательно с ней включить реостат, регулируя сопротивление которого, можно смоделировать окисление поверхности коллектора и

№	Формула	Примечания
1	$U_{ст} = U_б - I_я R_я - \Delta U_щ$	$U_б$ — напряжение батареи; $U_{ст}$ — напряжение стартера; $\Delta U_щ$ — падение напряжения на щетках; $I_я$ — ток якоря; $R_я$ — сопротивление обмотки якоря
2	$I_я = \frac{U_б - E}{R_я}$	—
3	$E = c_e n \Phi = c_e n k_ф I_я$	n — частота вращения; c_e — постоянная, определяемая конструктивными параметрами машины; Ф — магнитный поток; $k_ф$ — коэффициент пропорциональности
4	$U_{ст} = U_б\left(1 - \frac{R_я}{R_я + c_e n k_ф}\right) - \Delta U_щ$	—
5	$U_{ст} = a_0 U_б\left(1 - \frac{R_я}{R_я + b_0}\right)$	a_0 и b_0 — коэффициенты взаимосвязи между структурным и диагностическим параметрами

av0118.fm Page 34 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

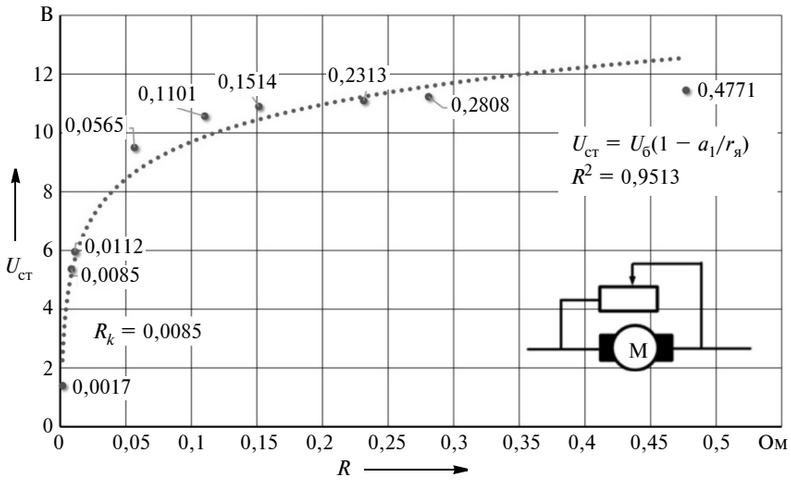


Рис. 4. Результаты имитирования короткого замыкания обмотки якоря

ослабление щёточных пружин (при промежуточном положении) либо обрыв обмотки якоря — в крайнем положении реостата. Результаты имитирования обрыва обмотки якоря показали, что с увеличением сопротивления реостата напряжение стартера падает (рис. 3) и при достижении критического значения R_k = 0,319 Ом стартер перестаёт вращаться, что означает обрыв обмотки якоря.

Для имитации короткого замыкания обмотки якоря реостат необходимо подключить параллельно, при этом происходит уменьшение силы тока, протекающего по обмотке якоря, а следовательно, и магнитного поля, создаваемого ею. С уменьшением сопротивления реостата напряжение стартера падает и при достижении критического значения R = 0,0085 Ом обмотка якоря полностью шунтируется и ток протекает через реостат (рис. 4).

Таким образом, электрическое сопротивление служит одновременно и структурным и диагностическим параметром, определение которого даёт возможность оценить техническое состояние электрической части стартера не снимая его с двигателя. Как видим, при установлении зависимости изменения количественных значений электрического сопротивления обмотки якоря от величины пробега автомобиля (стартера) задача прогнозирования работоспособности автомобильного стартера успешно решается.

Литература

1. Пузаков А.В. Обоснование диагностических параметров автомобильных генераторных установок /А.В. Пузаков // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2014. — № 10 (171). — С. 158—163.
2. Северин А.А. Математическое моделирование нештатных режимов работы стартеров / А.А. Северин // Автотракторное электрооборудование. — 2004. — № 3. — С. 21—23.
3. Рау А.И. Шаблон-дефекты автомобильного стартера / А.И. Рау // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. — 2015. — № 5. — С. 23.
4. Филатов М.И. Имитирование неисправностей как инструмент диагностирования автомобильных генераторов / М.И. Филатов, А.В. Пузаков // Автомобильная промышленность. — 2016. — № 01. — С. 22—26.
5. Пузаков А.В. Разработка метода диагностирования автомобильных стартеров / А.В. Пузаков, А.Д. Киданов / Перспективные направления автотранспортного комплекса: сборник статей IX Международной научно-производственной конференции / МНИЦ ПГСХА. — Пенза: РИО ПГСХА, 2016. — С. 44—49.

