ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

УЧРЕДИТЕЛИ:
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ОАО "АВТОСЕЛЬХОЗМАШ-ХОЛДИНГ"

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

№ 10 • октябрь• 2013

Í ÀÌ È – Â×ÅÐÀ, ÑÅÃÎ ÄÍ ß, ÇÀÂÒÐÀ...

Êàí ä. òåõí . í àóêÌ .Â. Í ÀÃÀÉÖÅÂ
Ãåí åðàëüí û é äèðåêòî ð ÔÃÓÏ "Í ÀÌ È"

В 1918 г. правительством был подписан Декрет о научной и технической деятельности, во исполнение которого была основана Научная автомобильная лаборатория. Одно из первых научных учреждений, организованное будущими академиком Академии наук СССР Е.А. Чудаковым, членом-корреспондентом Н.Р. Брилингом и профессором Е.К. Мазингом, в марте 1921 г. решением правительства было преобразовано в Научный автомобильный и автомоторный институт (НАМИ), ставший научной базой развития отечественного машиностроения.

НАМИ, как научная школа отечественного машиностроения, создавалась трудами таких будущих крупных ученых, как А.Н. Туполев, А.А. Микулин, Б.С. Стечкин, З.Я. Климов, М.К. Кристи, А.А. Крживицкий и многих других.

Становление института проходило в 20–30-е годы прошлого столетия. Путь, пройденный НАМИ за 95 лет, начался с первых аэросаней НАМИ НРБ1 (Н.Р. Бриллинг, 1921 г.) и мотосаней "Три Ка" (Д.К. Карельский, З.Я. Климов, М.К. Кристи, 1922 г.). Затем были реализованы пионерские разработки первого отечественного малолитражного легкового автомобиля "НАМИ-1" (К.А. Шарапов, А.А. Липгарт, А.Н. Островцев, Е.Б. Арманд, Б.В. Гольд, Б.М. Фиттерман и др.), двигателей для танка Т16 и легких самолетов (А.А. Микулин), танки "Кристи" и БТ-2 (М.К. Кристи). Далее были созданы трехосные грузовые автомобили ЛГ-10, полугусеничный НАТИ-63 (Г.А. Сонкин, 1933 г.), троллейбус ЛК-1 (1930–1934 гг.) и автобус вагонного типа НАТИ-А (А.Н. Островцев, А.К. Котиков, Ю.А. Долматовский, Е.Ф. Кнороз, А.А. Душкевич, 1938 г.), двигатель для комбайнов М-1 и тракторов ХТЗ-НАТИ-8, ХТЗ-НАТИ-9 (В.Я. Слонимский, А.А. Крейслер, И.И. Дронг, В.П. Петров) и многое другое.

Все это говорит о том, что коллектив института в предельно короткие сроки сумел создать отечественную научно-теоретическую и проектную базу, обеспечивающую развитие автомобильной и тракторной промышленности страны.

С началом Великой Отечественной войны институт стал центром разработки новых научных идей, конструирования колесных и гусеничных машин, двигателей и агрегатов. Оба направления учитывали как нужды фронта, так и возможности промышленности. И здесь важнейшую роль сыграло то, что многие ведущие конструкторы и инженеры прошли школу Е.А. Чудакова, Н.Р. Бриллинга, Б.С. Стечкина, Г.Г. Калиша, А.А. Микулина, Г.М. Самоля, А.В. Осипяна, Я.М. Певзнера и др. В результате за очень короткое, даже по военным меркам, время удалось создать новые конструкции, отвечающие требованиям фронта и тыла, и производственные мощности под них.

У НАМИ есть не только богатая история, но и давние традиции. Не будет преувеличением сказать, что его история является, по существу, историей становления и развития отечественного автомобиле- и тракторостроения и не только. НАМИ – один из зачинателей многих ключевых отраслей промышленности, например, авиамоторостроения. Институт стал базой, из которой впоследствии выделились новые научно-исследовательские, конструкторские и технологические организации: Центральный научно-исследовательский дизельный институт (ЦНИДИ), Центральный институт авиационных моторов (ЦИАМ), Научно-исследовательский институт технологии автомобильной промышленности (НИИТавтопром), Всесоюзный научно-исследовательский институт подшипниковой промышленности (ВНИИПП), Государственный институт проектирования автомобильной промышленности (Гипроавтопром) и др.

Этапы становления и вся деятельность института неразрывно связаны с социально-экономическим развитием страны. В предвоенные годы подъема сельского хозяйства первостепенными стали работы по созданию техники для села. Постановлением ВСНХ СССР от 7 февраля 1931 г., ввиду перехода научного автомоторного института в ведение Государственного всесоюзного объединения автотракторной промышленности, он был переименован в Научный автотракторный институт (НАТИ). В 1940 г. за выдающиеся успехи в подъеме сельского хозяйства Президиум Верховного Совета СССР наградил институт орденом Трудового Красного знамени.

В период Великой Отечественной войны в работах института первостепенное значение приобрели стратегически важные проблемы экономии жидкого топлива и замены его газом на автотракторной технике. Результатом их решения стали газогенераторные установки (И.С. Мезин, А.И. Пельтцер, С.Л. Косов), сразу же поставленные на производство, а также аппаратура для перевода автомобилей на сжиженный и сжатый газы (Г.И. Самоль, И.И. Гольдблат, М.В. Куприянов), выпуск которой освоили ЗИС и ГАЗ. В эти же годы специалистами института совместно с конструкторами заводов созданы гусеничные тягачи Я-12 и Я-13, а учеными и технологами впервые в мировой практике разработан новый способ литья тонкостенных чугунных изделий – в металлические формы, нашедший широкое применение на оборонных заводах. Эта работа была отмечена Сталинской премией (Б.И. Гостев и П.И. Степин).

Уже в 1943 г. институт вернулся к научным исследованиям и конструированию автотранспортных средств для народного хозяйства. Первым результатом было создание

(совместно с Ярославским автозаводом) опытных образцов грузовых автомобилей ЯАЗ-200 и ЯАЗ-210 с двухтактными дизелями ЯАЗ-204 и ЯАЗ-206 (Н.С. Ханин и др.). Они успешно прошли государственные испытания и были поставлены на производство сначала в Ярославле, а затем на Минском и Кременчугском автозаводах. Так было положено начало дизелизации грузового автомобильного парка страны. Эта работа была отмечена Сталинской премией.

В связи с организацией в 1947 г. Народного комиссариата автомобильной промышленности НАТИ был преобразован в Государственный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт (НАМИ).

Продуктивными для НАМИ были и 1950-е годы. Сложившиеся ранее научные направления получили дальнейшее развитие в трудах А.А. Липгарта, Б.М. Фиттермана, И.И. Коротоношко и др. В этот период создан ряд принципиально новых конструкций легковых автомобилей (ГАЗ М-12 "ЗиМ", ГАЗ М-20 "Победа", "Москвич-401").

Была разработана теория, проведен комплекс исследований в области проходимости транспортных средств. На основании этих работ был создан трехосный автомобиль высокой проходимости НАМИ-019, который был поставлен на производство на УралАЗе. Основные технические решения, заложенные при создании НАМИ-019, использованы и в современных конструкциях, выпускаемых Уральским автомобильным заводом. За создание принципиально новых конструкций полноприводных автомобилей, в том числе автомобиля "Урал-375", руководитель работ Н.И. Коротоношко был удостоен Государственной Премии СССР.

Большой вклад внесли Д.Б. Гельфгат и Я.М. Певзнер в решение сложных теоретических задач по расчету несущих систем и систем подрессоривания автомобилей. Работы Д.Б. Гельфгата были развиты М.Б. Школьниковым, Н.И. Воронцовой, А.Л. Эйдельманом, которые разработали и внедрили в производство ресурсные стендовые испытания несущих систем.

Я.М. Певзнер и его ученики А.М. Горелик, И.Б. Скиндер и Г.Г. Гридасов внедрили в практику анализа плавности хода и управляемости автотранспортных средств методы статистической динамики и теории автоматического управления, а также современное оборудование – ЭВМ, гидропульсаторные вибростенды, автоматическую виброизмерительную аппаратуру.

В 1950-е годы в НАМИ организовано специализированное подразделение по автобусам и троллейбусам. Совместно со специалистами ЗиУ были созданы унифицированные автобус ЗиУ-6 и троллейбус ЗиУ-5, на которых применили спроектированную для них электропневматическую систему управления механической коробкой передач. За ними последовали унифицированные городские автобусы ЛиАЗ-677 и КАвЗ-3100, первый из которых долгие годы оставался основным видом городского маршрутного автобуса в нашей стране.

В конце 1950-х – начале 1960-х годов НАМИ (Н.С. Ханин, С.Б. Чистозвонов) совместно с ЯМЗ разработали и поставили на производство семейство четырехтактных дизельных двигателей ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, предназначенных для комплектации автомобилей МАЗ и КрАЗ. Работа удостоена Государственной премии СССР.

В 1960-е годы значительное развитие получили методы и техника экспериментальных исследований. В 1964 г. был введен в строй крупнейший в Европе испытательный автополигон (ЦНИАП НАМИ). Для его строительства и развития особо значимый вклад внесли В.А. Ануфриев, Л.Д. Венедиктов, С.А. Лаптев. За разработку и внедрение высокоэффективных технологий ускоренных испытаний автомобильной техники группе сотрудников института присуждена Премия Совета Министров СССР. Среди награжденных: В.А. Ануфриев, В.Ф. Кутенев, С.А. Лаптев, С.Ф. Безверхий, В.Н. Журавлев, В.А. Резниченко, А.П. Гусаров, В.И. Сальников и др.

Большая роль в улучшении эксплуатационных показателей АТС отведена организованным по инициативе НАМИ экспериментально-производственным автохозяйствам (ЭПАХи), благодаря которым специалисты отрасли получили возможность "обратной связи" с потребителями автомобильной техники – результаты ресурсных испытаний.

В эти же годы значительное место в работах НАМИ было отведено разработке и созданию первых отечественных образцов переднеприводных легковых автомобилей (Б.М. Фиттерман). Значительных усилий от специалистов института потребовала доработка конструкции автомобиля ФИАТ-124, адаптация его к условиям эксплуатации в нашей стране. По результатам этих работ было внесено около 150 изменений. Работа дала свои результаты: базовая модель, ВАЗ-2101, просуществовала почти 20 лет, широко экспортировалась, послужила основой для новых модификаций автомобилей Волжского автозавода.

В 1970-е годы НАМИ совместно с Кутаисским автозаводом создали транспортно-технологический автопоезд (КАЗ-4540 + + ГКБ-8535), предназначенный для сельского хозяйства и способный работать на селе круглогодично; совместно с БелАЗом – новое поколение карьерных самосвалов; совместно с ГСКБ ОдАЗ – полуприцепы-рефрижераторы грузоподъемностью 11 и 22 т к седельным тягачам КамАЗ и МАЗ; для ГАЗа – специализированные автомобили-фургоны на шасси ГАЗ-52, ГАЗ-53 и ГАЗ-66.

Техника нового поколения потребовала проведения больших работ по созданию шин, особенно для автомобилей высокой проходимости. Эти работы проводились в стендовых условиях НАМИ, на полигоне, а также в реальных условиях бездорожья. За разработку и внедрение в производство широкопрофильных и арочных шин автомобилей высокой проходимости для освоения территорий Крайнего Севера ведущие специалисты НАМИ А.М. Хлебников и В.И. Кнороз были награждены Государственной премией СССР.

Институт на основе прогнозов и комплексных исследований формировал программы и типажи создаваемой для народного хозяйства автомобильной техники, разрабатывал меры по повышению ее технического уровня. В их числе дизелизация автотранспорта; перевод на газообразное топливо автомобилей ЗИЛ и ГАЗ; новые поколения автомобилей МАЗ, КрАЗ, КамАЗ и легковых автомобилей АЗЛК, ВАЗ, ЗАЗ, ЛуАЗ, УАЗ; специализированный автотранспорт; базовый автомобиль-фургон грузоподъемностью 1,5 т (получивший в дальнейшем производственную марку "ГАЗель") и т.д. В качестве конкретных примеров можно привести V-образный восьмицилиндровый дизель ЗИЛ-645, шестицилиндровый рядный дизель воздушного охлаждения ГАЗ-542, газодизельный процесс и топливная аппаратура, благодаря которым КамАЗ в 1988 г. смог приступить к производству газодизельного грузового автомобиля КамАЗ-53218 и его модификаций (руководители работ – ведущие специалисты НАМИ Л.И. Вахошин и В.В. Карницкий).

В 1980-е годы во многом благодаря внедренным рекомендациям института ресурс автомобилей КамАЗ возрос с 250 тыс. до 400 тыс. км пробега, а безотказность повысилась в 2 раза. Кроме того, НАМИ провел комплексную доводку более 80 типов специализированных автотранспортных средств, предназначенных для сельскохозяйственного

и других производств (Н.М. Варыпаев, А.Д. Рудаков, А.И. Реполовский, Е.Ф. Обрезумов, А.Ф. Величко).

Свидетельством преемственности фундаментальных научных школ института стали и работы 1980-х годов по созданию образцов экспериментальных автомобилей, двигателей, узлов и агрегатов – прототипов техники 2000-х годов. К их числу можно отнести концептуальные легковые автомобили "Дебют" (В.А. Мамедов, В.В. Белобородов, Н.И. Киреев) и "Компакт" (А.Н. Наместников, С.В. Радовский, А.К. Пономарев и др.), созданные в 1988 г. под предполагаемое производство в Елабуге; магистральный автопоезд "Тайфун" (Ю.П. Назаров, Л.Е. Глинер, К.А. Фрумкин, Н.К. Дьячков, И.Г. Лиходедов и др.), разработанный в 1989 г. в развитие перспективных конструкций автопоездов КамАЗ с осевой нагрузкой 13 т; полуторатонный автомобиль, ставший прототипом семейства "ГАЗель" (Ю.Л. Зеленин, В.Ф. Стрельник, Л.Е. Глинер и др.), двигатели с изменяемыми степенью сжатия и рабочим объемом (В.Ф. Кутенев, М.А. Зленко, Г.Г. Тер-Мкртичьян), перспективные двигатели, работающие на альтернативных топливах, гидромеханические передачи для автобусов (Н.Д. Мазалов, О.И. Гируцкий, В.В. Баранов, С.М. Трусов и др.), семейство интегральных рулевых механизмов для грузовых автомобилей (Л.Л. Гинцбург и др.), диапазонные коробки передач и автоматизированные системы управления коробками передач для грузовых автомобилей (Л.А. Румянцев, А.П. Недялков), ведущие мосты для грузовых автомобилей (Е.Б. Александров).

Большое внимание уделялось также развитию работ по автоматизации управления автомобилем. Специалистам института за создание нового комплекса реабилитационных устройств управления модификациями автомобилей для инвалидов в 1998 г. была присуждена Государственная премия в области науки и техники (О.И. Гируцкий, Ю.К. Есеновский-Лашков, Е.И. Лебедев, Д.Г. Поляк).

Важным результатом работ специалистов НАМИ, выполненных ими в период с середины 1980-х годов до настоящего времени, стала разработка новых концепций и теоретических решений по двигателям нетрадиционных конструкций. Среди них особо следует отметить двигатели с переменным объемом и переменной же степенью сжатия (В.Ф. Кутенев и др.).

Существенный вклад внесен НАМИ и в совершенствование дизелей. Это уникальный газодизельный процесс с топливной аппаратурой к нему, а также перевод значительной части автопарка страны на газовое и дизельное топливо, внедрение в конструкции автомобилей и двигателей композиционных, керамических и других нетрадиционных материалов.

За освоение и создание производства семейства многоцелевых дизельных двигателей, отвечающих нормам "Евро-2", сотрудники НАМИ Г.С. Корнилов и П.Л. Озимов отмечены премией Правительства РФ (2002 г.).

В 2009 г. коллективу авторов за комплексную разработку и промышленное освоение в массовом производстве автобусов нового поколения присуждена премия Правительства РФ в области науки и техники (О.И. Гируцкий, А.А. Ипатов, Л.С. Гаронин, Д.Л. Гаронин).

Накопленный многолетний опыт позволил создать, изготовить, испытать и передать на заводы отрасли: образцы компонентов трансмиссий АТС, отвечающих современным техническим требованиям; механические коробки передач большой мощности, диапазонные и гидромеханические передачи; базовый двигатель ЭДП 45 нового семейства дизелей, отвечающие современным требованиям мирового дизелестроения (ОАО "Завод "Дагдизель").

Следует также отметить выполненные в последние годы научные исследования по формированию типажа и созданию семейства малогабаритных многофункциональных транспортных средств (ММТС) для сельского хозяйства (Т.Д. Дзоценидзе и др.). Были изготовлены опытные образцы ММТС особо малого, малого и среднего классов. После широких всесторонних испытаний и доводки семейство передано для внедрения.

Во исполнение Указа Президента РФ и Постановления Правительства Российской Федерации № 816 от 11 июня 1994 г. институту присвоен, а затем последовательно подтверждался статус Государственного научного центра Российской Федерации.

На базе накопленного опыта и проведенных фундаментальных научно-исследовательских работ ФГУП "НАМИ" стал победителем конкурса Минпромторга России на право реализации двух инновационных проектов государственного значения: "КД Олимпиада" и "КД СГУ". По первому проекту были созданы опытные образцы грузового автомобиля на базе ПАЗ-3349HN с последовательно-параллельной схемой комбинированной энергетической установки (КЭУ); автобусов малого класса ПАЗ-3237HN и большого класса ЛиАЗ-5292HN – с последовательной схемой КЭУ. Все образцы успешно прошли полигонные испытания и переданы на заводы для дальнейших исследований.

В основе проектов реализованы принципиально новые технические решения создания типоразмерного ряда КЭУ, построенного по модульному принципу (как по тяговым источникам тока, так и по системам электропривода) для выпуска отечественных гибридных автотранспортных средств на заводах ВАЗ, УАЗ, ГАЗ, ЛиАЗ и КамАЗ. Работы направлены на развитие новых энергетических технологий, обеспечивающих снижение выбросов вредных веществ и экономию топлива.

ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ" формирует основу государственной нормативно-правовой базы и обеспечивает развитие системы технического регулирования в области автомобилестроения Российской Федерации.

Уже 40 лет специалисты ФГУП "НАМИ" принимают участие в деятельности Всемирного форума (WP.29) и шести подчиненных ему специализированных рабочих групп. Признанием результативности деятельности российских специалистов в работе международных организаций служит тот факт, что с 1984 по 2004 г. представитель ФГУП "НАМИ" В.Ф. Кутенёв избирался председателем сначала Рабочей группы по конструкции транспортных средств, а затем Всемирного Форума по согласованию правил в области транспортных средств (WP.29). С 2004 г. на эти же должности избирался заместитель генерального директора по техническому регулированию д-р техн. наук Б.В. Кисуленко.

В 2004 г. НАМИ назначен Техническим секретариатом Административного органа Российской Федерации в рамках Женевского Соглашения 1958 г. В рамках этого соглашения в качестве технических служб для проведения испытаний по Правилам ЕЭК ООН также заявлены испытательные лаборатории НАМИ.

В целях реализации Федерального закона 184-ФЗ "О техническом регулировании" ФГУП "НАМИ" в инициативном порядке разработал первый в Российской Федерации технический регламент "О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ". Позднее, по заданию Минпромторга России, был разработан технический регламент "О безопасности колесных транспортных средств".

Для реализации базовых соглашений Таможенного Союза, по заданию Минпромторга России, институт разработал технический регламент Таможенного Союза о безопасности колесных транспортных средств (ТР ТС 018/2011), который был утвержден решением Комиссии Таможенного Союза в 2011 г.

На ФГУП "НАМИ" возложены функции Технического комитета по стандартизации (ТК 56) "Дорожный транспорт" и постоянно действующего национального рабочего органа Межгосударственного технического комитета по стандартизации (МТК 56) "Дорожный транспорт" (О.И. Гируцкий).

В последнее время НАМИ осуществил ряд НИОКР по созданию новой техники с использованием передовых технологий и технических решений. Среди них: энергоэффективные движители для автотранспортных средств в северном исполнении, а также "интеллектуальные" трансмиссий многоосных полноприводных АТС; интеллектуальные "беспилотные" грузопассажирские АТС гражданского назначения; автотранспортные средства массой более 6 т и автобусы средней и большой вместимости с газовыми двигателями нового поколения перспективных экологических классов; научно-технические решения для создания согласующей системы контроля и управления буферными накопителями энергии в составе гибридных энергоустановок нового поколения; полноприводный (6×6) грузовой автомобиль с КЭУ, соответствующий перспективным международным требованиям по экологии, безопасности, энерго-, ресурсосбережению и утилизации; КЭУ для легкового автомобиля класса В; комплексная методика эколого-экономической оценки продукции автомобилестроения в полном жизненном цикле.