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

УДК 531.43.46

СТЕНДОВЫЙ СПОСОБ ОПЕРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ШИНЕ

Д-р техн. наук **АЛЕКСАНДРОВ И.К.**
Вологодский ГУ (817 72-47-70)

Рассмотрен новый метод определения механических потерь в пневматической шине с использованием стандартного роликового стенда.

Ключевые слова: *пневматическая шина, механические потери.*

Aleksandrov I.K.

STANDARD METHOD FOR DEFINITION OF MECHANICAL LOSS IN PNEUMATIC TIRE

A new method for determining mechanical losses in a pneumatic tire using a standard roller stand.

Keywords: *pneumatic tire, mechanical losses.*

Для определения механических потерь в пневматических шинах по известным методикам приходится изготавливать специальные установки, что связано со значительным удорожанием и снижением оперативности исследований. Однако решить задачу можно и с использованием существующих диагностических роликовых стендов, предназначенных для определения мощности на колёсах автомобилей, т.е. штатного, изготовляемого промышленностью, оборудования. Пример реализации такого способа рассмотрен ниже.

av0118.fm Page 35 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

Согласно традиционным методикам [1, 2] относительные механические потери в роликовом стенде представляют постоянным коэффициентом, определяющим долю потерь на стенде от мощности на колёсах, развиваемой испытуемым транспортным средством. В действительности же потери в стенде нельзя достоверно определить с помощью постоянного коэффициента, так как они существенно зависят от многих факторов: технического состояния стенда, которое меняется в процессе его эксплуатации (в частности, из-за износа элементов стенда); геометрических размеров колеса, устанавливаемого на ролики стенда; давления в шинах испытуемых колёс; вертикальной нагрузки, действующей на систему роликовый стенд—колесо. Кроме того, существенным недостатком стандартной методики является то, что принимаемый коэффициент представляется как интегральный показатель потерь в системе стенд—колесо, т. е. он объединяет в себе механические потери как в самом стенде, так и в шинах, устанавливаемых на роликах стенда. Следовательно, выделить величину механических потерь в самой шине из общих потерь в системе стенд — колесо, применяя традиционную методику, невозможно. Исключить все указанные недостатки позволяет предлагаемый способ (*пат. № 2096750, РФ)*.

Суть способа заключается в том, что испытания системы роликовый стенд—колесо (рис. 1) проводят в два этапа. На первом этапе (тарировка стенда) определяют потери в систе-

Таблица 1

№ исп.	Осевая нагрузка, G_H, Н	Среднее значение усилия $P_{ср}$, Н	Длина рычага l, м	Момент сопротивления системы стенд—колесо $M_с$, Н · м
1	1251	33,3	0,528	16,534
2	1751	36,3		18,109
3	2251	39,6		19,870
4	3251	43,7		21,994
Аппроксимирующая функция: $M_с = 0{,}0027G_H + 13{,}33$.				

Таблица 2

№ исп.	Осевая нагрузка, G_H, Н	Среднее значение усилия $P_{ср}$, Н	Длина рычага l, м	Момент сопротивления системы стенд—колесо $M_с$, Н · м
1	555	34,4	0,528	17,088
2	755	37,6		18,818
3	961	39,0		19,533
4	1461	43,3		21,823
5	1961	47,3		23,926
6	2461	52		26,396
7	2961	56,3		28,691
В диапазоне $0 < G_H > 961$ аппроксимирующая функция: $M_с = 0{,}006G_H + 13{,}93$. В диапазоне $961 < G_H > 2961$ аппроксимирующая функция: $M_с = 0{,}00458G_H + 15{,}1$.				

Таблица 3

№ исп.	Осевая нагрузка, G_H, Н	Среднее значение усилия $P_{ср}$, Н	Длина рычага l, м	Момент сопротивления системы стенд—колесо $M_с$, Н · м
1	555	36	0,528	17,088
2	755	39,3		18,818
3	961	42,7		19,533
4	1961	49,3		21,823
5	2461	52,7		23,926
6	2961	57,3		26,396
В диапазоне $0 < G_H > 961$ аппроксимирующая функция: $M_с = 0{,}00867G_H + 13{,}14$. В диапазоне $961 < G_H > 2961$ аппроксимирующая функция: $M_с = 0{,}0038G_H + 17{,}68$.				

Таблица 4

№ исп.	Осевая нагрузка, G_H, Н	Среднее значение усилия $P_{ср}$, Н	Длина рычага l, м	Момент сопротивления системы стенд—колесо $M_с$, Н · м
1	555	37,64	0,528	18,82
2	755	41,01		20,6
3	961	44,61		22,5
4	1961	53,66		27,28
5	2461	56,66		28,86
6	2961	61,68		31,51
В диапазоне $0 < G_H > 961$ аппроксимирующая функция: $M_с = 0{,}0091G_H + 13{,}7$. В диапазоне $961 < G_H > 2961$ аппроксимирующая функция: $M_с = 0{,}0044G_H + 18{,}31$.				

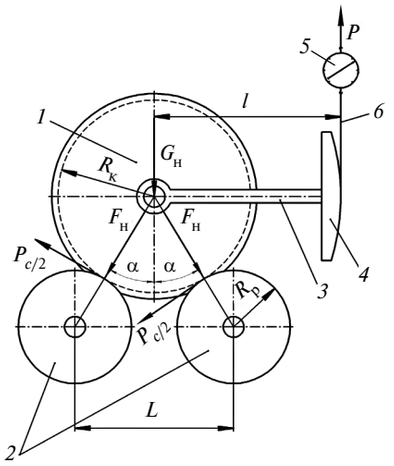


Рис. 1. Схема реализации способа:

1 — испытуемое колесо с шиной; *2* — ролики стенда; *3* — рычаг для нагружения системы крутящим моментом; *4* — сектор рычага; *5* — динамометр; *6* — нерастяжимая нить, соединяющая сектор рычага с динамометром; P_C — окружное усилие на колесе (усилие сопротивления вращению колеса); F_H — нормальная сила, передаваемая на ролик; R_K — радиус качения; G_H — вертикальная нагрузка; l — длина рычага; R_P — радиус ролика; L — расстояние между центрами роликов

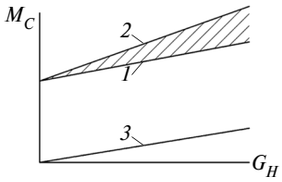


Рис. 2. Зависимости момента сопротивления системы прокручиванию:

1 — стенд — недеформируемый аналог колеса (собственные потери стенда); *2* — стенд — колесо с пневмошиной; *3* — момент сопротивления движению колеса с пневмошиной

ме при использовании в качестве колеса его недеформируемого аналога, радиус которого равен радиусу R_K качения пневматического колеса (табл. 1). Ввиду того, что в недеформируемом аналоге практически не возникают потери, в системе фиксируются "чистые" потери в роликах стенда в виде зависимости момента сопротивления системы прокручиванию от вертикальной нагрузки на колесо (колёсную пару) $M_{C1} = f(G_H)$. На втором этапе проводят испытания по той же программе системы роликовый стенд—колесо с деформируемой шиной (результаты таких испытаний при давлениях в шине соответственно 0,2, 0,17 и 0,15 МПа приведены в табл. 2...4) и определяют вторую зависимость момента сопротивления системы прокручиванию от вертикальной нагрузки $M_{C2} = f(G_H)$. По разности моментов сопротивления на втором и первом этапах испытаний (рис. 2) определяют механические потери в шине в виде функциональной зависимости 1 (табл. 5).

Представим силовые зависимости в системе роликовый стенд—колесо с учётом его геометрических параметров. Сила сопротивления качению колеса выражается формулой 2. Суммарное окружное усилие на колесе P_c определяется потерями в колесе и потерями в самом стенде (в подшипниках опорных роликов) — формула 3, где P_{CT} — окружное усилие, определяющее величину потерь в стенде. Считаем, что эти потери описываются законом Амонтона—Кулона [4, 5], т.е. P_{CT} определяется по формуле 4, в которой k — относительные механические потери (см. [4]); P_X — окружное усилие, определяемое величиной потерь на холостой ход стенда. Следовательно, суммарное окружное усилие на колесе можем выразить формулой 5.

Умножив правую и левую части уравнения 1 на радиус R_K качения колеса, получим зависимость момента M_C сопротивления системы прокручиванию — формула 6. На основании уравнений 1 и 2 можно определить коэффициент сопротивления качению испытуемого колеса по формуле 7. Геометрические параметры установки определяются соотношениями 8.

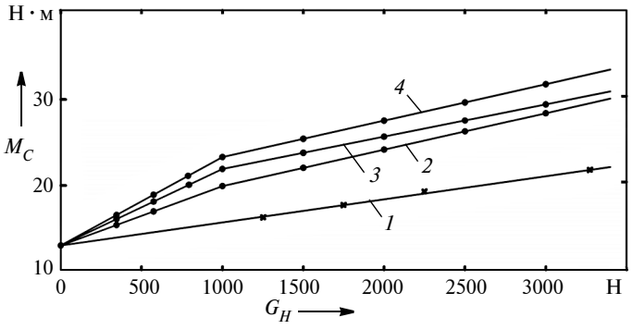


Рис. 3. Графическое представление результатов экспериментальных исследований на роликовом стенде:

1 — тарировочная характеристика (собственные потери стенда); *2* — стенд + шина с давлением 0,2 МПа; *3* — стенд + шина с давлением 0,17 МПа; *4* — стенд + шина с давлением 0,15 МПа

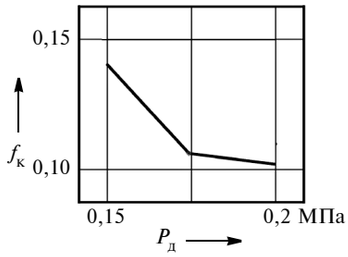


Рис. 4. Зависимость коэффициента качения от давления в пневмошине

Применительно к конкретным испытаниям пневмошины размером 165/80-R13 имеем: $R_K = 0{,}285$ м, $R_P = 0{,}115$ м, $L = 0{,}420$ м, $\alpha = 31{,}7°$. Результаты испытаний первого и второго этапов представлены в виде графиков на рис. 3.

Оценим на основании проведённых исследований влияние величины давления в шине на коэффициент сопротивления качению, используя для этой цели формулу 7. Вычисления проведём для условия максимальной осевой нагрузки, равной 2961 *Н*. Коэффициенты сопротивления качению для шины с соответствующим давлением равны: $f_{K0,2} = 0{,}0103$, $f_{K0,17} = 0{,}011$, $f_{K0,15} = 0{,}014$. Полученная зависимость коэффициента качения f_K от давления в шине приведена на рис. 4.

Таблица 5

№	Формула	Примечание
1	$M_{C3} = f(G_H) = M_{C2} - M_{C1}$	—
2	$P_K = 2f_K\frac{1}{2}G_H\cos\alpha = f_K G_H\cos\alpha$	f_K — коэффициент сопротивления качению; G_H — вертикальная нагрузка на испытуемую колёсную пару, *Н*; α — угол между вертикалью и нормальной силой, передаваемой от колеса к ролику, град.
3	$P_с = P_к + P_{ст}$	$P_{ст}$ — окружное усилие, определяющее величину потерь в стенде
4	$P_{ст} = kG_H + P_X$	k — относительные механические потери (см. [4]); P_X — окружное усилие, определяемое величиной потерь на холостой ход стенда.
5	$P_с = f_K G_H\cos\alpha + kG_H + P_X$	—
6	$M_с = f_K G_H\cos\alpha R_K + kG_H R_K + P_X R_K = f_K G_H\cos\alpha R_K + k' G_H + M_X$	$k' = kR_K$
7	$f_K = \frac{P_C - kG_H - P_X}{G_H\cos\alpha} = \frac{M_C - k' G_H - M_X}{G_H\cos\alpha R_K}$	—
8	$L = 2(R_K + R_P)\sin\alpha$; $\alpha = \arcsin\left[\frac{L}{2(R_K + R_P)}\right]$	—

Литература

2. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов/ под ред. Г.В. Крамаренко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1983. — 488 с.
3. Харазов А.М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей / А.М. Харазов. — М.: Высшая школа, 1990. — 252 с.
4. Александров И.К. Определение потерь в кинематических парах и механических трансмиссиях на основе закона Амонтона—Кулона // Вестник машиностроения. — 2010. — № 5. — С. 8—15.
5. Aleksandrov I.K. Determining the Losses in Kinematic Pairs and Mechanical Transmissions on the Basis of the Amontons-Coulomb // ISSN 1068-798X, Russian Engineering Research, 2010, Vol. 30, No5, pp. 435—441.

av0118.fm Page 37 Wednesday, January 10, 2018 10:17 AM

ИНФОРМАЦИЯ

УДК 656.078

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СТРУКТУРНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ АВТОГРАЖДАНСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Кандидаты техн. наук **КОМАРОВ В.В., АНДРИАНОВ Ю.В.**
НИИАТ (495.496-53-83)

Обосновывается проведение существенной модернизации структуры и параметрического описания института ОСАГО, обусловленных переходом от страхового возмещения при причинении вреда транспортному средству потерпевшего в форме страховой выплаты к возмещению причиненного вреда в натуре.

Ключевые слова: *техническое обслуживание, восстановительный ремонт, страховое возмещение, причинение вреда транспортному средству, станции технического обслуживания.*

Komarov V.V., Andrianov Ju.V.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO STRUCTURAL MODERNIZATION OF THE SYSTEM OF COMPULSORY MOTOR THIRD PARTY LIABILITY

The article justifies the holding of a significant modernization of the structure and a parametric description of the insurance institute due to the transition from insurance compensation for damage to the vehicle to the form of insurance payments for damages, in nature.