НАМИ является инициатором и основным разработчиком документов, определяющих пути развития автомобильной отрасли России: "Основных направлений развития автомобильной промышленности России", а также "Концепции развития автомобильной промышленности России", одобренных ранее Правительством Российской Федерации. В рамках реализации Концепции с участием НАМИ выпущено более 45 постановлений и распоряжений Правительства Российской Федерации.

С 1985 г. в НАМИ работает диссертационный совет. За это время защищено 130 докторских и кандидатских диссертаций, в том числе более 70 – сотрудниками института.

В целях пропаганды и продвижения научно-технических разработок в промышленность НАМИ проводит активную выставочную деятельность. Институт принял участие в 2012 г. в 30 международных специализированных выставках и форумах в России и за рубежом. За представленные на выставках разработки институт удостаивался ряда наград и дипломов.

НАМИ – уникальная активная отраслевая коммуникационная площадка для ведущих специалистов отрасли, что обеспечивается организацией и проведением не только ежегодных Международных автомобильных научных форумов (МАНФ), но и регулярных конференций Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) по актуальным проблемам развития автомобилестроения.

Стратегией развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2020 г. определены следующие основные задачи: преодоление технологического отставания автомобилестроения России от ведущих стран мира; формирование инфраструктуры проведения НИОКР по созданию новых автотранспортных средств и автокомпонентов; совершенствование системы подготовки специалистов для автопрома, в том числе создание новых программ обучения в соответствии с международными стандартами.

Эти задачи, а также значительные структурные изменения в отрасли определяют необходимость глубокой реорганизации ФГУП "НАМИ" как собственно по структуре, так и по приоритетам решаемых задач.

Основные задачи деятельности ФГУП "НАМИ" включают в себя:

формирование базы инновационного развития отрасли, направленной на повышение конкурентоспособности, экспортного потенциала и качества продукции автомобильной промышленности;

совершенствование нормативной правовой базы, системы технического регулирования в автомобилестроении и создание системы утилизации автотранспортных средств;

реорганизация инфраструктуры проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию новых автотранспортных средств и автомобильных компонентов;

определение принципов развития и схем реализации национальных НИР и ОКР, обеспечение внедрения результатов НИОКР на основе развития связей с предприятиями отрасли;

развитие системы кадрового обеспечения НИОКР;

совершенствование системы экономического управления для обеспечения финансовой устойчивости предприятия.

В настоящее время ФГУП "НАМИ" фактически завершил этап кардинальной перестройки собственной структуры и активно занимается обновлением кадрового состава. Важную роль в этом играет сотрудничество с ведущими техническими университетами, готовящими специалистов по ключевым направлениям развития колесной и гусеничной техники: Университетом машиностроения "МАМИ", МГТУ имени Н.Э. Баумана, Московским автомобильно-дорожным государственным техническим университетом (МАДИ), МГАУ им. В.П. Горячкина, МГИУ и др. С этой целью в структуре НАМИ создан объединенный научно-образовательный центр, важной составляющей деятельности которого является целевая подготовка инженерных и научных кадров по приоритетным направлениям развития на базе реального выполнения НИР и НИОКР и переноса части учебного процесса в НАМИ.

Одна из форм деятельности института – участие в создании и развитии центров коллективного пользования. Для обеспечения взаимодействия с ведущими производителями автомобильной отрасли НАМИ ввел в эксплуатацию программно-аппаратные комплексы автоматизированного проектирования и управления жизненным циклом изделий на основе продуктов CATIA/DELMIA/ENOVIA V-6 фирмы DASSAULT SYSTEMS и NX/Teamcenter фирмы Simens PLH Software; проектирования разработки и тестирования программного обеспечения для электронных систем автомобиля.

Применение этих комплексов позволит создать на отраслевом уровне PDM/ PLM систему нового поколения, что позволит институту работать с ведущими предприятиями отрасли в едином информационном поле, а также многократно экономить материальные ресурсы, в разы сокращать время разработки изделия по полному жизненному циклу.

В перспективе институт должен включать в свою структуру: межведомственный центр прогнозирования и планирования обеспечения транспортных потребностей; международный центр разработки и сертификации продукции транспортного назначения; отраслевой центр управления проектами внедрения и освоения.

Главная цель реорганизации НАМИ – обеспечение расширения бизнеса в отрасли на основе разработки, исследований, испытаний и подготовки внедрения конкурентоспособной продукции в серийное производство.

Выполняя широкий спектр функций государственного научного центра, ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ" позиционирует себя как крупный инжиниринговый центр отечественного автопрома, обладающий рядом уникальных компетенций, что позволяет с обоснованным оптимизмом смотреть в будущее.

УДК 629.113/115

Ï ÐÎ ÁËÀÌ Û ÑÎ ÇÄÀÍ Èß ÝÊÎ ËÎ ÃÈ×ÅÑÊÈÈ ×ÈÑÒÎ ÃÎ ÀÂÒÎ Ì Î ÁÈËß

Â.Ê. ÀÇÀÐÎ Â, äî êòî ðà òåõí . í àóê **Â.Ô. ÊÓÒÅÍ ÅÂ** è **À.Ì . ÑÀÉÊÈÍ**
ÔÃÓÏ "Í ÀÌ È" (495. 456-30-81)

Рассматриваются экологические проблемы крупных городов, обусловленные автомобильным транспортом, и аналогичные проблемы самого этого транспорта.

Êëþ÷åâûå ñëî âà: *вредный выброс, фактор загрязнения воздуха, среда обитания, концентрация, гигиенические нормативы.*

Asariv V.K., Kutenev V.F., Saikin A.M.

PROBLEMS OF MAKING ECOLOGY CLEAN CAR

Ecology problems of big town, is conditioned by automotive transportation, and analogous problems of its transportation are considered.

Keywords: *harmful emission, factor of pollution air, harmful emission, concentranion, hygienic regulations.*

По данным Мосэкомониторинга, доля автомобилей в общем загрязнении атмосферы Москвы в 2010 г. составила 93 %. Причем фоновое загрязнение не только в Москве, но и в других крупных городах нашей страны часто превышает гигиенические нормативы: по данным Росгидромета [1], в 2010 г. в РФ вредное воздействие высокого и очень высокого уровней фонового загрязнения атмосферного воздуха испытывало 58 % городского населения, а в Москве и Санкт-Петербурге – 100 %. И основными загрязнителями городского воздуха являются такие автомобильные выбросы, как диоксид азота; взвешенные частицы, в том числе твердые частицы (ТЧ), бенз(а)пирен; формальдегид; озон (O_3), который Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) отнесен к числу приоритетно опасных вредных веществ.

Нормативные и технические меры, направленные на уменьшение многих из перечисленных выбросов, предпринимаются. И они срабатывают: нормируемый выброс вредных веществ с отработавшими газами в атмосферу у современных автомобилей в разы меньше, чем у выпускавшихся ранее [1]: значительная часть из них уже удовлетворяет нормам "Евро-5" и "Евро-6", начато производство АТС с комбинированными энергоустановками, вредных веществ в которых на 30 % меньше, чем у традиционных АТС, а также электромобилей с нулевым выбросом этих веществ. Однако общее опасное воздействие АТС на население продолжает оставаться на недопустимо высоком уровне. И не только в российских городах. Например, наибольшие, иногда превышающие норматив (0,04 мг/м^3) среднегодовые концентрации взвешенных частиц отмечаются [2] в Гонконге (0,045... 0,069 мг/м^3), Стокгольме и Москве (0,021...0,045 мг/м^3), Нью-Йорке, Париже и Лондоне (0,022...0,029 мг/м^3); концентрация диоксида азота (норматив ЕС – 0,04 мг/м^3) в Гонконге – 0,055... 0,117 мг/м^3, в Стокгольме и Париже – до 0,039 мг/м^3, Праге, Лондоне, Берлине, Москве, Нью-Йорке – 0,033...0,056 мг/м^3 ; озона (российская норма – 0,03 мг/м^3) в Москве – 0,028...0,045 мг/м^3, Лондоне, Гонконге, Париже, Праге, Нью-Йорке и Стокгольме – 0,032...0,060 мг/м^3. Причем содержание некоторых безусловно вредных веществ в атмосфере до сих пор, к сожалению, не нормируется стандартами по экологической безопасности автомобилей. К примеру в нормах ЕС не представлены выбросы озона – вещества, включенного в список пяти основных вредных веществ, содержание которых необходимо контролировать при оценке качества воздуха, так как он относится к веществам первого класса опасности, т.е. более токсичен, чем диоксид азота, монооксид углерода, несгоревшие углеводороды. При совместном присутствии его и диоксида азота токсичность воздуха увеличивается, по сравнению с токсичностью отдельно взятых веществ, в 20 раз.

То же самое можно сказать и о формальдегиде, бенз(а)пирене и других полиароматических углеводородах (ПАУ) и летучих органических углеводородах (ЛОС), которые при попадании в воздушную среду городов оказывают такое воздействие на человека, которое по вредности на один–три порядка более опасно, чем, скажем, воздействие нормируемых суммарных углеводородов, а их среднегодовая концентрация в атмосфере 26 городов России в течение последнего десятилетия до 10 раз и более превышает ПДК. Можно сказать, что на сегодня только, пожалуй, содержание одного вредного вещества, монооксида углерода, не превышает установленных норм (3 мг/м^3): в Гонконге, Москве, Стокгольме оно составляет 0,6...1,1 мг/м^3, в Нью-Йорке, Париже, Лондоне – 0,5...0,6 мг/м^3.

Это, что касается фоновых загрязнений городского воздуха автомобилями. Но есть еще два не менее, а иногда и более опасных его вида – создаваемое самой проезжей частью дорог и образующиеся в кабинах и салонах АТС. Причем нельзя не отметить, что первое из этих видов загрязнений в последние годы, несмотря на массовый переход на современные АТС с более высокими экологическими показателями, не становится менее опасным. Например, измерения, выполненные специалистами НАМИ, показали: при автомобильных пробках в плотных транспортных потоках и в тоннелях Москвы содержание вредных веществ практически всегда выше фонового уровня. Это, в частности, больше всего относится к монооксиду углерода, взвешенным частицам, 60 % которых представляют собой продукты износа шин. При этом установлено, что каждый легковой автомобиль оставляет после себя 0,13 г/км шинной пыли, грузовой полной массой до 3,5 т – 0,32 г/км, а грузовой автомобиль большей массы и автобус – 1,5 г/км, что превышает нормативы "Евро-6" по выбросу твердых частиц с отработавшими газами соответственно в 26, 60 и 150 раз. В связи с этим возникает вопрос: не пора ли назвать ошибочным заявленное в 2012 г. предложение ВОЗ о запрете использования в городах Европы дизельных грузовых автомобилей. Более того, учитывая сложившуюся ситуацию с загрязнением воздуха над проезжей частью дорог, следует обратить внимание на качество воздуха в салонах и кабинах автомобилей и автобусов – загрязненность воздуха в них оказывается значительно большей, чем над проезжей частью дорог. Об этом говорят, например, обобщенные данные по содержанию монооксида углерода и оксидов азота (табл. 1) в московском воздухе, полученные специалистами НИЦИАМТа, МАДИ (ГТУ) и издательства "За рулем".

Причинами сверхнормативного загрязнения воздуха салонов и кабин является поступление в них дополнительного количест-

Страницы истории

1919 ã. Ðåøåíèåì Ñîâåòà Òðóäà è Îáîðîíû ñîçäàíà êîìèññèÿ ïî ðàçâèòèþ ïîñòðîéêè àýðîñàíåé (ÊÎÌÈ ÏÀÑ), ïðåäñåäàòåëåì êîòîðîé èçáðàí Í.Ð. Áðèëëèíã. Â òå÷åíèå 1919–1922 ãã. áûëè ïîñòðîåíî øåñòü àýðîñàíåé íåñêîëüêèõ òèïîâ.

Таблица 1

Место измерения	Данные НИЦИАМТа, мг/м^3			
	CO	NO	NO_2	NO_x
Проезжая часть дороги	–	–	–	–
Тоннели	–	–	–	–
Кабины и салоны АТС	35 (79,1)	1,2 (5,9)	0,5 (1,1)	1,5 (6,0)
Гараж (ворота открыты)	(1700)			
	Данные МАДИ, мг/м^3			
	CO	NO	NO_2	NO_x
Проезжая часть дороги	16...63	2,88	1,63...1,995	1,63
Тоннели	120	–	–	–
Кабины и салоны АТС	12	–	–	–
Гараж (ворота открыты)	–	–	–	–
	Данные издательства "За рулем", мг/м^3			
	CO	NO	NO_2	NO_x
Проезжая часть дороги	50 (72)	1,0	0,45	10,3
Тоннели	–	3,0	2,13	–
Кабины и салоны АТС	30...70 (72)	–	–	10...12
Гараж (ворота открыты)	–	–	–	–
Примечание. Без скобок – средняя концентрация, в скобках – максимальная.				

ва вредных веществ с мало разбавленными отработавшими газами впереди движущихся АТС, а также продуктов износа шин, тормозных накладок и дорожного полотна. И судя по результатам исследований НАМИ, согласующихся с зарубежными данными, наибольшее загрязнение воздуха наблюдается в салонах легковых автомобилей, далее следуют салоны микроавтобусов, кабины грузовых автомобилей и салоны автобусов. То есть загрязненность напрямую зависит от уровня, на котором располагаются зоны забора воздуха системами вентиляции салонов и кабин АТС. Причем наиболее загрязняющими веществами, являются монооксид углерода, оксиды азота, несгоревшие углеводороды, взвешенные частицы и др. Что еще раз заставляет подчеркнуть: проблема воздействия загрязненного воздуха салонов и кабин всех перечисленных видов городского транспорта на водителей, машинистов и пассажиров стоит чрезвычайно остро.

Итак, существующие в настоящее время уровни фонового загрязнения атмосферного воздуха больших городов для населения, безусловно, опасны. Но еще более опасно загрязнение воздуха над проезжей частью городских дорог, в тоннелях, и салонах транспортных средств: оно в 10...20 раз и более превышает уровень фонового загрязнения воздуха. Отсюда следует, что решение проблемы снижения вредного воздействия АТС, экологического состояния дорожной сети и транспортной ситуации на водителей и пассажиров в салонах на данном этапе более актуально и значимо, чем дальнейшее ужесточение норм на удельные выбросы вредных веществ с отработавшими газами новых АТС. В связи с этим авторы отмечают: особое внимание следует уделять обеспечению экологической безопасности водителей и пассажиров, разработать для этой цели дополнительные технические средства (устройства) по очистке воздуха в салонах и кабинах не только новых, но и находящихся в эксплуатации АТС. В том числе и потому, что устанавливаемые сегодня производителями устройства и системы улучшения комфорта (системы вентиляции, отопления, климат-контроля, устройства для очистки воздуха в салонах) не обеспечивают должную безопасность и создают только иллюзию экологической безопасности внутри АТС. Это хорошо видно из табл. 2, в которой приведены опубликованные в различных источниках данные по этой проблеме.

Таблица 2

Методы и системы очистки воздуха	Очищаемые вредные вещества							Недостатки систем
	пыль грубая	пыль тонкая (менее 2 мкм)	NO_x	CO	CH	формальдегид	сажа	
Салонный (бумажный) фильтр	+	–	–	–	–	–	+	Задерживает только грубую пыль и не задерживает NO_x, CO, CH, формальдегид
Салонный бумажно-угольный фильтр	+	–	–	–	+	+	+	Плохо задерживает пыль и запахи, не задерживает NO_x и CO
Воздухоочиститель-ионизатор	–	–	–	+	+	+	+	Не задерживает NO_x и пыль; производит озон
Озонатор	–	–	–	+	+	+	+	
Фотокаталитический очиститель	–	–	–	+	+	НИ	+	Не задерживает NO_x и пыль, имеет большие массу и габаритные размеры
Установка импульсного коронного разряда	–	–	+	+	+	НИ	+	Чрезмерно энергозатратен, имеет большие массу и габаритные размеры, не содержит устройства очистки воздуха от пыли
Экосистема очистки воздуха, которую нужно создать	+	+	+	+	+	+	+	–
Примечание: НИ – не исследовалось.								

Наибольшее распространение из перечисленных в таблице систем очистки воздуха в салонах АТС нашли фильтры, устанавливаемые в системах вентиляции и кондиционирования (климат-контроля). Считается, что они эффективно очищают загрязненный воздух. Однако это далеко не так.

Так, современные бумажные и, в лучшем случае, бумажно-угольные фильтрующие материалы воздух от оксидов азота и монооксида углерода не очищают. Немногим лучше и другие из перечисленных в таблице. Потому что все используемые в них бумажные фильтрующие материалы способны задерживать частицы размерами 2...5 мкм и более, хотя меньшие частицы – самые токсичные. Кроме того, количество угля в бумажно-угольных фильтрах современных салонов, как правило, не превышает 30...40 г, которого хватает на частичную очистку воздуха от углеводородов и запаха на пробеге не более 1...2 тыс. км. По этим причинам даже автомобили с комбинированными энергоустановками и электромобили с точки зрения водителей и пассажиров не могут считаться экологически чистым видом транспорта.

Воздухоочистители-ионизаторы и озонаторы очищают воздух от монооксида углерода, некоторых групп углеводородов и частичек сажи. Однако NO, NO_2, пыль и формальдегид они не задерживают, и главное – генерируют и поставляют в воздух салонов озон, присутствие которого в объемах, превышающих гигиенический норматив, чрезвычайно опасно. Например, в США, где озонаторы начали применять значительно раньше, чем в других странах, провели многочисленные эксперименты по выяснению реальных возможностей озона как очистителя воздуха. На их основе были сделаны следующие выводы [6]: озон при концентрациях, не превышающих санитарные нормы, не улучшает качества воздуха; его содержание часто превышает допустимые нормы даже при строгом выполнении рекомендаций производителей воздухоочистителей. Поэтому в 1995 г. Федеральная торговая комиссия (ФТА) запретила производителям ионизаторов заявлять о том, что данные устройства могут удалять химические вредные вещества из воздуха, эффективнее других очистителей; не производят вредных побочных продуктов; предотвращают или облегчают астматические приступы и аллергические реакции. Более того, в 1997 г. ФТА возбудила судебные иски против ряда фирм, нарушивших этот запрет.

К сожалению, чужой опыт для нас – не указ. Салонные воздухоочистители-ионизаторы моделей XJ-801, XJ-802 и др. в России владельцами АТС используются массово, поскольку ими оснащено большинство импортных автомобилей. Хуже того, эти воздухоочистители-ионизаторы успешно проходят процедуру сертификации, что говорит о недостаточной развитости нашей нормативной базы по экологической безопасности АТС в целом.

Внесенные в табл. 2 фотокаталитические очистители и установки импульсного коронного разряда ввиду недостаточной их эффективности и других причин массового применения в салонах АТС не нашли, поэтому останавливаться на них смысла нет. Тем не менее, обобщая сказанное выше, можно сделать вывод: ни одно из представленных в табл. 2 средств не обеспечивает эффективной очистки воздуха от опасных веществ. Основная причина этого – недостатки действующей концепции создания экологически чистого транспорта; в ней нет экологических требований к конструкцям салонов АТС, системам их вентиляции, отопления, кондиционерам и салонным фильтрам. Выход из создавшегося положения один: нужны системный подход и пересмотр всей нормативной базы по экологической безопасности АТС. В частности, необходимо разработать технические регламенты по ограничению выбросов шинной пыли, продуктов износа дорожного полотна и канцерогенных вредных выбросов с ними в атмосферный воздух городов. Нужна и более эффективная система очистки воздуха, способная улавливать (последняя строка табл. 2) все наиболее опасные вещества – оксид азота, формальдегиды, озон и взвешенные частицы, содержащие канцерогенные вещества. Что же касается собственно салонных фильтров, то здесь, безусловно, требуется разработка технических требований к ним и такое усовершенствование их конструкций, которое обеспечит тонкость очистки взвешенных частиц размером 1,0...0,1 мкм и ресурс не менее 15 тыс. км пробега. То есть пробега, соответствующего периодичности технического обслуживания современных АТС.

Литература

1. Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году". Росгидромет. Опубл. 08.02.2012 г.
2. Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2011 году. Правительство Москвы. Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. – 128 с.
3. Будкин А., Булычева З.Ю. Фильтр противогаза не заменит // За рулем. 1998. № 10. С. 37–39.
4. Григорьев Т.Ю. Повышение надежности транспортных человеко-машинных систем управления на примере городских автобусов. Дис. ... канд. техн. наук. М.: МАДИ, 2006. – 141 с.
5. The International Center for Technology Assesment. Report. In-Car-Air Pollution // Washington: DC. 2000. July. P. 41.
6. Ozone Generators that are Sold as Air Cleaners: An Assessment of Effectiveness and Health // Consequences. U.S. Environmental Protection Agency. 1997. 26 p.
7. Health Hazards of Ozone-generating Air Cleaning Devices // Monthly Report from Prevention Service. CA Department of Health Service. 714 P Street. Sacramento: 1998. CA 95814.