Keywords: *maintenance, repair, insurance compensation, damage of the vehicle, service station*

Как известно, в законодательстве Российской Федерации об ОСАГО появилась правовая новелла: переход от страхового возмещения в форме страховой выплаты к возмещению причинённого вреда в натуре. Это требует проведения существенной модернизации структуры и параметрического описания института ОСАГО [1]. Структурные изменения связаны с появлением в его составе нового элемента — системы ремонта транспортных средств, состоящей из станций технического обслуживания, с которыми страховщиками заключены договора, устанавливающие обязанность станций технического обслуживания осуществить восстановительный ремонт транспортных средств потерпевших и обязанность страховщиков оплатить такой ремонт в счёт страховой выплаты. Изменение параметрического описания института ОСАГО предусматривает введение комплекса новых норм и правил, регулирующих правовые, финансовые, организационные и информационные аспекты взаимодействия страховщиков, потерпевших и станций технического обслуживания в изменённой институциональной среде.

При адаптации в институциональной среде ОСАГО системы ремонта транспортных средств необходимо учитывать состояние существующей сферы технического обслуживания и ремонта транспортных средств, которая в настоящее время характеризуется наличием комплекса правовых, организационно-нормативных и информационных проблем, а также отсутствием эффективной государственной политики по их решению [2, 3]. Правовые проблемы обусловлены в первую очередь значительным сокращением законодательных оснований для регулирования деятельности по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств, которое вызвано в первую очередь отменой ранее действовавших механизмов регулирования (лицензирование и обязательная сертификация работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств).

В соответствии с действующим законодательством на стадии допуска на рынок работ по ремонту транспортных средств не требуется проверка у соискателей выполнения нормативных требований к производственно-технической базе, квалификации персонала, технологическому обеспечению и другим организационно-техническим параметрам соискателя, позволяющим обеспечить хотя бы минимальный уровень безопасности и качества выпускаемых из ремонта транспортных средств. В настоящее время реализуется только заявительный подход к регистрации субъектов данного вида предпринимательской деятельности, в соответствии с которым заявителю (юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю) в соответствии с федеральным законом РФ от 8 августа 2001 года № 129 "О государственной регистрации юридических лиц и индивидуальных предпринимателей" для допуска к предпринимательской деятельности на рынке работ по ремонту транспортных средств достаточно только подать заявление установленной формы в органы Федеральной налоговой службы Министерства финансов РФ. При этом единственным и достаточным основанием для ведения предпринимательской деятельности по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств является указание в заявлении на регистрацию кода по Общероссийскому классификатору видов экономической деятельности ОК 029—2014 (КДЕС ред. 2), в котором деятельность по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств имеет код 45.02, а ремонт легковых автомобилей обозначен подгруппой с кодом 45.20.1.

Таким образом, либеральность действующего законодательства о государственной регистрации субъектов предпринимательской деятельности привела к тому, что рынок работ по ремонту транспортных средств практически свободно, безо всяких требований обеспечения и подтверждения безопасности и качества оказываемых работ, открыт для всех желающих. Попытки решения указанной правовой проблемы на основе использования механизмов саморегулирования, на наш взгляд, оказались неэффективными.

Федеральным законом от 10 декабря 1995 года № 196 — ФЗ "О безопасности дорожного движения" установлено, что техническое обслуживание и ремонт транспортных средств в целях содержания их в исправном состоянии должны обеспечивать безопасность дорожного движения. Однако на практике данное положение не реализуется в полной мере из-за невыполнения соответствующих требований даже самого федерального закона РФ "О безопасности дорожного движения", которым установлено, что транспортные средства, прошедшие техническое обслуживание и ремонт, должны отвечать требованиям, регламентирующим техническое состояние и оборудование транспортных средств, участвующих в дорожном движении, в части, относящейся к обеспечению безопасности дорожного движения. Это должно подтверждаться соответствующим документом, выдаваемым исполнителем названных работ в этой сфере. Однако до настоящего времени конкретная форма такого документа, фактически подтверждающего качество работ по ремонту транспортных средств, не установлена. По-

этому указанная правовая норма практически не выполняется и носит чисто декларативный характер.

В соответствии с федеральным законом РФ "О безопасности дорожного движения" также требуется, чтобы юридические лица и индивидуальные предприниматели, выполняющие работы по ремонту транспортных средств, обеспечивали их проведение в соответствии с установленными нормами и правилами. Нормы, правила и процедуры технического обслуживания и ремонта транспортных средств устанавливаются заводами-изготовителями транспортных средств с учетом условий их эксплуатации. Однако процедуры надзора и контроля за выполнением указанных требований законодательно не закреплены и поэтому в сфере деятельности по ремонту транспортных средств практически не реализуются [4]. Ситуация в правовом поле не изменилась даже после выхода федерального закона РФ от 27 декабря 2002 года № 184 "О техническом регулировании", так как разработка технического регламента, определяющего требования к безопасности транспортных средств при выпуске их из технического обслуживания и ремонта, в рамках реализации данного федерального закона не предусмотрена.

Процедуры защиты прав и законных интересов потребителей работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств регламентированы законом РФ от 7 февраля 1992 года № 2300-1 "О защите прав потребителей", а также постановлением Правительства Российской Федерации от 11 апреля 2001 года № 290 "Об утверждении правил оказания услуг (выполнения работ) по техническому обслуживанию и ремонту автомототранспортных средств". Однако эффективность применения данных нормативных правовых актов существенно снижается из-за отсутствия подзаконных правовых актов и методических документов, конкретизирующих вопросы оценки качества ремонта транспортных средств. Также из-за отсутствия нормативной методической базы, приводящего к неэффективности, значительной затратности и продолжительности судебных процедур, потребителями работ по ремонту транспортных средств практически не востребованы в полной мере механизмы судебной защиты их прав.

В целом правовая проблема в сфере ремонта транспортных средств, обусловленная снижением контролирующей роли государства, характеризуется проявлением синдрома "правового нигилизма" в этой сфере. Это явилось одной из основных причин существенного развития теневого рынка работ по ремонту транспортных средств, деятельность хозяйствующих субъектов которого находится вне поля правового регулирования. При этом по экспертной оценке объём теневого рынка как в денежном выражении, так по количеству участников практически сопоставим с объёмом официального рынка в этой сфере.

Информационные проблемы обусловлены тем, что из-за отсутствия необходимых статистических данных и других информационных ресурсов на федеральном уровне невозможно осуществлять разработку и реализацию государственной политики в сфере ремонта транспортных средств, наличие которой помогло быть решить существующие и предотвратить появление новых проблем. Информация об этой сфере деятельности носит несистемный и нерегулярный характер, так как собирается в основном на основе случайных выборочных опросов владельцев транспортных средств, исполнителей работ по ремонту транспортных средств и других участников данного рынка.

Из-за отсутствия официальной статистики информация о параметрах рынка услуг по ремонту и техническому обслуживанию транспортных средств в России носит оценочный характер. По данным аналитического агентства "Автостат" [5], а также по другим источникам, в Российской Федерации ёмкость рынка услуг по техническому обслуживанию и ремонту только легковых автомобилей в 2016 году составила более 520 млрд руб. В эту сумму вошли годовые объёмы реализации услуг по техническому обслуживанию и ремонту официальными дилерами и независимыми станциями технического обслуживания, а также объёмы таких услуг, как автомойка, шиномонтаж и кузовной ремонт (без учёта реализации запасных частей и расходных материалов).

Оценка потенциального объёма рынка, на котором работы по ремонту и техническому обслуживанию транспортных средств выполняются лично автовладельцами или частно практикующими механиками, составляет около 600 млрд руб. Таким образом, суммарный годовой объём рынка услуг по техническому обслуживанию и ремонту легковых автомобилей может быть оценён в размере более 1100 млрд руб. Ёмкость рынка продажи запасных частей по экспертной оценке составляет примерно 980 млрд рублей, а в целом суммарные затраты на техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей за 2016 год превышают 2 трлн руб. При этом в рамках ОСАГО сумма страховых выплат для ремонта повреждённых транспортных средств в 2016 году составила 166 млрд руб.

Адаптация в институциональной среде ОСАГО системы ремонта транспортных средств также невозможна без гармонизации понятийного аппарата. Формирование единого категориально-понятийного аппарата позволит существенно ускорить адаптацию системы ремонта транспортных средств в правовое поле ОСАГО, создать необходимые условия для гармонизации указанных рынков, обеспечить в данной сфере разработку единого методического обеспечения и стандартизацию механизмов принятия решений. Категориально-понятийный аппарат позволяет также обеспечить транспарентность (прозрачность, открытость) ОСАГО, которая создаёт необходимые условия для непосредственного участия в обсуждении нововведений специалистов и широкой общественности. Поэтому пока единый язык не сформирован и не закреплён в правовом поле ОСАГО, существует высокая вероятность возникновения конфликтных ситуаций и противоречий при взаимодействии страховых организаций, потерпевших и станций технического обслуживания, в том числе по оценке качества восстановительного ремонта.