УДК 623.113/.115

ÑÈÑÒÅÌ Û ÓÏ ÐÀÂËÅÍ È ß "ÁÅÑÏ ÈËÎ ÒÍ Û Õ" ÀÒÑ[1]

Êàí ä. òåõí . í àóê **Ì .Â. Í ÀÃÀÉÖÅÂ,**
äî êòî ðà òåõí . í àóê **À.Ì . ÑÀÉÊÈÍ** è **È.À. Ï ËÈÅÂ,**
Ä.Â. ÅÍ ÄÀ×ÅÂ
ÔÃÓÏ "Í ÀÌ È" (495. 456-30-81)

Рассмотрены перспективы создания "беспилотных" АТС; дана информация о НИР по разработке макетного образца таких АТС.

Êëþ÷åâûå ñëî âà: *"беспилотное" автотранспортное средство, макетный образец, системы управления.*

Nagaitsev M.V., Saikin A.M., Pliev I.A., Endachev D.V.

SYSTEMS OF MANAGEMENT PILOTLESS ATS

Perspectives of making pilotless ATS are considered and information of NIR on making its prototype is given.

Keywords: *pilotless ATS, prototype, Systems of management.*

В мировой практике работы по созданию самоуправляемых ("беспилотных") грузопассажирских АТС были начаты в 1980-х гг. Лидерами здесь были и остаются ведущие автопроизводители США, Германии, Японии, Франции, Великобритании, Италии, Китая, Южной Кореи (фирмы "Дженерал Моторс", "Форд", "Даймлер-Бенц", "Фольксваген", БМВ, "Вольво", "Кадиллак" и др.). При этом наряду с грузопассажирскими АТС общего пользования создаются и машины сельскохозяйственного назначения (тракторы, комбайны и т.д.), строительно-дорожная техника (бульдозеры, самосвалы, включая карьерные, грейдеры, краны и т.д.), техника для нужд МЧС и двойного назначения, для работы в складских помещениях, гаражах, цехах и других производственных и промышленных помещениях, а также для охраны территорий (передвижные средства охраны, наблюдения и видеозаписи и т.д.). И такой интерес к "беспилотникам" вполне объясним: с их помощью может быть решено множество серьезнейших задач. Например, задачи безопасности движения (снижения числа ДТП травм и смертей), повышения топливной экономичности АТС, уменьшения выбросов вредных веществ и парниковых газов в атмосферу и т.п.

Системы управления "беспилотными" АТС представляют собой сложнейшие интеллектуальные продукты, разработка составных частей которых – математических моделей, алгоритмов управления, систем обнаружения, распознавания и позиционирования объектов, исполнительных механизмов – требует решения комплекса новых научно-технических задач. Тем не менее существующий в настоящее время научно-технический задел таков, что он позволяет их решать и ожидается, что "беспилотные" машины появятся на рынке, начиная с 2018–2020 гг.

В России работы по созданию "беспилотных" АТС до 2012 г. велись в основном в инициативном порядке. Но с 2012 г. по зада-

[1] Материалы на эту тему опубликованы также в "АП", 2013, № 3 и 4.

Рис. 1. Испытания "беспилотного" автомобиля ВАЗ-21181 (движение внутри дорожной разметки)

нию Минпромторга России ФГУП "НАМИ" начал работать над этой тематикой в плановом порядке, на основе госзаказа. И в его рамках уже создан макетный образец "беспилотного" АТС на базе автомобиля ВАЗ-21181 "Калина" (рис. 1).

Для этого образца разработана система технического "зрения", в состав которой входит набор видеокамер, радаров дальнего и ближнего действия, лазеры и GPS/ГЛОНАСС-приемники. С ее помощью он обучается самостоятельному анализу окружающей обстановки на расстоянии до 200 м, распознаванию дорожных разметки и знаков, сигналов светофоров и определению движущихся и недвижущихся объектов и осуществляет движение по записанному маршруту из точки А в точку Б без участия водителя.

При разработке технического "зрения" в первую очередь решались задачи повышения безопасности транспортного средства. Например, создавались системы обнаружения препятствий на дороге (автомобиль, человек и т.д.), аварийной остановки автомобиля, предупреждения его выезда на встречную полосу движения. Они становились составляющими элементами системы управления "беспилотного" автомобиля, в которую, как обычно, входит рулевое управление, управление дроссельной заслонкой, тормозной системой, трансмиссией, зажиганием и светотехникой. При этом базовые алгоритмы управления движением "беспилотного" АТС в условиях моделирования организованной и неорганизованной дорожных сетей предусматривают решение следующих 12 задач: пуск и останов двигателя, режимы прямолинейного движения и поворота автомобиля, распознавание препятствий, определение дорожных знаков и дорожной разметки и реакции на них, предупреждение выезда на встречную полосу движения, определение местоположения автомобиля, поддержание заданного расстояния до впереди идущего АТС и скорости движения, подачи световых и звуковых сигналов.

При реализации управления движением "беспилотного" автомобиля были сформированы необходимые структура, состав, схемотехнические и алгоритмические решения по соответствующей автоматизированной системе. При этом ее структурная схема разработана с учетом довольно жестких требований к сбору и обработке данных, а также к быстродействию и точности. Например, чтобы обеспечить сбор данных с требуемой точностью, пришлось использовать два типа датчиков – аналоговые и цифровые, а чтобы обеспечить необходимое быстродействие системы – соответствующие каналы связи между ее устройствами.

Система управления состоит (рис. 2) из электронного блока управления (ЭБУ БАС), микроконтроллера, четырех регистрирующих устройств (лидар, радар, видеокамера ×5 и GPS/ГЛОНАСС), пяти датчиков (угла поворота руля и дроссельной заслонки, усилия нажатия на педаль тормоза, частоты вращения коленчатого вала ДВС и положения селектора) и исполнительных устройств (электроусилитель руля, приводы дроссельной заслонки, педали тормоза и селектора). Для передачи данных все элементы системы соединены информационными каналами, в качестве которых использованы проводные и беспроводные системы. И поскольку разработанное программное обеспечение физически расположено на различных устройствах, созданы пользовательские протоколы, обеспечивающие взаимодействие между модулями этого обеспечения.

Данные, зафиксированные регистрирующими устройствами, поступают в электронный блок управления, где на их основе формируются управляющие сигналы, поступающие в микроконтроллер. Туда же идут и сигналы датчиков. Здесь они обрабатываются и передаются в электронные блоки управления двигателя и трансмиссии, где на их основе формируются управляющие сигналы, которые через микроконтроллер тоже передаются на соответствующие исполнительные механизмы.

В системе управления для регистрации положения рейки рулевого механизма применен датчик серии PC, для измерения положения дроссельной заслонки – резистор потенциометрического типа, усилия нажатия на педаль тормоза – датчик типа "концевик", частоты вращения коленчатого вала двигателя – магнитоиндукционный датчик положения коленчатого вала, регистрации положения селектора – линейный бесконтактный датчик с постоянным магнитами PLCD и для измерения положения селектора автоматической трансмиссии – датчик MLPS.

В качестве регистрирующих устройств использована видеокамера (×5), лидар SLR 1, радар ARS300, спутниковая система охраны и мониторинга "Сигнал S-2117".

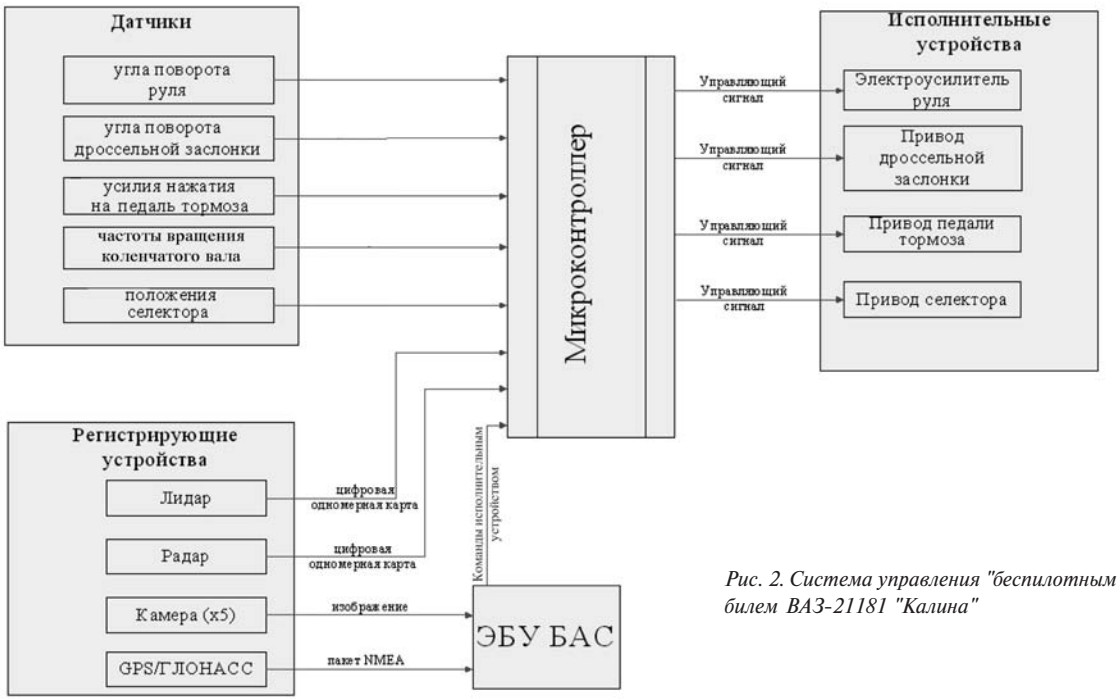


Рис. 2. Система управления "беспилотным" автомобилем ВАЗ-21181 "Калина"

Для макетного образца БАС разработаны следующие базовые элементы приводов: рулевого управления, управления селектором автоматической коробки передач, дроссельной заслонкой, тормозной системой и системами световой и звуковой сигнализации.

Исполнительными устройствами являются: электроусилитель руля автомобиля ВАЗ-11181, линейный электромеханический привод САНВ-10-А2А-050/158-2 дроссельной заслонки, привод САНВ-10-А2А-050/158-1 педали тормоза, привод САНВ-10-А2А-050/158-1 селектора автоматической коробки передач.

Для ускорения разработки системы управления "беспилотного" автотранспортного средства (СУ БАС), экономии финансовых ресурсов при изучении физических, математических процессов и для обоснования оптимальных технических решений были разработаны математические модели анализа различных режимов движения "беспилотных" АТС. Среди них: получение и обработка данных с датчиков; объединение и согласование полученных данных; обработка изображений; определение препятствий, а также характеристик дорожного полотна; позиционирование автомобиля и определение текущего состояния системы; построение цифровой карты; принятие решений; управление исполнительными устройствами и запись данных для последующего анализа.

В результате были оптимизированы управляющие воздействия и характеристики элементов и системы управления в целом в каждой из перечисленных математических моделей. Полученные таким образом данные использовались в качестве основы для дальнейших исследований и разработок СУ БАС. Так, решение задачи распознавания объектов в полной мере и отображения их на цифровой карте с учетом всех параметров позволило построить полную цифровую карту окружающего автомобиль пространства.

Для каждой из подсистем автоматической СУ БАС разработана схема с входящими с нее элементами, даны их описания и назначения, а также описания входных и выходных данных, зависимость управляемой величины от значения управляющего сигнала. Каждая подсистема имеет собственный объект управления (составные части систем автомобиля) и исполнительный механизм (приводы).

При разработке программного обеспечения использованы стандартные программные пакеты Mictosoft Visual Studio. В процессе создания программного кода для алгоритмов распознавания знаков и дорожной разметки применялась библиотека компьютерного зрения: для каждого алгоритма создана схема реализации, в которую входят последовательность действий и выполняемые функции (параметры, выполняемые задачи и результаты).

На испытательной базе ФГУП "НАМИ" проведен комплекс экспериментальных исследований макетного образца "беспилотного" автомобиля ВАЗ-11181, оснащенного базовой системой управления. Этот комплекс включал лабораторные и стендовые испытания исполнительных устройств и лабораторно-дорожные испытания работоспособности созданных алгоритмов. Результаты испытаний были сопоставлены с результатами математического моделирования, что позволило скорректировать математические модели.

Установлено, что действующий макетный образец БАС способен ездить без водителя по дорогам при имитации основных городских условий движения, в том числе дорожных разметки и знаков. То есть опыт разработки и испытаний макетного образца подтвердил возможность создания семейства БАС различного назначения. Более того, он показал: базовые технические решения, принятые специалистами НАМИ при создании "беспилотных" автомобилей, могут быть адаптированы и внедрены на серийных АТС. Кроме того, расчеты показывают: преимущества "беспилотных" АТС перед обычными сводятся не только к перечисленным выше (повышение безопасности движения, снижение числа ДТП, травм и смертей и т.д.), но и к возможности создания транспортных средств с принципиально новыми техническими характеристиками и, в первую очередь, АТС с существенно большей производительностью. "Беспилотные" грузовые, пассажирские, сельскохозяйственные транспортные средства и другие машины, изготовленные даже на базе существующих шасси, но без кабины водителя, могут иметь (рис. 3, 4) грузовые платформы с объемом перевозимого груза, в 1,5–2 раза превышающим объемы современных серийных грузовых платформ. Они могут эксплуатироваться круглосуточно, включая выходные и праздничные дни. В результате, объемы транспортных и иных работ, выполняемых "беспилотными" машинами, увеличатся в 2 раза и более.

Однако опыт НАМИ показал, что создание перспективных "беспилотных" транспортных средств требует разработки перспективного типажа БАС; проведения соответствующих НИР и ОКР по системам электронного управления, приводам, базовых узлам и агрегатам, создания перспективных образцов БАС в составе унифицированных семейств с реализацией в их конструкции существующего научно-технического задела; разработки на базе перспективных образцов подсистем и в первую очередь – подсистем управления, предназначенных для внедрения на серийно выпускаемых машинах с целью облегчения условий труда водителей и операторов, снижения их утомляемости, повышения производительности труда и снижения дорожно-транспортных происшествий; организации системы технического и авторского надзора производителей БАС в течение всего его жизненного цикла; создания научно-технического задела для обеспечения паритета отечественного и зарубежного БАС в долгосрочной перспективе; сохранения и наращивания научно-технической и технологической базы производства БАС; создания инфраструктуры для обеспечения их эксплуатации; совершенствования существующей и разработки новой нормативно-правовой документации по эксплуатации БАС.

Страницы истории

1923 ã. Èíñòèòóò ïðèñòóïèë ê èçäàíèþ ñïåöèàëüíîãî ïå÷àòíîãî îðãàíà "Áþëëåòåíü íàóч-íî-àâòîìîòîðíîãî èíñòèòóòà", îâåòñòâåííûì ðåäàêòîðîì êîòîðîãî áûë Å.À. ×óäàêîâ.

БЮЛЛЕТЕНЬ
НАУЧНО-АВТОМОТОРНОГО
ИНСТИТУТА.

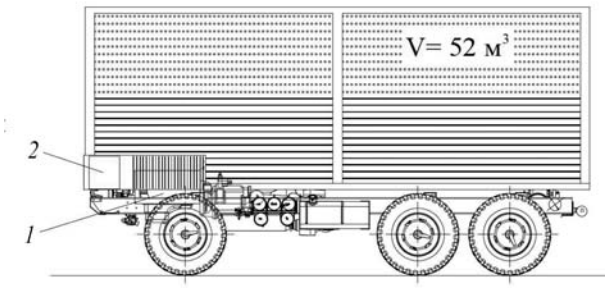


Рис. 3. Конструктивное исполнение "беспилотного" грузового автомобиля сельскохозяйственного назначения:

1 – двигатель; *2* – блок управления

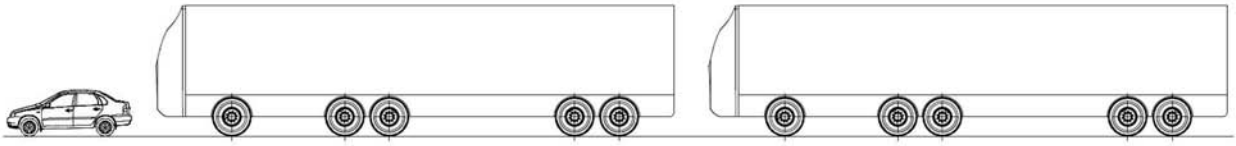


Рис. 4. Движение "беспилотных" грузовых автомобилей в составе колонны

УДК 629.434-622

ÐÀÁÎ ÒÛ ÃÍ ÖÐÔ ÔÃÓÏ "Í ÀÌ È" Â Î ÁËÀÑÒÈ ÂÎ ÄÎ ÐÎ ÄÍ Î É ÝÍ ÅÐÃÅÒÈÊÈ Í À ÒÐÀÍ ÑÏ Î ÐÒÅ

Äî êòî ðà òåõí . í àóê **Â.Ô. ÊÀÌ ÅÍ ÅÂ** è **Â.Ì . ÔÎ Ì ÈÍ**
ÔÃÓÏ "Í ÀÌ È" (495. 456-40-01)

Рассмотрены основные проблемы развития водородной энергетики и пути их решения на примере работ, проводимых в ФГУП "НАМИ".

Êëþ÷åâûå ñëî âà: *водородная энергетика, двигатель внутреннего сгорания, гибридное транспортное средство, комбинированная энергоустановка, водородный синтез-газ, термохимический конвертер.*

Kamenev V.F., Fomin V.M.

WORKS RF FGUP "NAMI" IN THE FIELD OF HYDROGEN ENERGY IN TRANSPORT

The main problems of development of hydrogen power on transport and a way of their decision, on the example of works carried out to Federal State Unitary Enterprise NAMI are considered.

Keywords: *hydrogen power, internal combustion engine, the hybrid vehicle, the combined power installation, hydrogen synthesis gas, the thermochemical converter.*

Мировая концепция водородной энергетики зародилась в середине 1970-х гг. как естественная реакция научного сообщества на надвигающуюся экологическую катастрофу, связанную с ограниченностью мировых запасов углеводородных топлив (прежде всего нефти и газа). Но в настоящее время на первый план выдвигается вторая угроза – стремительно нарастающий всепланетный кризис. Поэтому сейчас использование водорода, как единственного экологически чистого энергоносителя, рассматривается в большинстве международных проектов как фактор снижения экологического давления на окружающую среду.

Действительно, при сжигании водород не дает никаких вредных выбросов, в том числе не образует углекислого газа (CO_2). Очевидно, что при его использовании в качестве энергоносителя в принципе автоматически решается как планетарная проблема парникового эффекта, так и региональные экологические проблемы. Тем более что в 1980-х гг. концепция водородной энергетики была полностью разработана, осуществлен ее наукометрический анализ и создана ее структура, которая, если ее рассматривать крупным планом, включает четыре элемента: производство водорода с использованием невозобновляемых (уголь, атомная энергия, термоядерная энергия) и возобновляемых (солнце, ветер, энергия морских приливов, биомасса и т.д.) источников энергии; его транспортирование и хранение; использование в промышленности, на транспорте (наземном, воздушном, водном и подводном) и в быту; проблемы надежности материалов и безопасности водородных энергетических систем. При этом нельзя не отметить, что в области концептуальных разработок российская наука находится на вполне приемлемом уровне: в стране имеется большой научный и технический потенциал в области водородных технологий. Однако в реальной сфере практической реализации этого потенциала в автомобилестроении мы заметно отстаем. И это отставание нужно устранять.

Наиболее целесообразный способ решения этой задачи – поэтапный. И первый из этапов должен быть, по мнению авторов статьи, посвящен разработке автомобильных ДВС, которые полностью или частично (с добавкой к основному топливу) работают на водородном топливе, хранящемся на борту АТС в сжатом или жидком состоянии. Это позволяет быстро наладить серийное производство таких АТС, значительно (до 45 %) снизить выбросы вредных веществ с отработавшими газами их ДВС; повысить на 15...20 % топливную экономичность оснащенных ими АТС.

Однако при реализации этого этапа необходимо решить следующие задачи: разработать наиболее эффективные способы преобразования химической энергии водорода в энергию движения АТС, безопасные и эффективные способы хранения водорода на его борту, обеспечить получение водорода в необходимых количествах и создать инфраструктуру заправки АТС, поскольку ее отсутствие делает нереальным широкомасштабное использование водорода на автотранспорте в России на ближайший период.

В связи с перечисленным предпочтительной на данный период представляется идея разработки водородных энергетических установок на базе отечественных серийных двигателей и синтеза водородного топлива непосредственно на борту АТС из сырья с большим компонентным содержанием водорода (например, метанола или метана). Тем более что опытные варианты таких двигателей реально существуют (успешно прошли стадию стендовых и дорожных испытаний на автомобиле). Практическая реализация данной идеи, как показывает опыт, не требует переналадки существующих технологий и не связана с серьезными техническими и финансовыми затратами: к любой серийной модели ДВС остается добавить лишь реактор – простейшая конструкция теплообменного аппарата, массогабаритные характеристики которого (в объеме обычного глушителя) обеспечивают удобство его установки в выпускной системе двигателя. При этом для организации конверсионного процесса используется "бесплатная" тепловая энергия отработавших газов двигателя.

Важным стимулом развития этого способа функционирования энергетической установки является и то, что он обладает возможностями совокупного ее совершенствования по многим показателям. В частности, позволяет утилизировать тепловую энергию отработавших газов, улучшить процессы сгорания и экологические качества установки, вместо традиционного нефтяного топлива использовать топлива, получаемые из возобновляемых, в том числе биологических, источников.

К среднесрочным перспективам (второй этап) можно отнести создание АТС с комбинированными (гибридными) энергоустановками на базе ДВС, который работает на водородном топливе, синтезируемом на борту транспортного средства. В этом варианте, т.е. при совместном использовании на АТС системы синтеза водородсодержащего топлива и КСУ с буферным накопителем энергии, обеспечиваются благоприятные (стабильные) условия для организации максимально эффективной работы реактора, которая в меньшей степени зависит от характера изменения режима движения АТС. Потому что здесь легко реализовать квазистационарный режим работы ДВС, при котором его мощность плавно изменяется в узком диапазоне ее значений. При этом характеристики системы синтеза водорода и буферного накопителя энергии могут быть рационально скоординированы (совмещены) по программе штатного электронного блока управления с учетом текущих энергетических потребностей АТС. Благодаря этому количество выбросов токсичных компонентов ДВС может быть уменьшено на ~60 %, а расход топлива – на 40...45 %.

К дальнесрочным проектам (третий этап) относится разработка АТС с энергоустановками на базе топливных элементов. Но для реального внедрения таких систем необходим относительно дешевый, надежный водородный топливный элемент, который, по-видимому, может быть создан в России не ранее чем через 10...15 лет.

Анализируя современное состояние российской научной школы, как видим, есть все основания утверждать: возможность уже сегодня приступить к практическому внедрению водородных технологий на транспорте у нас есть. И во многом – благодаря работам, начатым еще в 1970-е гг.: за прошедшее с тех пор время НАМИ совместно с Академией наук выполнил фундаментальные

Страницы истории

1927 ã. Ê.À. Øàðàï î âû ì ï î ä ðóêî âî äñòâî ì Í .Ð. Áðèëèí ãà ðàçðàáî òàí è ñî çäàí ï åðâû é ëåãêî âî é ñî âåòñêèé àâòî ì î áèëü Í À Ì È-1.

исследования рабочего процесса ДВС при его работе на чистом водороде и его смесях с бензином и метанолом; испытал системы хранения водорода на борту АТС в баллонах высокого давления и в металлогидридных аккумуляторах; начал работы, связанные с получением водородного топлива путем термохимической конверсии метилового спирта в термокаталитических реакторах, расположенных в системах выпуска ДВС; создал безопасные системы его питания как чистым водородом, так и с его присадкой к штатным моторным топливам.

Руководил всеми этими проектами Е.В. Шатров. Специалисты его группы, в частности, доказали: перевод бензинового двигателя на двухкомпонентное топливо (бензин + водород) не только повышает его топливную экономичность, но и существенно снижает количество вредных примесей в его отработавших газах (рис. 1). В частности, двухкомпонентное топливо практически полностью решает проблему выбросов монооксида углеводорода и несгоревших углеводородов в отработавших газах ДВС. Выброс оксидов азота вследствие интенсификации процесса сгорания при обеднении (до α = 1,5) состава топливно-воздушной смеси (следовательно, снижения максимальной температуры сгорания) уменьшается до 70 %. То есть топливная смесь устраняет основные недостатки двигателя с искровым зажиганием – его низкую топливную экономичность и высокую токсичность отработавших газов на частичных нагрузках, характерных для большинства режимов городского движения АТС и обусловленных количественным регулированием мощности, что, в свою очередь, связано с узкими концентрационными пределами распространения пламени в гомогенных бензовоздушных смесях.

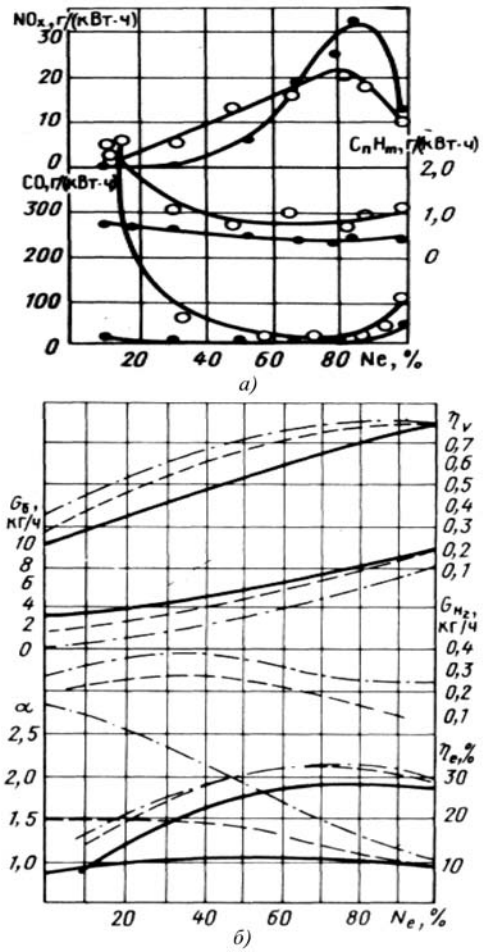


Рис. 1. Токсилогические (а) и энергетические (б) характеристики ДВС, работающего на бензине и его смеси с водородом

При использовании бензоводородных композиций в любых комбинациях эффективный КПД двигателя, особенно в области частичных нагрузок, тоже значительно повышается. Причем чем больше доля водорода в смеси, тем существеннее это повышение. Причины: интенсификация процесса сгорания и улучшение термодинамических свойств рабочего тела, возможность качественного регулирования топливовоздушной смеси в очень широких (вплоть до α = 2 и более) пределах. На основе этих исследований уже созданы различные варианты опытных образцов автомобилей, работающих на водородном и бензоводродном топливах. Один из примеров тому – "водородные" автобусы РАФ, предназначавшиеся для обслуживания московской Олимпиады 1980 г. Их эксплуатация показала, что достигаемое на водороде большое обеднение смеси не вызывало сколько-нибудь серьезных проблем с устойчивостью работы двигателя, т.е. не увеличивало цикловую нестабильность рабочего процесса в нем. Кроме того, было доказано, что использование водорода в качестве топлива имеет, по сравнению с работой на углеводородном топливе, ряд преимуществ как в плане экологической чистоты отработавших газов, так и экономичности. Например, при нагрузках менее 65 % в области переобедненных составов топливовоздушной смеси (α = 1,7...2,0) выброс оксидов азота снижался на 80...90 %, при работе по внешней скоростной характеристике прирост эффективного КПД составлял 10...13 %, а при работе на режимах частичных нагрузок – 30 %.

Вместе с тем опыт эксплуатации автобусов РАФ свидетельствует, что ряд физико-химических свойств водорода, определяющих его моторные качества, ставит серьезные проблемы. Это уменьшение эффективной мощности ДВС из-за крайне низкой плотности водорода, вероятность обратных вспышек на режимах нагрузок, близких к максимальным; взрывоопасность в случае утечек; хрупкость металла водородных емкостей и деталей ДВС вследствие диффузий водорода в его поверхность.

Решение этих проблем, т.е. создание мобильного, экономически оправданного в производстве, безопасного и надежного в эксплуатации водородного двигателя, требует больших затрат времени, труда и денежных средств. Поэтому в НАМИ получили развитие проекты двигателей, работающих на синтез-газе, т.е. смесях водорода (до 65 %) с моноксидом углерода (до 35 %), получаемых непосредственно на борту АТС путем каталитического разложения метанола за счет теплоты, отводимой с охлаждающей жидкостью и отработавшими газами.

Так, в начале 1990-х гг. работы по водородной тематике были переданы в отдел двигателей, работающих на альтернативных топливах, специалисты которого занимались именно синтез-газом, как моторным топливом. Для этой цели была разработана специальная энергетическая установка, принцип действия которой иллюстрирует рис. 2. Выполненные на ней предварительные исследования показали, что наиболее приемлемым и эффективным энергоносителем для исследований по данному направлению, как и предполагалось, является метанол. Поэтому в дальнейшем водород получали именно из него по способу, сущность которого заключается в том, что процесс химического преобразования метанола сопровождается поглощением теплоты, отбираемой от отработавших газов двигателя термохимическим реактором, выполняющим функции утилизационного устройства.

В этом реакторе химическая энергия конвертированного топлива в результате эндотермического его преобразования возрастает на величину, равную количеству утилизированной теплоты отработавших газов. Затем эта теплота с конвертированным топливом вводится в двигатель, т.е. повторно участвует в организации рабочего цикла.

Этот способ утилизации тепловой энергии назвали термохимической регенерацией теплоты отработавших газов. И она вполне возможна, если выполняются два условия. Во-первых, если исходный углеводородный продукт, используемый для конверсии, способен под воздействием теплоты (при наличии соответствующей каталитической среды) вступать в реакции конверсии, протекающие с ярко выраженным эндотермическим эффектом. Во-вторых, если температурные и энергетические возможности отработавших газов двигателя соответствуют необходимому температурно-энергетическому уровню процесса термической деструкции

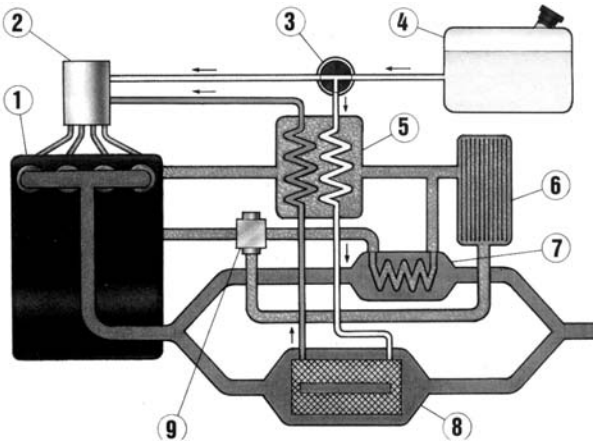


Рис. 2. Функциональная схема опытной энергетической установки преобразователя первичного углеводородного топлива:

1 – двигатель; *2* – карбюратор-смеситель; *3* – переключатель рода топлива; *4* – топливный бак; *5* – теплообменник для испарения метанола и охлаждения синтез-газа; *6* – радиатор двигателя; *7* – пусковой подогреватель; *8* – реактор конверсии метанола в синтез-газ; *9* – термостат

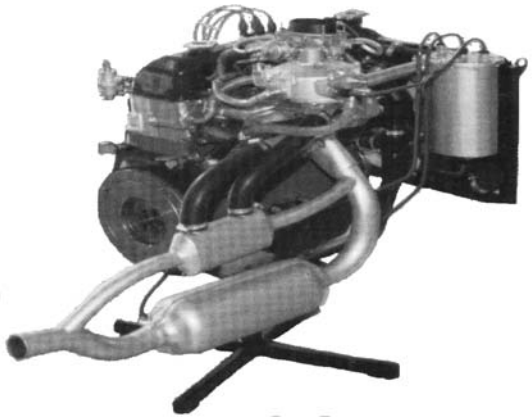


Рис. 3. Опытный образец водородного двигателя на базе серийного ВАЗ-2106

(энергии диссоциации) данного продукта. И таких продуктов, в принципе, много. Это не только метанол, но и другие химические соединения, рабочая температура диссоциации которых (в соответствующей каталитической среде) соответствует среднему температурному уровню отработавших газов двигателя. В их числе спирты (метиловый, этиловый и др.), простейшие эфиры (диметиловый, диэтиловый) и т.п. Однако следует иметь в виду, что преобразование энергии топлива в работу осуществляется в ДВС не напрямую, а в два этапа: сначала она преобразуется в теплоту, а затем эта теплота реализуется в работу, которая используется потребителем. При таких преобразованиях энергии, конечно, неизбежны ее потери, снижающие эффективные показатели работы двигателя. Но в нашем случае они меньше, чем при работе на бензине, поскольку часть энергии, уходящей с отработавшими газами, используется.

Рассмотренный способ может быть применен на любой теплосиловой установке. Правда, эффективность термохимической регенерации не будет одной и той же – она зависит от типа теплового двигателя, способа и условий организации в нем рабочего процесса, а также от вида исходного топлива (величины эндотермического эффекта реакции его конверсии).

На основе рассмотренного способа специалисты НАМИ создали несколько вариантов систем бортового получения водородного топлива.

Первой из них была система, схема которой приведена на рис. 2. Она прельщала, в том числе и тем, что термохимический конвертер можно было встраивать в систему выпуска двигателя. В качестве первичного энергоносителя был взят, как и при первых исследованиях, метанол, конвертируемый путем сухой конверсии в каталитическом реакторе, расположенном в системе выпуска двигателя ВАЗ-2106 (рис. 3).

Испытания показали, что такой вариант получения водородного топлива вполне обеспечивает работу ДВС при температуре в рабочей полости выше 573 К (300 °С). Он дает 65 % водорода и 35 % оксида углерода с чистотой до 99 %. То есть смесь, которая по моторным свойствам в отношении токсичности практически идентична чистому водороду. Важно и то, что система не требует значительных переделок топливного бака, топливного аппарата и системы управления топливоподачей.

Разработанный в НАМИ двигатель был показан на выставке в Нью-Йорке и на Женевском автомобильном салоне, где получил высокие награды. И награды заслуженные: испытания на моторном стенде и в составе автомобиля доказали: ДВС, работающий на водородном синтез-газе, имеет практически нулевой выброс оксида углерода и несгоревших углеводородов. Кроме того, двигатель при его работе по городскому циклу, где доля рабочих режимов с частичной нагрузкой весьма велика, имеет до 80 % сниженный, по сравнению с работой на бензине, выброс оксида азота, а также утилизирует 20 % необратимых тепловых потерь с отработавшими газами.

Однако испытания выявили и ряд недостатков, препятствовавших промышленному производству данного варианта ДВС. Например, при нагрузках, превышающих 70...80 % номинальную (разгон автомобиля) производительность каталитического реактора из-за недостатка теплоты, отдаваемой ему отработавшими газами, оказалась недостаточной для организации конверсионного процесса. На этих же режимах сохранялась и возможность обратных вспышек. Кроме того, отмечалось ухудшение пусковых качеств двигателя при низких температурах. Оставалась нерешенной также проблема пожаробезопасности при использовании газовой аппаратуры питания. Поэтому были разработаны новые варианты схем, которые предусматривали непосредственный впрыск синтезированного водородного газа в цилиндры двигателя. Одновременно решались и такие задачи, которые обеспечивали высокую устойчивость к разрушениям материала деталей, поверхности которых контактируют с продуктами конверсии метанола, т.е. смесью метанола и воды, при высоких давлениях (до 3 МПа, или 30 кгс/см^2) и температурах (до 773 К, или 500 °С); необходимую надежность работы клапанов, дросселя регулирования и распределителя подачи водородного газа по цилиндрам двигателя; минимально возможную тепловую инерционность испарителя и перегревателя паров метанола, а также каталитического реактора; минимально возможный объем накопителя (аккумулятора) синтезированного водородного газа при условии обеспечения требуемых экологических характеристик двигателя как при испытаниях по ездовым циклам, так и для конкретных условий эксплуатации; минимально возможные габаритные размеры узлов и агрегатов системы, обеспечивающие возможность их установки в моторном отсеке ав-

Страницы истории

1927 ã. Ñîçäàí ìàëûé òàíê Ì Ñ1 ñ äâèãàòåëåì, ðàçðàáîòàííûì â ÍÀÌÈ À.À. Ìèõóëèíûì.

Рис. 4. Гибридный грузовой электромобиль с КЭУ на водородных топливных элементах и коллектив разработчиков, 2-й справа во втором ряду руководитель проекта В.Ф. Каменев

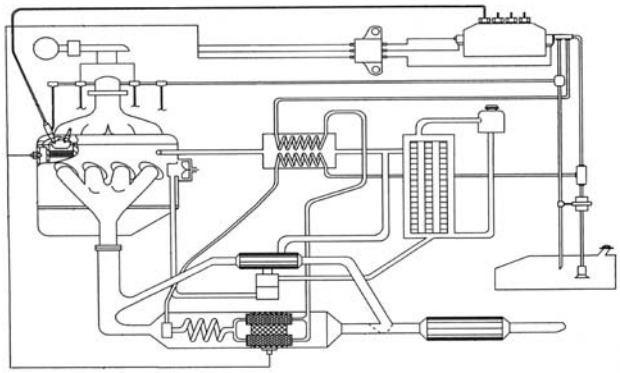


Рис. 6. Принципиальная схема системы получения водорода на борту электромобиля с помощью термохимической диссоциации метанола, предназначенной для питания топливных элементов типа "водород – воздух"

томобиля. В итоге на базе серийного двигателя ЗМЗ-406 был создан двигатель с непосредственным впрыском жидкого метанола и синтез-газа в цилиндры.

Электронная система управления этого двигателя снабжена оптимальными для конкретных условий эксплуатации программами дозирования цикловой подачи метанола и водородного синтез-газа и оптимальным перераспределением величин их цикловых подач в зависимости от нагрузки и скоростного режима двигателя. Система питания предусматривает регулирование содержания моно- и диоксида углерода в составе синтезированного газа на выходе из реактора, что исключает взрывное горение водорода и связанные с этим вибрации двигателя, уменьшает водородную хрупкость металлов. Для этого на входе в реактор в метанол добавлялась вода, количество которой определяло содержание в синтезированном водородном газе диоксида углерода, препятствующего появлению обратных вспышек. Кроме того, система непосредственного впрыска водородного топлива позволила обеспечить качественное регулирование топливовоздушной смеси при работе на режимах частичных нагрузок и снизить пожароопасность автомобиля.

В настоящее время работы по совершенствованию микропроцессорного управления подачей метанола и водородного синтез-газа и конструкции реактора конверсии метанола продолжаются. Но и уже сделанного вполне достаточно для создания работоспособных транспортных средств с комбинированными энергетическими установками. Использование электропривода и буферных накопителей энергии при эксплуатации таких АТС обеспечивает высокие их экологические качества и предотвращает загрязнение окружающей среды вредными выбросами. При этом в условиях городской эксплуатации достигается экономия топлива нефтяного происхождения до 30...40 %, а при переходе на альтернативные топлива нефтяного происхождения из возобновляемых ресурсов обусловливается возможность сбережения этого уникального углеводородного сырья.

Рис. 5. Автомобиль ВАЗ-2111 с системой питания двигателя водородэтанольными смесями

В рамках данного направления в НАМИ была разработана концепция автомобиля с комбинированной энергоустановкой на основе электрохимического генератора на водородных топливных элементах (ЭХГ) и создан его образец-прототип (рис. 4).

Однако наряду с перспективными разработками в НАМИ проводятся и актуальные на сегодняшний день работы по переводу АТС на альтернативные топлива. В частности, реализуется проект создания автомобилей, работающих на спиртоводородных топливных композициях. Например, создан и в настоящее время находится в стадии доводочных испытаний автомобиль ВАЗ-2111 (рис. 5) с системой питания двигателя смесями этанола с водородом.

Этот автомобиль оснащен специально подготовленным двигателем с системой распределенного впрыска бензиноэтанольных смесей и с подачей на такт впуска водорода в полость открытых впускных клапанов через форсунки низкого давления. Алгоритм функционирования энергоустановки предусматривает подачу топлива в двигатель на режимах городского цикла в соотношении водорода к этанолу до 90 %. На режимах пуска двигателя, загородного магистрального движения и при интенсивных разгонах автомобиля содержание водорода в топливной смеси снижается до 10...15 %. Управление системой топливоподачи и зажигания двигателя осуществляется микропроцессорным блоком. Водород аккумулируется в композитном баллоне при давлении 70 МПа (700 кгс/см^2). Автомобиль имеет защиту от разрушения пластиковых и резинотехнических компонентов системы топливоподачи и от коррозионного разрушения металлов. Предусмотрена система обеспечения водородной взрыво- и пожаробезопасности.

Лабораторно-дорожные испытания опытного образца подтвердили работоспособность всех его систем. По экологическим параметрам он выполняет требования "Евро-5" без использования дорогостоящей бифункциональной системы нейтрализации отработавших газов двигателя.

Отдельным и, на взгляд авторов, наиболее перспективным направлением работ по транспортной водородной энергетике, проводимых в во ФГУП "НАМИ", является разработка бортовых систем получения сверхчистого водорода для питания энергоустановок с топливными элементами "водород – воздух" (рис. 6). Это позволит отказаться от баллонной системы хранения водорода на борту автомобиля и создания сложной инфраструктуры его получения, транспортирования, хранения и заправки.