Проведённый анализ существующей системы понятий и определений, установленных действующим законодательством, регулирующим ОСАГО и деятельность по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств, выявил следующие основные проблемы формирования единого понятийного аппарата. В соответствии с пунктом 2 статьи 16.1 "Особенности рассмотрения споров по договорам обязательного страхования" федерального закона РФ от 25 апреля 2002 года № 40 "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств", в части, не урегулированной настоящим федеральным законом, связанные с неисполнением или ненадлежащим исполнением страховщиком обязательств по договору обязательного страхования права и законные интересы физических лиц, являющихся потерпевшими или страхователями, подлежат защите в соответствии с законом Российской Федерации "О защите прав потребителей".

Отсюда следует, что при организации и выполнении восстановительного ремонта транспортного средства следует руководствоваться постановлением Правительства Российской Федерации "Об утверждении правил оказания услуг (выполнения работ) по техническому обслуживанию и ремонту автомототранспортных средств", которое разработано в соответствии с законом РФ "О защите прав потребителей". Указанные Правила регулируют отношения, возникающие между потребителем и исполнителем при оказании услуг (выполнении работ) по техническому обслуживанию и ремонту автомототранспортных средств и их составных частей. При этом исполнителем могут быть организация независимо от организационно-правовой формы, а также индивидуальный предприниматель, оказывающие выполняющие работы по техническому обслуживанию и ремонту автомототранспортных средств по возмездному договору.

В рамках федерального закона РФ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств" таким исполнителем является станция технического обслуживания.

Однако при выполнении требований закона РФ "О защите прав потребителей" и постановления Правительства Российской Федерации "Об утверждении правил оказания услуг (выполнения работ) по техническому обслуживанию и ремонту автомототранспортных средств" возникает правовая коллизия, обусловленная определением понятия "потребитель". В соответствии с указанными правовыми актами потребителем является гражданин, имеющий намерение заказать работы исключительно для личных, семейных, домашних и иных нужд, не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности.

В то же время в соответствии с федеральным законом РФ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств" договор на организацию восстановительного ремонта заключается между станцией технического обслуживания и страховщиком, который обязан оплатить такой ремонт в счёт страхового возмещения. То есть субъектом договорных отношений в качестве потребителя выступает страховщик. В соответствии с тем же федеральным законом страховщик — это страховая организация, которая вправе осуществлять обязательное страхование гражданской ответственности владельцев транспортных средств в соответствии с разрешением (лицензией), выданным в установленном российским законодательством порядке. По указанной причине возникает понятийный разрыв между различными определениями статуса потребителя в двух нормативных правовых актах (в законодательстве об ОСАГО — потребитель — это юридическое лицо, а в законодательстве о защите прав потребителей потребитель — это гражданин).

Одной из базовых категорий понятийного аппарата, затрагивающей правовые, экономические и организационные основы обязательного страхования гражданской ответственности владельцев транспортных средств, стало понятие "станция технического обслуживания" [6]. Несмотря на то, что в действующем законодательстве этот термин упоминается достаточно часто, однако практически отсутствует его чёткое определение, устанавливающее требования к её организационно-правому статусу, номенклатуре выполняемых работ (услуг), технологиям ремонта, технологическому оборудованию, производственно-технической базе, персоналу и другим условиям производства, оказывающим непосредственное влияние на качество работ по ремонту транспортных средств. Следует отметить, что достаточно подробное параметрическое описание такого участника рынка услуг по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств, как станция технического обслуживания, приведено в документе "Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта", который, однако, не является нормативным правовым актом.

Определённый терминологический диссонанс наблюдается также в том, что в соответствии с федеральным законом РФ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств" восстановительный ремонт транспортных средств должен быть организован только на стации технического обслуживания. Однако понятия "ремонт" и "техническое обслуживание" существенно различаются между собой как по их определениям, так и по практическому содержанию выполняемых работ, что подтверждается целым рядом нормативно-технических документов, стандартов и литературных источников. Указанный правовой терминологический разрыв может служить основанием для предъявления претензий к страховщикам, выдающим направление на восстановительный ремонт транспортного средства потерпевшего в организацию, которая, исходя из её названия, занимается только техническим обслуживанием транспортных средств.

В целом решение проблемы формирования категориально-понятийного аппарата (языка) в отношении новой институциональной структуры ОСАГО должно быть направлено на формирование системы категорий, понятий и их определений в этой сфере. Формирование и систематизация категориально-понятийного аппарата в сфере ОСАГО должна осуществляться с необходимым обоснованием в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации, международным законодательством, накопленным научным потенциалом и практическим опытом в рассматриваемой сфере. Содержание новых понятий должно раскрываться с помощью определений, которые выявляют существенные признаки объектов, отражаемых в данном понятии. Так, например, при гармонизации понятийного аппарата также необходимо учесть, что федеральным законом РФ от 1 июля 2011 года № 170 "О техническом осмотре транспортных средств и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" в правовой оборот введено понятие "дилер" и дано определение этого понятия.