Реализация такой системы на автомобиле обусловливает возможность решения большинства современных проблем транспортной водородной энергетики, а именно, отсутствие инфраструктуры заправочных станций, высокой стоимости промышленного получения и транспортировки водорода, взрыво- и пожаробезопасности и др.

УДК 629.1-43

ÄÈÍ ÀÌ È×ÅÑÊÈÅ È ÖÎ Ï ËÈÂÍ Î -ÝÊÎ Í Î Ì È×ÅÑÊÈÅ Ï Î ÊÀÇÀÒÅËÈ Ì ÀÃÈÑÒÐÀËÜÍ Î ÃÎ ÀÂÒÎ Ï Î ÅÇÄÀ Ñ Ï Î ËÍ Î Ï ÐÈÂÎ ÄÍ Ûì ÒßÃÀ×Î Ì ,Î ÑÍ ÀÙ ÅÍ Í Ûì ÊÎ Ì ÁÈÍ ÈÐÎ ÂÀÍ Í Î É ÝÍ ÅÐÃÎ ÓÑÒÀÍ Î ÂÊÎ É

Äî êòî ðà òåõí . í àóê **Ã.Ñ. ÊÎ ÐÍ ÈËÎ Â** è **À.Â. ÊÎ ÇËÎ Â,**
êàí äèäàòû òåõí . í àóê **À.Ñ. ÒÅÐÅÍ × ÅÍ ÊÎ** è **Ñ.Í . ÊÎ ÐÊÈÍ**
ÔÃÓÏ "Í ÀÌ È" (495. 456-30-81)

Приведены результаты сравнительных расчетных исследований динамики движения и топливной экономичности магистральных автопоездов полной массой 46 т с двумя тягачами – заднеприводным с традиционной дизельной силовой установкой и полноприводным с комбинированной энергетической установкой.

Êëþ÷åâûå ñëî âà: *автопоезд, комбинированная энергетическая установка, динамика, топливная экономичность, полный привод.*

Kornilov G.S., Koslov A.V., Terenchenko A.S., Korkin S.N.

DINAMIC FND FUEL ECONOMY OF OLLWHEEL DRIVE TRACTOR-TRAILER COMBINATION WITH HYBRID ELECTRIC POWER UNIT

Results of comparative computer simulation of vehicle dynamic and fuel economy of the tractor-trailer combination with gross weight 46 t with tow option tractors: real-wheel and all-wheel drive with hybrid electric power unit are given.

Keywords: *tractor-trailer combination, hybrid electric power unit, dynamics, fuel economy, all-wheel drive.*

Применение комбинированых энергоустановок (КЭУ) на полноприводных тягачах позволяет преодолеть такие отрицательные особенности автомобильных междугородных перевозок в Российской Федерации, как значительная протяженность дорог, их сложный профиль с большим числом подъемов и спусков, сложность движения в зимний период из-за оледенения дорожного полотна. В том числе увеличить среднюю скорость перевозки грузов и проходимость автопоезда, особенно в условиях гололеда. И это легко доказать, если сравнить динамические и топливно-экономические показатели магистральных автопоездов полной массой 46 т, в состав одного из которых входит заднеприводный дизельный тягач 6×4, а второго – полноприводный тягач 6×6 с КЭУ.

В качестве первичной энергетической установки у тягачей обоих вариантов был использован дизель мощностью 283 кВт (385 л.с.) с турбонаддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха, многопараметровая характеристика которого по расходу топлива в координатах: "крутящий момент M_e – частота n_e вращения коленчатого вала" приведена на рис. 1.

Привод же передних колес тягача 6×6 осуществляли с помощью двух обратимых электрических машин, внешнюю характеристику которых иллюстрирует рис. 2 (сплошными линиями обозначена долговременная работа машин, а кратковременная, в течение 1 мин, – штриховыми). Кроме того, между сцеплением и входным валом коробки передач этого тягача также была установлена обратимая электрическая машина. В качестве накопителя энергии для КЭУ использовали АКБ емкостью 65 кВ·ч. В ходе исследований с помощью программного обеспечения ALV-cruise были построены имитационные модели обоих автопоездов. Для моделирования тягово-динамических и топливно-экономических показателей автопоездов использовалась характеристика профиля участка трассы "Набережные Челны – Челябинск" протяженностью (L) 100 км.

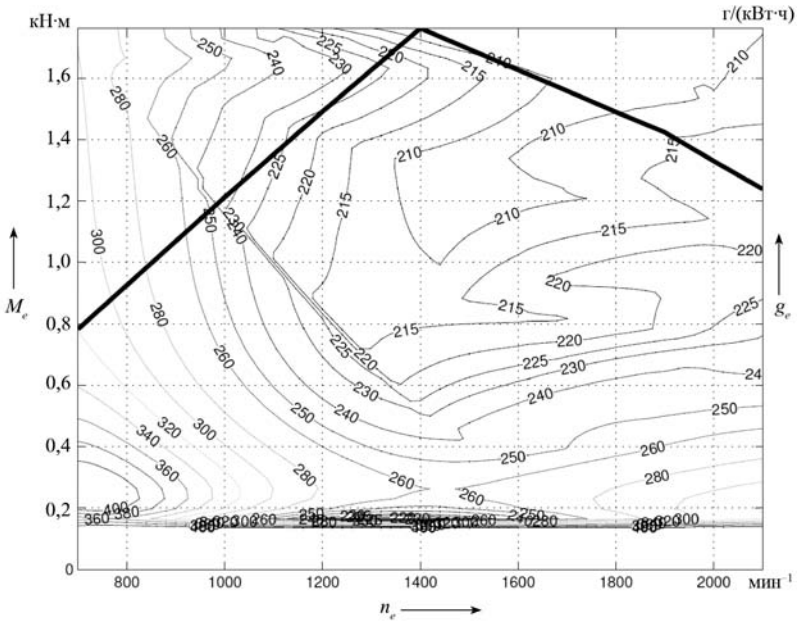


Рис. 1. Многопараметровая характеристика дизеля по удельному эффективному расходу топлива

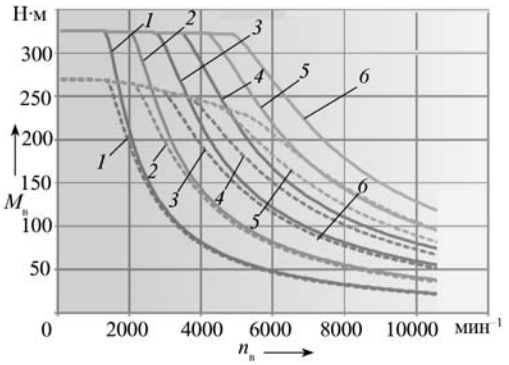
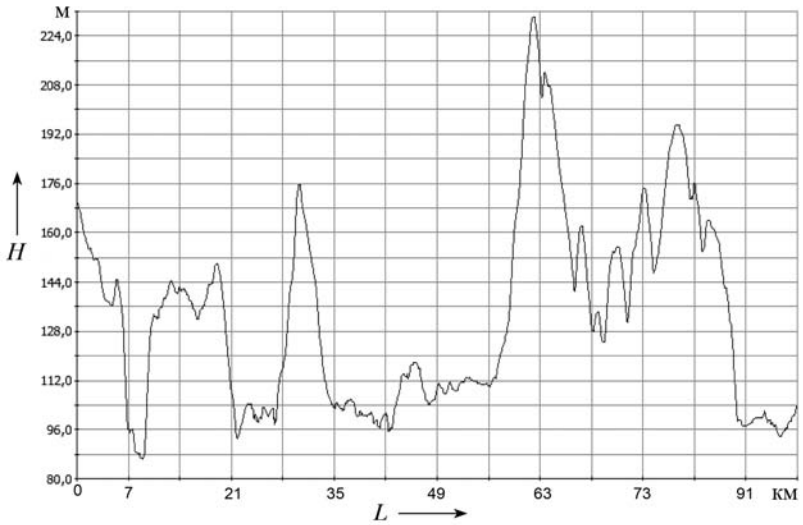


Рис. 2. Зависимость крутящего момента на валу обратимой электрической машины от частоты вращения этого вала и напряжения питания:

1 – U = 200 В; *2* – U = 300 В; *3* – U = 400 В; *4* – U = 500 В; *5* – U = 600 В; *6* – U = 700 В

Рис. 3. Высота расчетного участка дороги над уровнем моря



Ее высота H над уровнем моря приведена на рис. 3, а рассчитанные значения уклона h дороги – на рис. 4. Расчетные исследования движения обоих автопоездов по трассе проводили при ограничении скорости их движения 110 км/ч.

В результате расчетных исследований для автопоездов с тягачами 6×4 и 6×6 были определены их ускорения a, скорости v_a и путь L (рис. 5 и 6). В частности, было установлено, что средняя скорость v_a автопоезда с тягачом 6×4 составляла 89,4 км/ч, а с тягачом 6×6 – 98,2 км/ч, а минимальные их скорости на подъемах были равны соответственно 37,9 и 49,6 км/ч.

Динамику разгона каждого автопоезда до максимальной скорости исследовали при полной загрузке и на горизонтальном участке дороги. Результаты расчета – на рис. 7 и 8. Первый из них свидетельствует о том, что максимальная скорость автопоезда с тягачом 6×4 составила 105,8 км/ч, а второй о том, что данная скорость автопоезда 6×6 оказалась равной 112,8 км/ч. Время же t разгона до этих скоростей равно 245 и 110 с (4,08 и 1,8 мин) соответственно.

Было исследовано и влияние КЭУ на изменение топливной

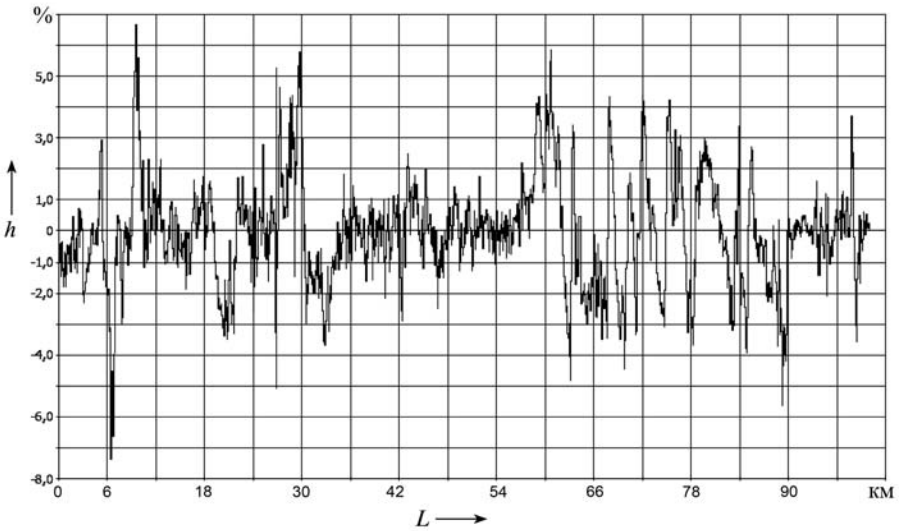


Рис. 4. Уклоны (спуски и подъемы) на расчетном участке дороги

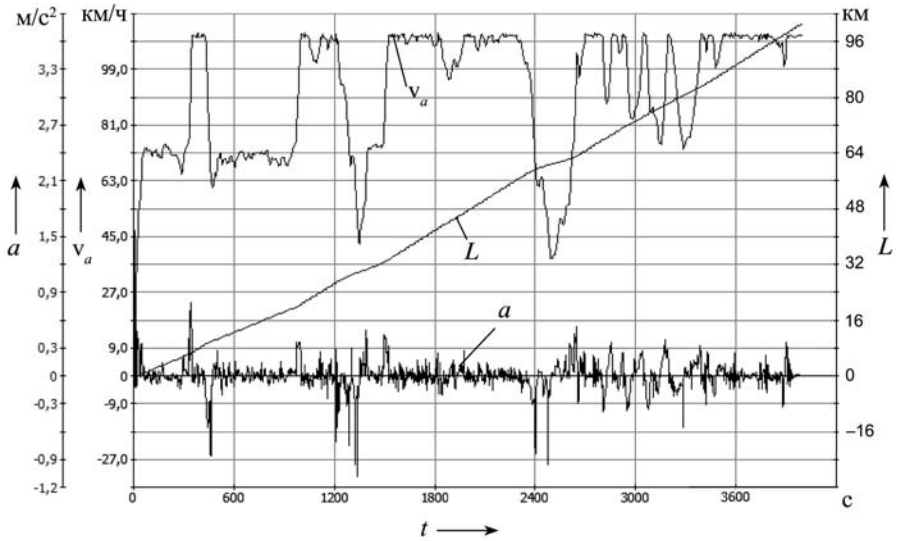


Рис. 5. Результаты расчета параметров движения автопоезда 6×4 на расчетном участке дороги

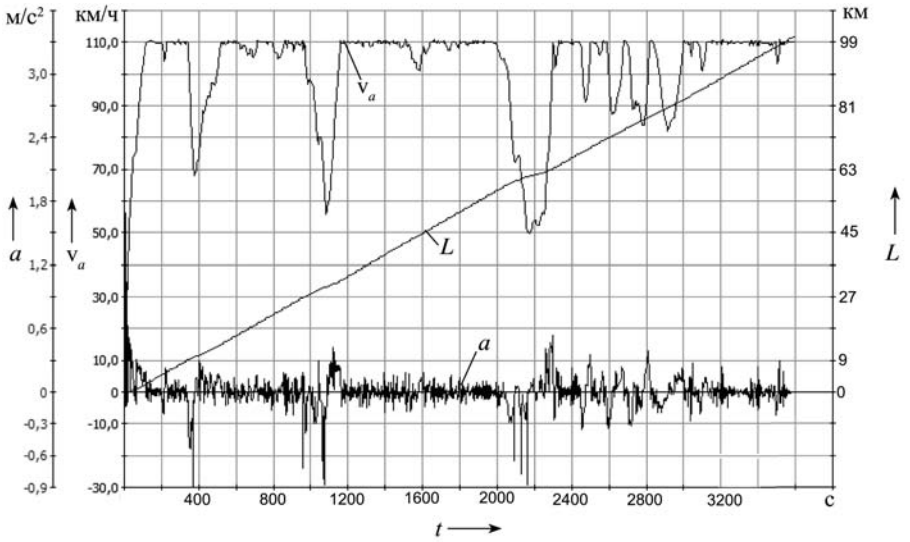


Рис. 6. Результаты расчета параметров движения автопоезда 6×6 с КЭУ на расчетном участке дороги

экономичности автопоезда. Расчет выполнялся для автопоездов обоих вариантов в предположении, что они перемещаются по рассмотренной выше трассе со скоростью, представленной на рис. 5, т.е. как у автопоезда с тягачом 6×4. При этом средний расход топлива по выбранной трассе у заднеприводного тягача составил 50,3 л/100 км, а у полноприводного с КЭУ – 42,5 л/100 км.

Результаты проведенных расчетных исследований позволяют сопоставить показания автопоездов с тягачами различных вариантов. При этом получается, что у полноприводного автопоезда с тягачом, оснащенным КЭУ, расход топлива на 15,6 % меньше, чем у заднеприводного с тягачом 6×4. Причем 7,1 % этого выигрыша дает рекуперация энергии торможения, а 8,5 % – работа ДВС с КЭУ на оптимальных режимах.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы: автопоезд с тягачом 6×4 менее динамичен, чем полноприводный автопоезд с КЭУ, его средняя скорость движения по трассе на 9,8 % меньше, а минимальная скорость на подъемах меньше на 30,9 %. Время же его разгона до 100 км/ч в 2,2 раза больше, а расход топлива – на 15,6 %.

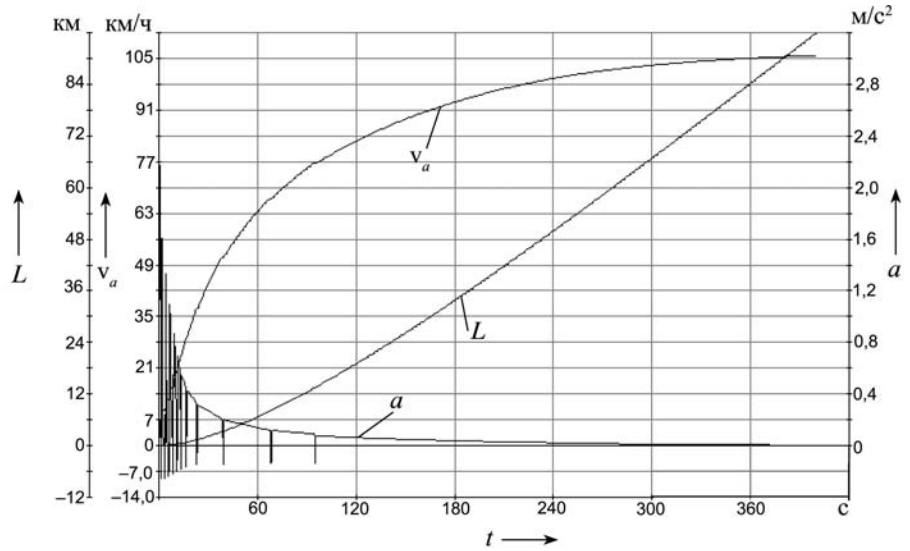


Рис. 7. Разгон автопоезда с тягачом 6×4 до максимальной скорости

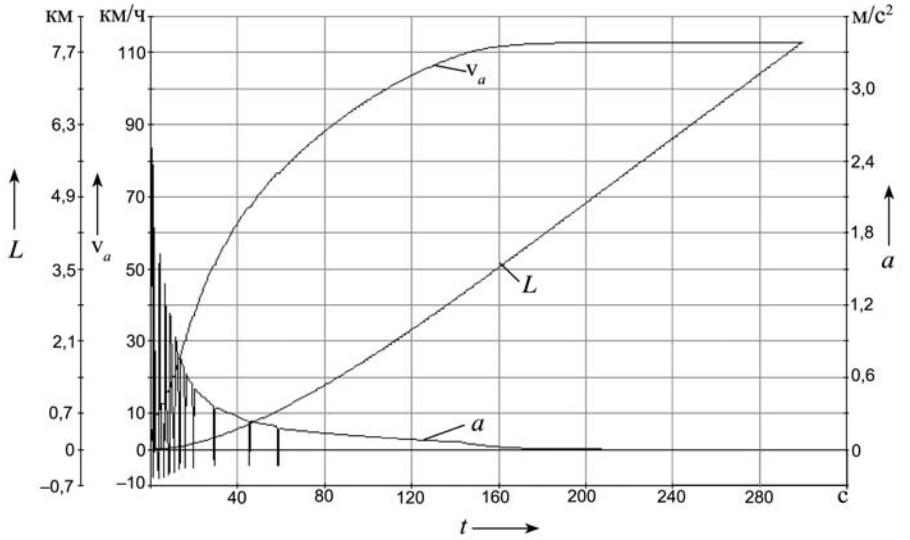


Рис. 8. Разгон автопоезда 6×6 с КЭУ до максимальной скорости

УДК 62-242.2

Î Ï ÒÈÌ ÈÇÀÖÈß Ï ÐÎ ÔÈËß Þ ÁÊÈ Ï Î ÐØÍ ß ÊÀÊ ÑÏ Î ÑÎ Á ÑÍ ÈÆÅÍ È Ì ÅÕÀÍ È×ÅÑÊÈÕ Ï Î ÒÅÐÜ Â ÄÂÑ

Ð.Â. ßÊÓÍ ÈÍ
ÔÃÓÏ "Í ÀÌ È" (495. 456-30-81)

Рассмотрены потери на трение между юбкой поршня и гильзой цилиндра и предложен метод снижения этих потерь.

Êëþ÷åâû å ñëî âà: *поршень, юбка, масляный слой, коэффициент трения.*

Yakunin R.V.

OPTIMIZING THE PROFILE OF THE PISTON SKIRT AS METHOD OF REDUCING MECHANICAL LOSSES IN THE ENGINE

The friction loss between the piston skirt and the cylinder liner are considered; and the proposed method for reducing these losses.

Keywords: *piston, skirt, oil layer, coefficient of friction.*

По мнению исследователей, эффективный КПД дизелей к 2015–2020 гг. должен стать равным 50 %. И достигнуто это будет благодаря совершенствованию всех элементов их конструкции. Например, специалисты фирмы "Сименс" утверждают, что к 2018 г. они рассчитывают повысить индикаторный КПД выпускаемых ею дизелей на 5,5 % (до 55,5 %) и эффективный их КПД – до 50 %, для чего снизят потери тепла в систему охлаждения на 2,5 % (до 23,5 %), потери энергии с отработавшими газами – на 3 % (до 21 %), потери энергии на газообмен – на 2 % (до 2 %), механические потери на трение колец и поршня – на 0,5 % (до 1 %). В итоге снижение общих механических потерь составило как минимум 30 %. Причем это с учетом того, что на дизелях "Сименс" уже сейчас применяются кольца малой высоты с пониженным давлением на стенки цилиндра, которое дальше уменьшать невозможно: при попытке дальнейшего уменьшения этого давления уже наблюдались случаи залегания колец. Поэтому в дизелях "Сименс" есть еще небольшая возможность понизить трение путем микропрофилирования гильзы и бочкообразного профиля колец, но основной резерв один – совершенствование профиля юбки поршня.

В дизелях российского производства, по разным источникам информации, механические потери сейчас достигают 5...10 %, пятую часть которых составляют именно потери на трение в области юбки поршня, что эквивалентно 2 % эффективного КПД дизеля. Это связано в том числе и с большой площадью юбок поршней.

Рассмотрим данную проблему.

На отечественных дизелях в настоящее время применяется овально-бочкообразная юбка поршня с целью устранения так называемого рамочного и кромочного контактирования поршня с цилиндром, что было характерно для поршней с цилиндрической и конической образующей и вызывало натир поршней при их работе. Решение проблемы искали на основе вовлечения в контакт с цилиндром возможно большей площади юбки, т.е. возможно меньшее удельное давление в зоне передачи бокового усилия. И многолетняя практика доказала: поршни овально-бочкообразного типа обладают высокой эксплуатационной надежностью. Однако с точки зрения энергосбережения они оказались оптимальными. Дело в том, что на протяжении большей части хода такого поршня в сопряжении "юбка поршня – гильза цилиндра" существует жидкостной режим трения. То есть если обратиться к диаграмме Герси–Штрибека (рис. 1), то эта пара работает в зоне II, где коэффициент μ трения при максимальной нагрузке (минимально возможной толщине смазочного слоя) минимален. Отсюда напрашивается вывод: чтобы рассматриваемая пара трения с точки зрения энергосбережения была оптимальной, юбка поршня должна иметь не возможно большую, как сейчас, а возможно меньшую площадь, работающую при толщине масляного слоя, лишь немного превышающей высоту микронеровностей.

Для количественной оценки возможного снижения коэффициента трения в паре "юбка поршня – гильза цилиндра" автор провел моделирование этого сопряжения на примере двигателя ЧН 13×14 с овально-бочкообразным профилем юбки.

Конечно-элементная модель масляного слоя, принятого при моделировании, показана на рис. 2. Расчет по ней велся для режима максимальной боковой силы при минимальной скорости поршня, т.е. для режима максимального крутящего момента. Его результаты приведены на рис. 3 и 4, из которых видно: минимальная толщина масляного слоя в рассматриваемой паре трения составляет 3,5 мкм, что с учетом погрешностей изготовления является оптимальной толщиной, которая не допускает задиров. Но с точки зрения коэффициента трения, с учетом всех возмож-

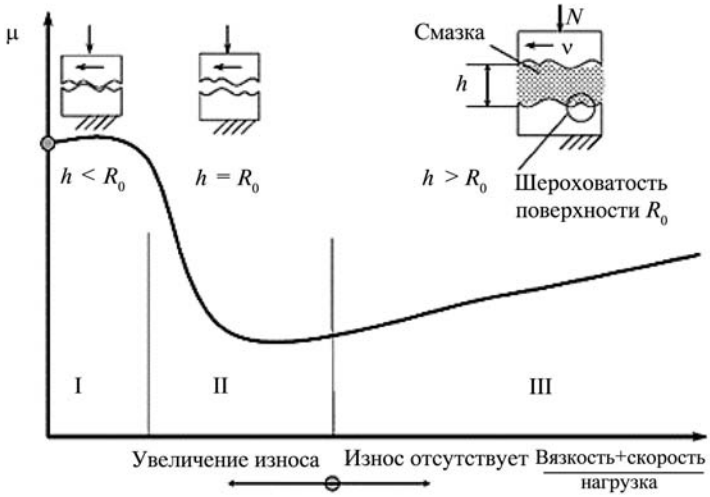


Рис. 1. Диаграмма Герси-Штрибека

Страницы истории

1935 ã. Ñîçäàí ãóñåíè÷íûé òðàêòîð ÑÒÇ-ÍÀÒÈ, êîòîðûé èìåë ÷åòûðåõöèëèíäðîâûé êàðáþðàòîðíûé äâèãàòåëü ñ âîçäóøíûì îõëàæäåíèåì è îùíîñòüþ 50 ë.ñ., ðàáîòàþùèé íà êåðîñèíå, è ÷åòûðåõñêîðîñòíóþ êîðîáêó ïåðåäà÷.

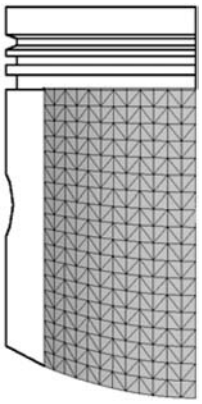


Рис. 2. Конечно-элементная модель масляного слоя

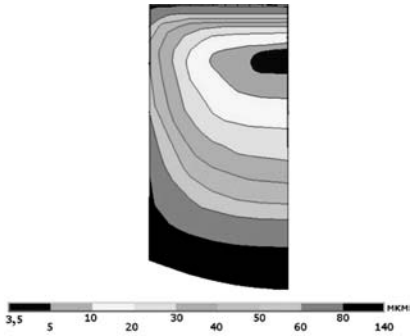


Рис. 3. Толщина масляного слоя между юбкой поршня и гильзой цилиндра

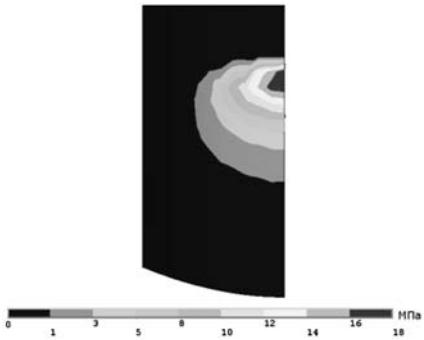


Рис. 4. Давление в масляном слое юбки поршня

ных погрешностей изготовления и расчета, можно считать приемлемой толщину масляной пленки в пределах до 10 мкм. Однако площадь юбки с масляным слоем такой толщины составляет всего 9...10 %. Поскольку коэффициент μ трения пропорционален толщине масляного слоя (а на большинстве площади этой юбки давление мало и толщина масляного слоя чрезмерна), то потери на трение между юбкой поршня и гильзой цилиндра можно снизить в несколько раз. Одновременно будет снижена и масса поршня из-за меньшей по размерам площади юбки. Это потребует отказа от простого овально-бочкообразного профиля и перехода к сложным профилям, рассчитанным с помощью численных методов, но ужесточающиеся нормы по выбросам двуоксида углерода не оставляют иного выбора.

УДК 621.43

ÃÀÇÎ ÄÈÇÅËÈ Í ÀÌ È

Êàí äèäàòû òåõí . í àóê **Â.À. ËÓÊØÎ , À.Ñ. ÒÅÐÅÍ ×ÅÍ ÊÎ è ÒÐ. ÔÈËÈÏ Î ÑßÍ Ö,** ä-ð òåõí . í àóê **ÃÑ. ÊÎ ÐÍ ÈËÎ Â, Ì .Â. Ì ÈÐÎ Í Î Â**
ÔÃÓÏ "Í ÀÌ È" (495. 456-30-81)

Рассматриваются газодизели, созданные в НАМИ.

Êëþ÷åâû å ñëî âà: *газодизель, дизель, конвертация, газовое топливо, система питания.*

Luksho V.A., Terenchenko A.S., Filiposians T.R., Kornilov G.S., Mironov M.V.

GASODIESELS OF NAMI

Gasodiesels of created in NAMI are considerated.

Keywords: *gasodiesel, diesel, conversion, gas fuel, system of power supply.*

Дизель – основной тип двигателя для большегрузного автотранспорта и сельхозмашин. Но в последние годы все чаще его работу пытаются перевести на газомоторное топливо. И прежде всего – на природный газ. И здесь уже определилось два варианта такой конвертации – двухтопливный, когда дизель при пуске и режиме холостого хода использует только дизельное топливо, а на остальных режимах – газ или его смесь с дизельным топливом, и однотопливный, когда дизель на всех режимах использует газ, превратившись в двигатель с искровым зажиганием.

Эти варианты – не альтернатива друг другу, а лишь два направления реализации задачи расширения использования газовых топлив на автотранспорте, каждый из которых имеет свою нишу, определяемую степенью развития сети газозаправочных станций и особенностями рабочего процесса. По этим причинам, как показал опыт, чисто газовые двигатели наиболее рационально использовать в городах или в регионах, где удаленность маршрутов от средства заправки не приведет к увеличению холостых пробегов АТС, а газодизели – там, где они дают наибольший экономический эффект на средних и больших нагрузках и где необходимо сократить возможность их работы на дизельном топливе (при израсходовании запаса газа в баллонах, например), т.е. на магистральных автопоездах и любом другом транспорте, обслуживающем междугородные и дальние перевозки.

Однако тема данной статьи – газодизели, поэтому именно о них и пойдет речь.

Начнем с того, что газодизели в нашей стране имеют давнюю историю. Еще в первой половине 1980-х гг. в НАМИ при участии ОАО "КамАЗ" и ПО "Дизельаппаратура" была разработана оригинальная система питания ГД–НАМИ (газодизель – НАМИ) с качественным регулированием мощности, позволяющая переводить на питание газовым топливом автомобильные быстроходные дизели. Система оказалась универсальной и не требовала серьезных изменений базовых деталей и узлов дизелей: после того, как ее довели, она стала пригодной для дизелей мощностью от 30 до 590 кВт (от 40 до 800 л.с.). Так что ГД–НАМИ – понятие, относящееся не к одной конкретной конструкции, а системный принцип подхода к переводу дизелей на газовое топливо.

На базе системы ГД–НАМИ ОАО "КамАЗ" с 1987 г. начало серийный выпуск газодизелей и оснащенных ими своих автомобилей. Одновременно начались работы и по газодизельным модификациям автобусов "Икарус" – автобусов, которые во времена СССР были основным средством решения проблемы пассажироперевозок во многих городах-"миллионниках" (Москва, С.-Петербург, Челябинск, Воронеж, Екатеринбург и др.). Эти автобусы, в силу их многочисленности, естественно, отрицательно влияли на экологическую обстановку. Например, один автобус "Икарус-280" сжигал ~40 т дизельного топлива в год и выбрасывал в окружающую среду одной только сажи ~800 кг. Перевод же двигателей этих автобусов на газодизельный цикл позволил на порядок снизить их выбросы.

Первые образцы газодизельных автобусов "Икарус" разработали в НАМИ в 1985 г., а в 1986 г. они уже прошли межведомственные приемочные испытания и были рекомендованы к производству. Позже, в 1989 г., по контракту с заводом "Икарус" и в соответствии с программой этого предприятия НАМИ провел стендовые испытания газодизельного варианта двигателя "Раба Д2156 HMU" и дорожные испытания оснащенных им автобусов. Что позволило начать поставки таких АТС в СССР. Более того, контракты на конвертацию дизелей были заключены с такими известными зарубежными их производителями, как фирмы Южной Кореи, Китая и Индии.

В тот период от разработчиков системы питания дизеля газом требовалось решить три задачи: обеспечить наибольшее замещение жидкого топлива газом; снизить дымность и выброс твердых частиц с отработавшими газами; повысить надежность газодизеля. Многолетний опыт эксплуатации свидетельствует: все они были решены [1]. Однако с наступлением XXI века подход к двигателям для большегрузных автомобилей и автобусов существенно изменился. В первую очередь, это касается ужесточения требований к выбросам вредных веществ с отработавшими газами. И вот здесь сказались основные недостатки газодизельных систем питания, выпускавшихся на тот момент, – повышенные выбросы монооксида углерода и несгоревших углеводородов с отработавшими газами на режимах малых нагрузок, а также увеличенные значения запальной дозы дизельного топлива, необходимые для пуска газодизеля. Эти недостатки не удалось устранить, даже применив появившиеся в то время новые системы питания, управления, технологии и материалы. Например, использование распределенного фазированного впрыска газа с МП-управлением и установка современных систем фильтрации и очистки отработавших газов позволяли лишь приблизиться к нормам "Евро-3" и не больше.

Исследования показали, что основной причиной всего этого был низкий технический уровень основных элементов системы питания дизеля – ТНВД и форсунок. И положение не удавалось исправить ни с помощью высокоточных датчиков и исполнительных механизмов, ни высокоинтеллектуальных систем управления и высокоэффективных систем очистки отработавших газов, ни внесением изменений в топливные форсунки, ни отработкой рабочего процесса и т.д. Все перечеркивалось неравномерностью подачи топлива отдельными секциями ТНВД как с механическим, так и электронным регуляторами. Причем даже в случае, когда эта неравномерность не выходила за пределы, предписанные нормативной документацией. Например, за пределы, установленные ГОСТ 10578–95 "Насосы топливные дизелей. Общие технические условия" ("неравномерность подачи топлива по отдельным секциям ТНВД для многоцилиндровых двигателей может достигать 75 % при работе двигателя на режиме холостого хода").

Точная регулировка ТНВД, замена плунжерных пар и даже полная замена ТНВД и форсунок новыми гарантии устранения этого недостатка не давали. Более того, существенная неравномерность топливоподачи стала причиной повышенной теплонапряженности тех поршней и головок цилиндров, где цикловая подача дизельного топлива значительно превышала среднее ее значение.

Были и другие проблемы, обусловленные особенностями газодизельного процесса, применяемого в ГД–НАМИ. Так, при пуске и на режиме холостого хода в цилиндры газодизеля подается только дизельное топливо. На такте сжатия при заданном угле опережения впрыскивания оно самовоспламеняется. То есть газодизель работает, как дизель. На других режимах в цилиндры подается газовоздушная смесь и запальная доза дизельного топлива, которая на такте сжатия тоже самовоспламеняется и поджигает эту смесь. Иными словами, газодизель работает как двигатель с воспламенением от внешнего зажигания, в качестве которого задействованы капли дизельного топлива. И чем больше нагрузка и частота вращения коленчатого вала, тем больше газового топлива поступает в цилиндры. В результате доля дизельного топлива уменьшается от 100 % на холостом ходу до 15...25 % – на номинальной нагрузке (экономия жидкого топлива достигает 75...85 %), а суммарный запас хода АТС при использовании топлива обоих видов возрастает в 1,5...1,7 раза. При этом для близких мощностных показателей удельный расход у газодизеля получается на 2...10 г/кВт·ч, а дымность отработавших газов – в 2...3 раза ниже, чем на дизельном режиме. И это соотношение сохраняется в широком диапазоне скоростных характеристик. Уровень шума у него тоже на 3...4 дБА меньше, чем у дизеля. Кроме того, у него лучше и форма внешней скоростной характеристики.

Таким образом, характер воспламенения газовоздушной смеси в газодизеле, повторяем, фактически тот же, что у двигателя с принудительным зажиганием. Отличие состоит лишь в том, что топливовоздушная смесь в первом случае поджигается не одним источником воспламенения, а большим числом капель дизельного топлива в результате распыла его форсунками. Газодизель практически превращается в двигатель с принудительным многоточечным воспламенением газовоздушной смеси (цикл Отто) со свойственными этому процессу достоинствами. Главное из них состоит в том, что при составах смеси с $\alpha = 0{,}9...1{,}6$ процесс сгорания протекает более интенсивно, чем в цикле Тринклера, по которому работают современные дизели. Правда, есть у этого процесса недостаток: распространение фронта пламени во многом определяется составом газовоздушной смеси в зоне источника воспламенения, будь то искра или запальная доза дизельного топлива. Газовоздушную смесь можно поджечь в довольно широком диапазоне коэффициента избытка воздуха, но по правому краю этого диапазона (в бедных и сверхбедных смесях) распространение фронта пламени очень нестабильно или вообще невозможно. А ведь при качественном регулировании мощности, на котором основан принцип ГД–НАМИ, на малых нагрузках и холостом ходу коэффициент избытка воздуха может достигать значений 3...4 и выше.

Таким образом, при полной и близкой к ней нагрузкам рабочий процесс в газодизеле протекает эффективней, чем в базовом дизеле, тогда как на малых нагрузках и холостом ходу – хуже. Иначе говоря, при нагрузках, близких к максимальным, максимальна и эффективность процесса газодизеля, но с уменьшением нагрузки она заметно снижается. В частности, значительно уменьшается полнота сгорания топливовоздушной смеси, что сопровождается увеличением содержания несгоревшего газового топлива в отработавших газах. Все дело в том, что характер протекания процесса сгорания в газодизеле на режимах малых и средних нагрузок зависит от объема запальной дозы (количества теплоты, вводимой с жидким топливом) и угла опережения впрыскивания этой дозы. И поскольку газовоздушная смесь сгорает только вблизи распыленных капель, то при малых величинах запальной дозы распространение фронта пламени в смеси происходит медленно, либо не происходит вообще.

Величина дозы непостоянна. Она определяется, с одной стороны, минимальной энергией, необходимой для стабильного воспламенения и полного сгорания газовоздушной смеси, а с другой – возможностью топливной аппаратуры обеспечить равномерную подачу топлива во все цилиндры при малых цикловых подачах. Теоретически эта величина может составлять 3...5 % номинального расхода жидкого топлива, однако в реальных условиях эксплуатации она не получатся меньше 20...30 %. Причина все та же – нестабильность работы ТНВД с

Страницы истории

1942 ã. Í àëàæåíî ñåðèéíîå ïðîèçâîäñòâî ïîëóãóñåíè÷íûõ âåçäåõîäîâ ÇÈÑ-42. Ñ êîíâåéåðà àâòîìîáèëè óõîäèëè íà Ñòàëèíãðàäñêèé ôðîíò. Âñåãî áûëî èçãîòîâëåíî 5931 àâòîìîáèëü.

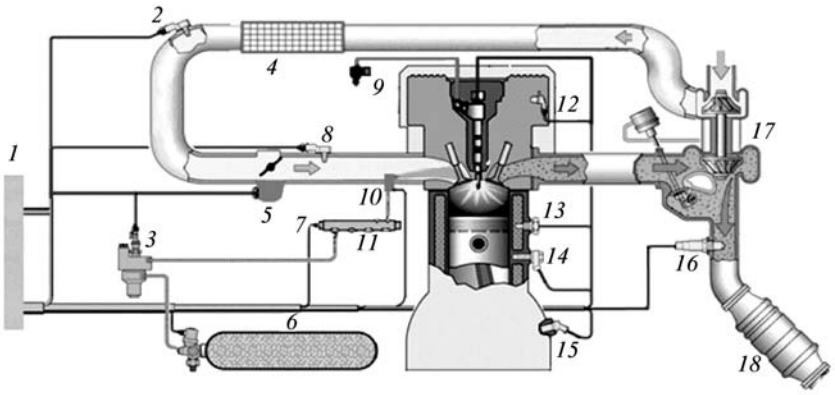


Схема газодизеля смешанного регулирования с аккумуляторной системой топливоподачей и электронным управлением:

1 – электронный блок управления; *2* – датчик температуры и давления; *3* – регулятор давления; *4* – радиатор промежуточного охлаждения; *5* – привод дроссельной заслонки; *6* – баллон со сжатым природным газом; *7* – датчик температуры и давления газа; *8* – датчик давления воздуха; *9* – аккумуляторная система подачи дизельного топлива; *10* – газовая форсунка; *11* – газовая рампа; *12* – датчик фаз газораспределительного механизма; *13* – датчик температуры; *14* – датчик детонации; 15 – датчик частоты вращения коленчатого вала; *16* – лямбда-зонд; *17* – турбокомпрессор; *18* – катализатор

механическим приводом. Кроме того, на больших нагрузках ее приходится увеличивать из-за перегрева носка распылителя форсунки и ее закоксовывания. Потому что при малых цикловых подачах на максимальных нагрузках и больших частотах вращения коленчатого вала температура носка распылителя доходит до 573 К (300 °С). Повышенная же подача дизельного топлива, естественно, улучшает его охлаждение.

Чтобы устранить недостатки качественного регулирования мощности, в НАМИ разработали [2] систему смешанного (качественное–количественное–качественное) регулирования газодизеля. Ее суть – применение рециркуляции отработавших газов в широком диапазоне нагрузочных характеристик. В отличие от качественного регулирования, где не предусматривается дросселирование потока воздуха, при смешанном регулировании во впускной коллектор вводится дроссельная заслонка. За счет подбора алгоритмов управления ею и рециркуляцией отработавших газов в совокупности с управлением цикловой подачей газового топлива через газовые форсунки диапазон работы газодизеля при коэффициентах избытка воздуха, близких к оптимальному, расширяется. В итоге значительно улучшается экономичность и уменьшается содержание вредных выбросов монооксида углерода и несгоревших углеводородов в отработавших газах в более широком диапазоне. Снижение количества этих выбросов обеспечивается не только улучшением протекания рабочего процесса, но и уменьшением массы отработавших газов за счет количественного регулирования, что сделало возможным использовать автомобили с газодизелем не только на междугородных перевозках, но и для выполнения внутригородских транспортных работ.