В целом указанные проблемы приводят к многочисленным жалобам на качество ремонтных работ и практически полному отсутствию контроля за качеством и безопасностью выпускаемых из ремонта транспортных средств. Это вызывает обоснованные опасения потерпевших при направлении страховщиками поврежденных транспортных средств на станции технического обслуживания, а также значительную социальную напряжённость и заметное недовольство в обществе.

Поэтому одной из основных проблем, обусловленной конфликтом интересов страховщиков, потерпевших и станций технического обслуживания в случае выявления недостатков восстановительного ремонта транспортных средств, является оценка качества отремонтированных транспортных средств. Методический инструментарий, регламентирующий принципы, критерии и методы оценки качества восстановительного ремонта транспортного средства потерпевшего, проведённого на станции технического обслуживания, и позволяющий разрешить на объективной основе разногласия по этому вопросу между потерпевшим и страховщиком относительно исполнения последним своих обязательств по договору обязательного страхования, практически отсутствует.

Следует отметить, что создание методической базы для оценки качества восстановительного ремонта транспортных средств является лишь необходимым условием для решения поставленной проблемы, которое станет возможным только после продолжительной "обкатки" действующих нормативных правовых актов и методических документов в правоприменительной практике, в том числе с учётом выработанных судебными инстанциями правовых позиций и решений.

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации от 25 апреля 2002 года № 40 — ФЗ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств".
2. Комаров В.В. Новые механизмы управления техническим состоянием автотранспортных средств [Текст] / В.В. Комаров, Ю.В. Андрианов // Автотранспортное предприятие. 2008. № 11. С. 24—28.
3. Москвичев Е.С. О саморегулировании деятельности по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств / Е.С. Москвичев, В.В. Донченко, В.В. Комаров, Ю.В. Андрианов // Генеральный журнал Автосервис. 2008. № 2. С. 5—11.
4. Комаров В.В. О механизмах реализации норм и правил ТО и ТР, установленных изготовителями АТС [Текст] / В.В. Комаров, Ю.В. Андрианов // Автомобильная промышленность. 2009. № 1. С. 28—31.
5. Рынок автосервиса в России. Автостат, декабрь 2016. https://www.autostat.ru/news/28673/
6. Андрианов Ю.В. Объекты транспортной инфраструктуры. Понятийный аппарат [Текст] / Андрианов Ю.В., Комаров В.В. // НИИАТ. М.: НТБ "Энергия", 2016. 204 с.

Содержание

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Шипилевский Г.Б. — Перспективы и целесообразность применения беспилотных автотранспортных систем 1

Дунин А.Ю. — Результаты экспериментального исследования влияния на показатели рабочего цикла дизеля давления впрыскивания до 300 МПа 5

Свияженинов Е.Д. — Роторный мультипликатор непрерывной коммутации многоканальной системы зажигания ДВС 8

Тверсков Б.М. — Включение передач в коробках типа WSK 13

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

Энглези И.П. — Определение многофакторной зависимости вероятности дтп на участках транспортной сети и в транспортных узлах 17

Якунина Н.В., Якунин Н.Н., Меньших О.М., Грибков К.В. — Влияние состояния организационно-технологической системы на безопасность перевозок пассажиров автомобильным транспортом 20

Филатов М.И., Миркитанов В.И., Певнев Н.Г., Булатов С.В. — Методика определения потребности в запасных частях для трансмиссий городских автобусов 25

Ковриков И.Т., Калимуллин Р.Ф., Казаков А.В. — Оценка эффективности средства тепловой подготовки автомобильного двигателя к холодному пуску 28

Пузаков А.В., Филатов М.И., Бондаренко Е.В., Миркитанов В.И. — Обоснование диагностических параметров автомобильных стартеров 31

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Александров И.К. — Стендовый способ определения механических потерь в пневматической шине 34

ИНФОРМАЦИЯ

Комаров В.В., Андрианов Ю.В. — Методические подходы к структурной модернизации системы автогражданской ответственности 37

Главный редактор Н.А. ПУГИН

Зам. главного редактора Р.В. Козырев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Белорусский редакционный совет:

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

Информационный партнёр АНО "НИЦ "Русаен"

Технический редактор *Шацкая Т.А.*
Корректор *Сажина Л.И.*
Сдано в набор 11.12.2017. Подписано в печать 25.12.2017.
Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 4,9. Бумага офсетная.
Отпечатано в ООО "Канцлер".
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз".
119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: **www.aov.ru**

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

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № 77-7184
Цена свободная.
Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней, в базу данных *"CHEMICAL ABSTRACTS"*.

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