Что же касается оксидов азота, то их концентрация, к сожалению, при таком регулировании возрастает. И именно потому, что процесс сгорания газовоздушной смеси в цилиндре идет при более оптимальных, по сравнению с качественным регулированием, коэффициентах α избытка воздуха, но массовые выбросы этого вредного вещества существенно снижаются, поскольку общее количество отработавших газов при дросселировании меньше.

Исследования по оптимизации регулировочных и конструктивных параметров системы питания и алгоритмов управления, выполненные в НАМИ, выявили пути дальнейшего снижения выбросов вредных компонентов и улучшения экономичности газодизелей. Один из них – применение, как сказано выше, переменной, в зависимости от нагрузки, запальной дозы топлива, что, как показали эксперименты, сохраняет в целом экономию жидкого топлива и существенно улучшает экологические показатели газодизеля, особенно по выбросам монооксида углерода и углеводородов.

При работе двигателя в газодизельном режиме, в том числе со смешанным регулированием, параметры, характеризующие протекание процесса сгорания, принципиально отличаются от параметров в дизельном режиме. Это особенно четко проявляется на средних и малых нагрузках. Например, задержки воспламенения при работе как в дизельном, так и в газодизельном режимах довольно близки. Однако уже в начальных стадиях газодизельного режима сгорание идет менее интенсивно, чем в дизельном, о чем свидетельствуют более низкие максимальные скорости нарастания давления в цилиндре. В последующих же фазах процесс сгорания в газодизельном режиме, наоборот, интенсифицируется, поэтому максимальные давления и температуры цикла существенно увеличиваются.

Исходя из сказанного выше, можно сделать вывод: дальнейшее улучшение экономических и, особенно, экологических показателей газодизеля может быть достигнуто за счет расширения зоны оптимального регулирования (состав топливовоздушной смеси, величина запальной дозы, угол опережения впрыскивания, степень дросселирования), применения фазированного распределенного впрыскивания газа и рециркуляции отработавших газов, в том числе на режимах малых нагрузок. Так, рециркуляция отработавших газов оптимизирует параметры газовоздушной смеси и сокращает потери на газообмен на частичных нагрузках. Кроме того, повышается температура газовоздушной смеси, что улучшает воспламенение и сгорание топлива на таких нагрузках. Установка же большего угла опережения впрыскивания запальной дозы на малых нагрузках способствует снижению выбросов монооксида углерода и несгоревших углеводородов, а малого угла на высоких нагрузках – оксидов азота.

Широкому распространению газодизелей способствует и то, что в последние годы на производство были поставлены новые системы питания аккумуляторного типа с электроприводом дизельных форсунок. В этих конструкциях (см. рисунок) неравномерность подачи топлива по форсункам снизилась до вполне приемлемых величин, позволяющих в полной мере реализовать газодизельный процесс с минимальной величиной запальной дозы дизельного топлива. Благодаря этому достигается существенное (до 12...14 %) улучшение экологических показателей оснащенных такими системами газодизелей. Значит, есть все основания утверждать: перспективные газодизели могут не только обеспечить все ужесточающиеся экологические нормы на выброс вредных веществ и снизить потребление нефтяных топлив, но и существенно уменьшить стоимость владения автотранспортным средством, что является основным фактором, определяющим высокие рыночные перспективы таких ДВС.

Литература

1. Филипосянц Т.Р. Газодизельные двигатели со смешанным регулированием // Автомобильная промышленность. 1993. № 10. С. 23–28.
2. Кутенёв В.Ф., Лежнев Л.Ю., Лукшо В.А. и др. Системы и агрегаты современных энергоустановок для автомобилей и автобусов. Монография. М.: Экология машиностроения. 2012. – 243 с.

УДК 629.113

ÀËÃÎ ÐÈÒÌ Û ÓÏ ÐÀÂËÅÍ ÈÞ "ÈÍ ÒÅËËÅÊÒÓÀËÜÍÎ É" ÒÐÀÍ ÑÌ ÈÑÑÈÅÉ Ì Í Î ÃÎ Î ÑÍ Î ÃÎ Ï Î ËÍ Î Ï ÐÈÂÎ ÄÍ Î ÃÎ ÀÂÒÎ Ì Î ÁÈËß

Äî êòî ðà òåõí . í àóê **È.À. Ï ËÈÅÂ** è **À.Ì . ÑÀÉÊÈÍ**
ÔÃÓÏ "Í ÀÌ È" (495. 456-30-81)

Представлены алгоритмы управления "интеллектуальной" трансмиссией полноприводного автомобиля разного уровня сложности.

Êëþ÷åâûå ñëî âà: *алгоритм, "интеллектуальная" трансмиссия, полноприводный автомобиль, проходимость, патенты.*

Pliev I.A., Saikin A.M.

ALGORITHMES OF MANAGEMENT OF INTELLECTUALED TRANSMISSION OF MULTIAXEL ALL WHEEL VEHICLE

Algorithmes of management of "intellectualed" transmission of multi-axis all wheel drive vehicle of different level of complexity are considered.

Keywords: *Algorithm, "Intellectual" transmission, all wheel drive vehicle, passability, patents.*

Одним из направлений кардинального повышения технического уровня многоосных полноприводных транспортных средств, эксплуатация которых предполагается в сложных дорожных условиях, является разработка так называемых интеллектуальных трансмиссий, позволяющих осуществлять в процессе их движения бесступенчатое индивидуальное распределение мощности между колесами в соответствии с текущими характеристиками взаимодействия (колеса и опорной поверхности). Этому направлению в последнее время уделяют внимание ведущие мировые автопроизводители и исследовательские центры. Их цель – обеспечить такой алгоритм распределения мощностей (крутящих моментов) по осям или колесам этих АТС, который позволил бы им двигаться в оптимальном режиме на различных дорогах и бездорожью с минимальными затратами мощности и хорошую проходимость при данных полной массе АТС, распределении масс по его осям, типе шин, давлении воздуха в них и т.д. Причем с учетом того, что при движении по деформируемым грунтам физические свойства шин под впереди идущими колесами существенно изменяются.

Анализ зарубежных источников информации показывает, что работы, связанные с созданием алгоритмов распределения мощности полноприводных автомобилей, как правило, связаны с военной автомобильной техникой и носят закрытый характер. Однако кое-что все-таки известно. Например, из последних публикаций отечественных ученых, так или иначе связанных с отработкой алгоритмов управления "интеллектуальной" трансмиссией полноприводных автомобилей, можно назвать работы [1, 2]. Есть и новые разработки. В частности авторы этой статьи предлагают такие подходы и технические решения, которые, по их мнению, серьезно улучшат потребительские свойства полноприводных автомобилей – как серийно впускаемых, так и автомобилей будущего.

Теоретические и экспериментальные исследования по поиску алгоритма распределения мощностей (крутящих моментов) по колесам полноприводного автомобиля, обеспечивающего минимальные затраты мощности на движение, позволили получить следующее уравнение:

$$\frac{M_{кi}}{M_а} = \frac{f_{кi}\, G_{к\,i}}{f_а\, G_а} = \frac{P_{к\,i}}{P_{а\,\Sigma}}\,, \qquad (1)$$

где $M_{к\,i}$ – крутящий момент, подведенный к i-му колесу; $f_{к\,i}$ – коэффициент сопротивления движению i-го колеса; $G_{к\,i}$ – нагрузка на i-е колесо; $M_а = \sum_{i=1}^{2n} M_{к\,i}$ – крутящий момент, подведенный ко всем колесам автомобиля; $f_а$ – коэффициент сопротивления движению автомобиля; $G_а = m_а\, g$ – сила тяжести автомобиля.

Из него следует, что для обеспечения минимальных затрат мощности на движение рассматриваемых автомобилей по твердой или деформируемой опорной поверхности отношение момента, подводимого к любому колесу, к суммарному моменту на колесах должно быть равно отношению условной силы $P_{к\,i}$ сопротивления движению, приведенной к колесу, к суммарной силе $P_{а\,\Sigma}$ сопротивления движению автомобиля. При этом следует иметь в виду, что нагрузки по осям (колесам) должны определяться в движении, а не в статике. Дело в том, что действующие на мосты реактивные моменты, силы аэродинамического сопротивления и тяги на крюке, скатывающая сила при движении в гору изменяют перераспределение нагрузок по осям, увеличивая нагрузки задних осей. Соответственно, к этим осям (колесам) должен подводиться больший крутящий момент.

Изначально приведенная выше зависимость была определена из условия движения каждого колеса в свободном режиме, т.е. к автомобилю не прикладывались внешние силы, а значит, к оси каждого колеса – толкающие или тянущие силы, а только крутящий момент. То есть рассматривается частный случай движения, при котором каждое колесо везет себя самого. Затем были проведены исследования на испытательном стенде, которые показали, что действие внешних сил не оказывает влияние на уравнение (1): пропорциональность подводимых крутящих моментов силам сопротивления движению, необходимая для минимизации затрат мощности на движение, сохраняется. Хотя в этом случае колеса двигаются не в свободном, а в ведущем режиме. Следовательно, режим движения АТС может быть оптимальным только в случае, когда каждое колесо "самодостаточно". Этот режим можно назвать "ведущим оптимальным".

Далее. Для обеспечения проходимости сила $R_{x\,к\,i}$, действующая в контакте колеса, очевидно, не должна превышать силу $P_т$ тяги по сцеплению, т.е. должно выполняться условие:

$$R_{x\,к\,i} \le P_т = G_{к\,i}\, \varphi_{i\,\max}\,, \qquad (2)$$

где $\varphi_{i\,\max}$ – максимальный коэффициент сцепления определенной шины с конкретным грунтом.

Величина этого коэффициента зависит от многих факторов, в том числе от нагрузки на колесо, рисунка протектора, давления воздуха в шине, характеристик грунта, скорости движения и т.д. Поэтому прогнозирование $\varphi_{i\,\max}$, а значит, и максимально возможной силы $P_{т\,\max}$ тяги под колесом автомобиля представляет собой чрезвычайно сложную техническую задачу. Но – решаемую. Для этого авторы предлагают начинать перераспределение моментов по колесам автомобиля при начале критического буксования хотя бы одного из колес, т.е. буксования при максимальном коэффициенте сцепления ($\varphi_i = \varphi_{i\,\max}$). (При этом проходимость полноприводного автомобиля, как правило, не теряется, поскольку число колес у него достаточно большое.)

На рис. 1 приведен алгоритм управления крутящими моментами при движении полноприводного автомобиля по твердой и деформируемой опорных поверхностях в общем случае. Реализуется он с помощью системы управления, функциональная схема которой включает датчики крутящего момента $M_{к\,i}$ на каждом колесе, нагрузки $G_{к\,i}$ на каждое колесо, скорости $v_а$ автомобиля, частоты $\omega_{к\,i}$ вращения колес, давления $p_в$ воздуха в шинах, глубину $H_{кл\,i}$ колеи (при движении по грунтам), а также блоки приема, обработки и формирования сигналов управления и исполнительные механизмы.

В блоке обработки сигналов системы управления рассчитываются: суммарный крутящий момент $M_а = \sum_{i=1}^{2n} M_{к\,i}$, подведенный к

Страницы истории

1948 ã. Ñî çäàí û è èñï ûòàí û î ï ûòí ûå î áðàçöû ýëåêòðî ì î áèëåé ãðóçî ï î äúåì í î ñòüþ 0,5 ò è 1,5 ò (ñî î òâåòñòâåí í î Í ÀÌ È-750 è Í ÀÌ È-751).

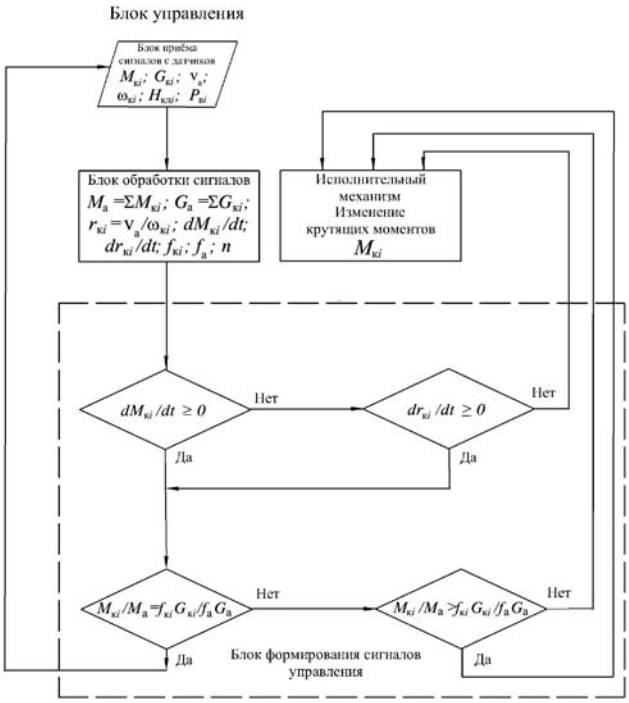


Рис. 1. Алгоритм управления крутящими моментами при движении полноприводного автомобиля по твердой опорной поверхности и деформируемым грунтам

колесам автомобиля; его сила $G_a = \sum_{i=1}^{2n} G_{кi}$ тяжести; радиус $r_{кi} = \frac{v_a}{\omega_{кi}}$ качения i-го колеса; изменения крутящего момента ($\frac{dM_{кi}}{dt}$) и радиуса ($\frac{dr_{кi}}{dt}$) качения колеса во времени; $f_{кi}$ и f_a – коэффициенты сопротивления качения колеса и автомобиля, которые рассчитываются по хорошо известным теоретическим зависимостям.

Работает алгоритм следующим образом.

Если $\frac{dM_{кi}}{dt} \geq 0$, то трансмиссия функционирует в нормальном режиме. Если $\frac{dM_{кi}}{dt} < 0$, то система проверяет изменение радиуса качения колеса: не возникло ли критическое его буксование. Если $\frac{dr_{кi}}{dt} < 0$, то такое буксование началось. То есть сила $P_{кi}$ тяги на колесе при увеличении буксования не растет, а падает. В этом случае система переходит на алгоритм реализации максимальных сцепных свойств, для чего перераспределяет по-новому крутящие моменты по колесам и осям автомобиля. Если $\frac{dr_{кi}}{dt} \geq 0$, то уменьшение крутящего момента связано не с ухудшением сцепных свойств, а с другими причинами, и система отрабатывает нормально.

Далее в блоке формирования сигналов управления проверяется равенство (1). Если оно соблюдается с допуском ± 5 % (при движении по твердой опорной поверхности ± 3 %), то система обеспечивает движение полноприводного автомобиля с затратами мощности, близкими к минимальным. При отклонении от этого равенства в ту или иную сторону на исполнительный механизм подается сигнал, изменяющий крутящие моменты так, чтобы это равенство восстановилось.

Реализация приведенного алгоритма наиболее проста при использовании бесступенчатых электрических или гидрообъемных трансмиссий, обеспечивающих индивидуальный подвод мощности к каждому колесу (оси) автомобиля. Однако можно снизить затраты мощности на движение и на полноприводных автомобилях с механическими трансмиссиями.

Как известно, механизмом, распределяющим моменты по осям такого автомобиля, является раздаточная коробка (вернее, ее межосевой дифференциал). Передаточное число этого дифференциала $i_д = \frac{M_{o2}}{M_{o1}}$. Для автомобилей с колесной формулой 4×4 оно обычно равно единице, 6×6 – двум, а 8×8 – единице. При этом подразумевается, что нагрузки по осям распределены равномерно.

Таким образом, передаточные числа дифференциала определены из условия полной загрузки автомобиля. Однако в условиях реальной эксплуатации автомобилю приходится двигаться и в режиме частичной загрузки, даже порожняком. Тогда на колеса с меньшей нагрузкой подается больший, чем нужно, крутящий момент, что вызывает дополнительные затраты мощности на движение. Поэтому для улучшения ситуации на полноприводном автомобиле целесообразно иметь раздаточную коробку с двумя, а еще лучше – с тремя передаточными числами в межосевом дифференциале. В последнем случае можно всю массу груза разбить на три части: 0; 0,5 и 1,0. Зная распределение нагрузок по осям при данных значениях массы груза, можно подобрать передаточные числа дифференциала из условия $\frac{M_{oj+1}}{M_{oj}} = \frac{G_{oj+1}}{G_{oj}}$. Так, при $0 \leq G_{гр} \leq \frac{1}{3} G_{гр\,max}$ берется первое передаточное число, при $\frac{1}{3} \leq G_{гр} \leq \frac{2}{3} G_{гр\,max}$ – второе, а при $\frac{2}{3} \leq G_{тр} \leq G_{гр\,max}$ – третье ($G_{гр\,max}$ – максимальная грузоподъемность автомобиля).

Водитель, зная массу груза или оценивая ее приблизительно, может самостоятельно выбрать требуемое передаточное число межосевого дифференциала в раздаточной коробке. Но возможен и автоматический режим для выбора требуемого передаточного числа. Для этого авторы предлагают алгоритм, показанный на рис. 2. Его работа заключается в следующем.

В блок приема сигналов поступает сигнал только с датчиков определения нагрузки $G_{кi}$ на колеса. По нему в блоке обработки

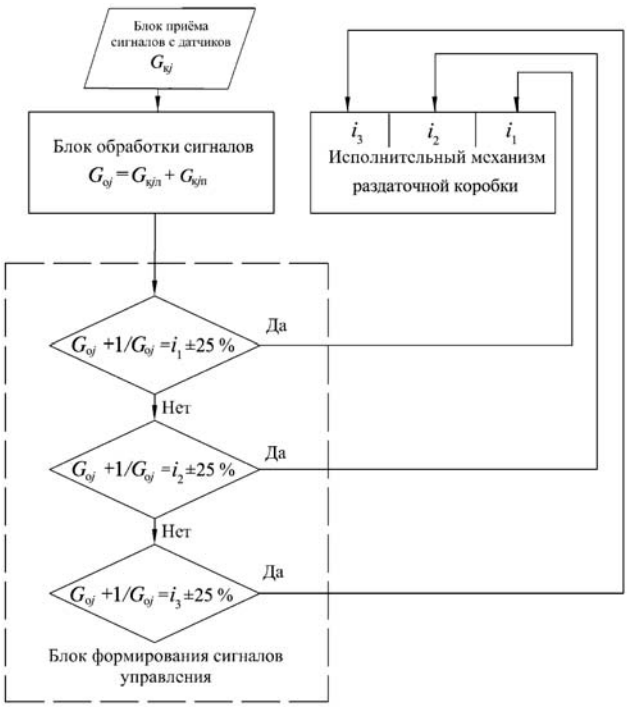


Рис. 2. Алгоритм управления раздаточной коробкой при движении полноприводного автомобиля с механической трансмиссией

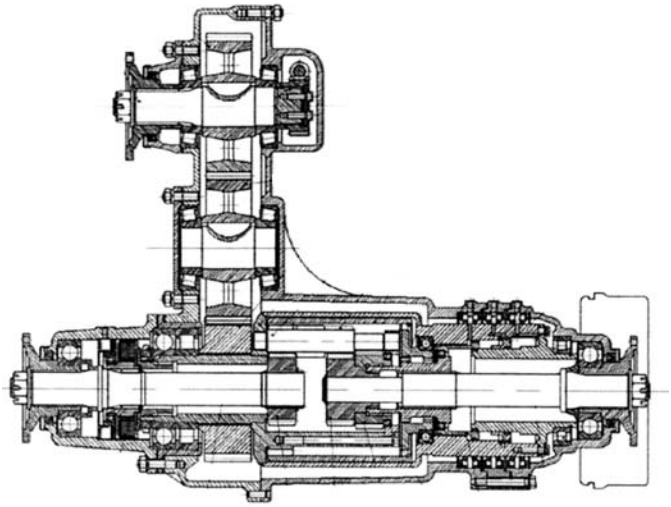


Рис. 3. Раздаточная коробка с межосевым дифференциалом, имеющим три передаточных числа

сигналов рассчитывается суммарная величина нагрузки G_{oj} на каждую ось:

$$G_{oj} = G_{кjл} + G_{кjп}, \qquad (3)$$

где $G_{кjл}$, $G_{кjп}$ – нагрузка на левое и правое колеса оси.

Затем блок формирования сигналов управления проверяет отношение нагрузок по осям. Для двухосного автомобиля оно равно $\frac{G_{o2}}{G_{o1}}$, для трехосного – $\frac{G_{o2} + G_{o3}}{G_{o1}}$, для четырехосного – $\frac{G_{o3} + G_{o4}}{G_{o1} + G_{o2}}$. (Очевидно, что при использовании балансирной подвески, которая распределяет нагрузку по осям поровну, задача упрощается.)

Если это отношение равно первому передаточному числу дифференциала с каким-то допуском ± Δ, то исполнительный механизм включает его в раздаточную коробку. Соответственно, при необходимости, включаются второе и третье передаточные числа в дифференциале. (Величину допуска Δ необходимо отработать и, по мнению авторов, она может составлять ± 25 % от передаточного числа дифференциала.)

Раздаточная коробка (рис. 3), соответствующая данному алгоритму, разработана в ФГУП "НАМИ", она имеет межосевой дифференциал с тремя передаточными числами (пат. № 2479225 РФ).

Алгоритм движения оснащенного такой коробкой полноприводного автомобиля с механической трансмиссией в общем случае, в том числе по деформируемым грунтам, приведен на рис. 4. За его основу взят алгоритм движения, который предусматривает возможность переключения передаточного числа межосевого дифференциала в раздаточной коробке в зависимости от загрузки автомобиля. К нему добавлены операции, связанные с включением блокировки в раздаточной коробке и межколесных дифференциалов задних мостов при первых признаках критического буксования. Для чего в раздаточной коробке и мостах должны быть дисковые муфты блокировки дифференциалов.

В рамках выполнения данной работы на уровне патентов разработан целый ряд предложений. В том числе такие, как "Полноприводный грузовой автомобиль", "Грузовой автомобиль со всеми ведущими колесами", "Грузовой автомобиль только с передними и только с задними ведущими колесами", "Устройство управления межосевым дифференциалом с тремя планетарными рядами", "Система управления межосевым дифференциалом с тремя планетарными рядами", "Грузовой автомобиль с приводом всех колес", "Грузовой автомобиль с передним и задним ведущими мостами", "Трансмиссия полноприводного грузового автомобиля", "Способ распределения моментов, подводимых к колесам полноприводных автомобилей".

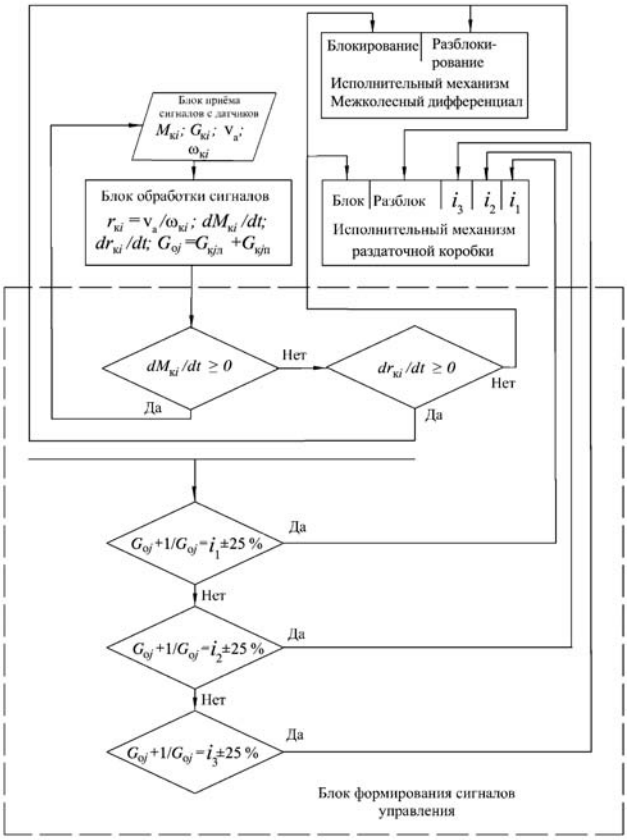


Рис. 4. Алгоритм движения автомобиля с механической трансмиссией по деформируемым грунтам

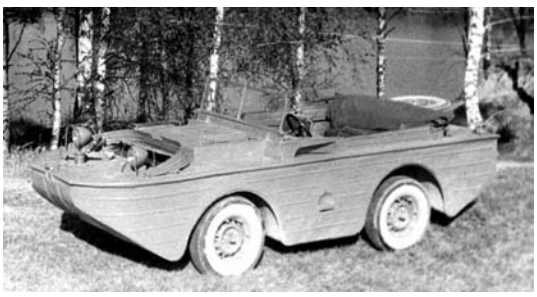
Все эти предложения направлены на повышение технического уровня серийной автомобильной техники без значительного изменения ее конструкции. Правда, алгоритмы управления крутящими моментами, подводимыми к колесам полноприводных автомобилей, требуют для своей реализации значительного числа различных датчиков. Однако современный уровень развития электронных элементов, их надежности, возможности адаптации на различные устройства позволяет рассчитывать на их использование уже сегодня.

Литература

1. Шухман С.Б., Соловьев В.И., Прочко Е.И. Теория силового привода колес автомобилей высокой проходимости. М.: Агробизнесцентр, 2007. – 336 с.
2. Келлер А.В., Мурог Н.А. Принципы и методы распределения мощности между ведущими колесами автомобильных базовых шасси. Челябинск: ЧВВАКИУ, 2009. – 218 с.

Страницы истории

1948 ã. Ñîçäàí ïèàâàþùèé ïîëíîïðèâîäíûé àâòîìîáèëü ÍÀÌÈ-011 íà áàçå àãðåãàòîâ àâòîìîáèëÿ ÃÀÇ-67Á. Î ñíîâíûõ ðàçðàáîò÷èêè – èíæåíåðû Á.Â. Øèøêèí, Ï.À. Ëàáóí ñêèé, Ê.Ñ. Êàðïóõèí.



УДК 629.01

Î Ï ÒÈÌ ÀËÜÍ Î Å Ï ÐÎ ÅÊÒÈÐÎ ÂÀÍ ÈÅ ÊÀÊ Î ÑÍ Î ÂÀ Î ÁÅÑÏ Å×ÁÍ Èß ÊÎ Í ÊÓÐÅÍ ÒÎ ÑÏ Î ÑÎ ÁÍ Î ÑÒÈ Î ÒÅ×ÅÑÒÂÅÍ Í Û Õ ÀÒÑ

Ä-ð òåõí . í àóê **Ñ.Â. ÁÀÕÌ ÓÒÎ Â**; êàí ä. òåõí . í àóê **À.À. ÀÕÌ ÅÄÎ Â**
ÔÃÓÏ "Í ÀÌ È" (495. 456-67-21), Óí èâåðñèòåò ì àø èí î ñòðî åí èÿ (Ì ÀÌ È)

Представлены проектная технология решения многокритериальных параметрических оптимизационных задач в области автотранспортной техники, результаты решения оптимизационных задач и объекты испытаний, используемые для проверки математического описания.

Êëþ÷åâûå ñëî âà: *многокритериальная параметрическая оптимизация, автомобильная техника, активная безопасность, программный комплекс.*

Bakhmutov S.V., Akhmedov A.A.

OPTIMAL DESIGN AS A BASIS FOR COMPETITIVENESS OF DOMESTIC VEHICLES

Design technology solutions of multi objective parametric optimization problems in the field of automotive engineering, the results of the solution of optimization problems and test objects, used for check of mathematical description are presented.

Keywords: *multi-criteria parametric optimization, car equipment, handling and stability, the program complex.*

Недостатки традиционного подхода к проектированию АТС очевидны и известны: в проектной стадии не реализуются максимально достижимые уровни их показателей. Поэтому на заключительных стадиях требуется значительный объем экспериментальных исследований, связанных с доводкой свойств разработанного прототипа. Причем такая доводка на практике представляет собой, как правило, смещение акцентов эксплуатационных показателей в сторону требований, предъявляемых техническим заданием, и базируется на результатах не только объективных измерений, но и субъективных (экспертных) оценок, выставляемых инженерами-испытателями. Очевидно, что эффективность подобной экспертизы во многом зависит от опыта и мастерства последних. Однако современный автомобиль – очень сложная система, определяемая большим числом параметров и призванная отвечать множеству разнообразных, зачастую противоречивых требований, поэтому поиск наилучших конструкторских решений на интуитивном уровне не позволяет достичь желаемого результата. Кроме того, проблема создания конкурентоспособных автомобилей накладывает жесткие ограничения на продолжительность новых разработок и их стоимость.

Все это потребовало новых подходов к проектированию АТС. И они есть: в настоящее время конструкторы применяют множество программных комплексов, которые позволяют решать различные сложные технические задачи, связанные с виртуальным проектированием и испытаниями АТС еще до этапа создания экспериментальных образцов. При этом в обязательном порядке решаются задачи выбора оптимальных параметров исследуемой модели АТС. Но, тем не менее, вопрос эффективности оптимального проектирования даже при наличии новых инструментов остается открытым, так как и современные проектные технологии имеют недостатки. Например, используемые в настоящее время оптимизационные методы, как правило, ориентированы либо на однокритериальный подход, либо на интегральные критерии качества, представляющие собой свертку из локальных критериев, значимость которых определяется весовыми коэффициентами, назначаемыми на основе субъективных оценок; автомобиль, собранный из "автономно-оптимальных" систем и агрегатов, как правило, не реализует все потенциальные возможности этих схем. В связи с этим проблема совершенствования технологий оптимального проектирования, нацеленных на создание "инструмента", который, базируясь на объективных эксплуатационных показателях автомобиля, позволил бы уже на стадии проектирования закладывать в его конструкцию желаемый уровень рассматриваемых свойств и тем самым ускорить процесс проектирования (или доводки), остается актуальной. И ее пытаются решить. Например, группой специалистов МАМИ и ФГУП "НАМИ" разработана и успешно реализуется единая технология оптимального проектирования, с минимальными временными затратами решающая сложные задачи совершенствования (по показателям активной безопасности) существующих и создания новых конструкций АТС.

Реализуется данная технология в два этапа (рис. 1).

На первом из них по критериям управляемости и устойчивости получают оптимальные характеристики агрегатов и систем. В его ходе узлы и агрегаты заменяются их обобщенными описаниями, а оптимальные их характеристики находят для выбранной конструктивной схемы автомобиля и при заданных ограничениях.

На втором этапе осуществляется поиск таких сочетаний конструктивных параметров агрегатов и систем автомобиля (реальных конструкций), которые обеспечивают максимальное приближение их рабочих характеристик к оптимальным, полученным на первом этапе. Иначе говоря, добиваются, чтобы характеристики, полученные на первом этапе, при переходе к реальным конструкциям систем и агрегатов совпадали или хотя бы далеко не уходили от оптимальных.

В двухэтапном подходе используется многокритериальный метод исследования пространства параметров, созданный Р.Б. Статниковым [1]. Этот метод успешно использовался в решении ряда оптимизационных задач. В частности, в задачах динамики, прочности, теплофизики сложных технических систем; векторной идентификации; доводки опытных образцов и улучшения прототипа; оптимизации больших систем. Его достоинствами являются существенное сокращение числа варьи-

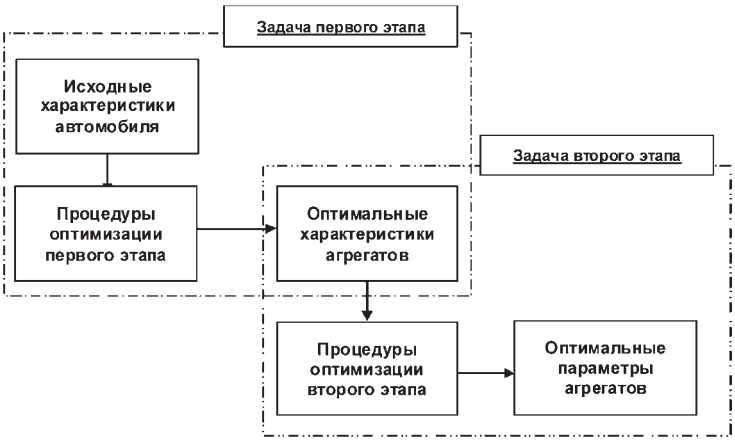


Рис. 1. Алгоритм реализации оптимального проектирования автомобиля

руемых параметров систем и агрегатов автомобиля на первом этапе; минимальные изменения общей математической модели автомобиля при изменении конструкции отдельных агрегатов и систем; существенное сокращение общей длительности вычислений за счет параллельного решения задач второго этапа.

Постановка оптимизационной задачи первого этапа включает (рис. 2) шесть процедур: формирование локальных критериев качества и условий их получения; разработка математической модели автомобиля на базе обобщенных рабочих характеристик агрегатов и систем; определение набора варьируемых параметров и диапазонов их изменения; формирование функциональных ограничений; определение потребного объема вычислений; задание уровней критериальных ограничений.

Процедуры постановки оптимизационной задачи второго этапа аналогичны процедурам первого этапа (рис. 3). Однако их содержание имеет ряд существенных отличий. Например, математические модели, используемые на втором этапе, представляют собой углубленные описания конкретных агрегатов и систем автомобиля, позволяющие с высокой точностью отражать их функционирование в заданных условиях. В качестве варьируемых выступают соответствующие конструктивные параметры агрегатов и систем (параметры размерности, инерционности, жесткости, демпфирования и т.д.). И поскольку задача второго этапа представляет собой процедуру синтеза оптимальных конструктивных параметров рассматриваемого агрегата или системы, то основным требованием является получение конструкций, рабочие характеристики которых максимально совпадают с оптимальными, полученными на первом этапе. В качестве критериев оптимальности в этом случае выступают интегральные показатели, оценивающие расхождения реальных и оптимальных рабочих характеристик рассматриваемых агрегата или системы.

Важным шагом в постановке оптимизационной задачи является выбор и адаптация математического описания АТС: оно должно удовлетворять ряду специфических требований, основное из которых – минимум затрат времени на вычислительные процедуры при сохранении требуемой точности. Причем это осложняется тем обстоятельством, что при оценке эксплуатационных свойств автомобиля необходимо рассматривать весь спектр режимов его движения, включая критические. То есть модель должна сохранять достоверность в широком диапазоне условий.

Традиционный подход не позволяет эффективно разрешить это противоречие, поскольку более детальное описание агрегатов и систем автомобиля на первом этапе приводит к значительному увеличению числа переменных и размерности решаемой задачи. Следовательно, к чрезмерной длительности расчетов, что затрудняет практическое использование такой модели при проектировании автомобиля даже с учетом высокого быстродействия современных компьютеров. Кроме того, с ростом числа параметров возрастает и чувствительность к различным их сочетаниям, что нередко сужает диапазон устойчивой работы модели на отдельных режимах.

Предлагаемый авторами подход устраняет эти недостатки. Потому что на первом этапе оптимизации в общей модели автомобиля, как уже упоминалось, используются не математические модели агрегатов и систем автомобиля, а некие универсальные описания их рабочих характеристик. Такие описания входят непосредственно в общие уравнения движения модели автомобиля и позволяют учесть влияние отдельных агрегатов и систем, а его

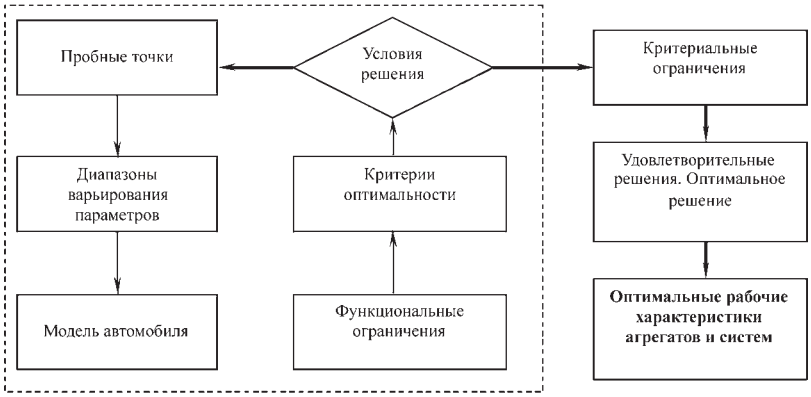


Рис. 2. Алгоритм решения задач первого этапа

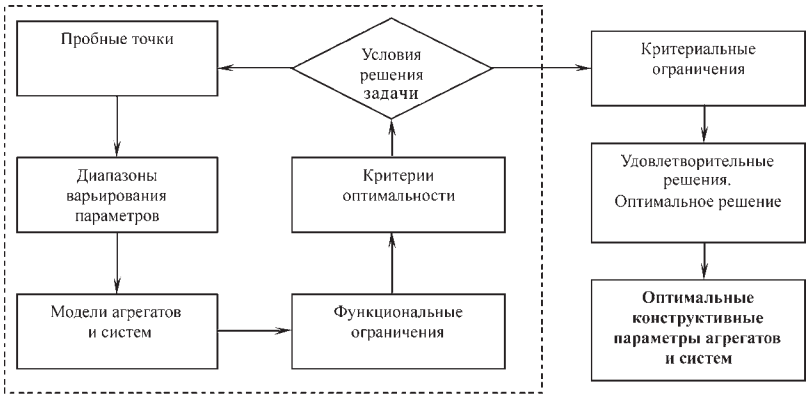
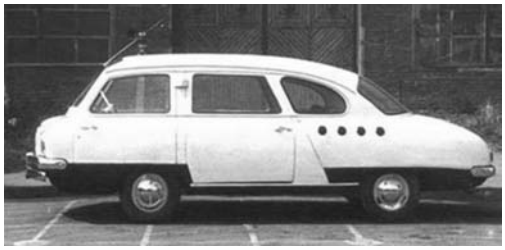


Рис. 3. Алгоритм решения задач второго этапа

Страницы истории



1949–1951 ãã. – Ï î ä ðóêî â î äñòâî ì Þ.À. Äî ëì àòî âñêî ãî ñî çäàí àâòî ì î áèëü ñðåäí åãî êëàññà âàãî íí î é êî ì î í î âêè Í ÀÌ È-013, êî òî ðû é èì åë çàäí åå ðàñï î ëî æåí èå ñèëî âî ãî àãðåãàòà, äâèãàòåëü ñ âåðõí èì è âï óñêî ì è è âû ï óñêî ì è êëàï àí àì è, àâòî ì àòè÷åñêóþ òðàí ñì èññèþ Í ÀÌ È-ÄÊ (àâòî ð Ë.Â. Êëóáî â), í åçàâèñèì óþ ï ðóæèí óþ ï î äâåñêó âñåõ êî ëåñ.

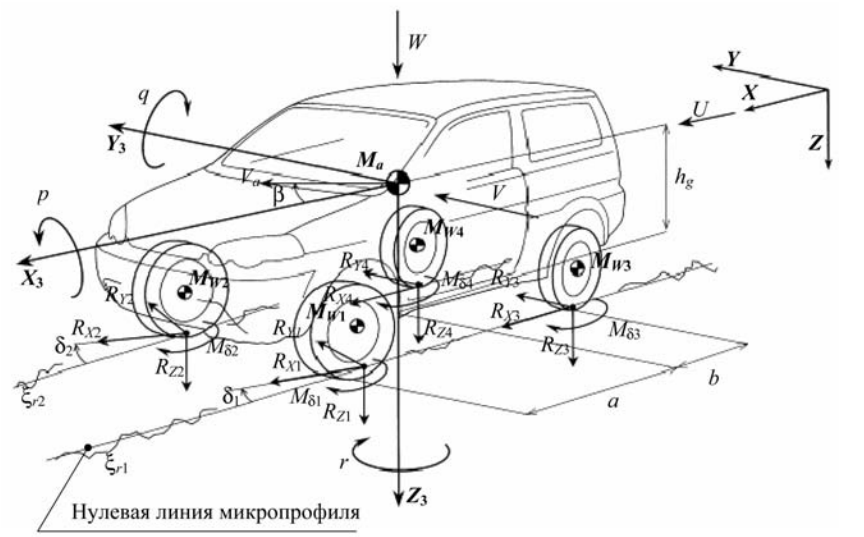


Рис. 4. Расчетная схема двухосного автомобиля, предназначенная для решения задач первого этапа

поведение не зависит от их конкретного конструктивного исполнения. Это обеспечивает высокую универсальность общей модели автомобиля, позволяет многократно сократить продолжительность вычислений и реализовать оптимизационные процедуры при высокой степени точности получаемых результатов.

Модели и методики для решения задач оптимизации традиционных конструкций АТС по показателям управляемости и устойчивости в условиях ровной и неровной дорог достаточно глубоко проработаны для двух- и трехосных прототипов АТС. В итоге на первом этапе для двухосного автомобиля выбрана пятимассовая расчетная схема (рис. 4), которая описывается системой, состоящей из 11 уравнений (формулы № 1 в табл. 1).

Для описания кинематики подвески с учетом особенностей решения оптимизационных задач первого этапа используются обобщенные рабочие характеристики, определяющие относительные перемещения подрессоренных и неподрессоренных масс. В математической модели это кинематические характеристики, описывающие продольное и боковое смещения центра пятна контакта колеса с опорной поверхностью, изменение развала и доворот колеса – в функции углов бокового и продольного кренов кузова, а также его вертикального перемещения (формулы № 2).

Таблица 1

№ формулы	Формула	Примечания
1	$\begin{cases} \dot{U} - \nu r + Wq = Q_1 / M_a \\ \dot{\nu} + Ur - Wp = Q_2 / M_a \\ \dot{W} + \nu p - Uq = Q_3 / M_a \\ I_x\dot{p} - qr(I_y - I_z) - I_{zx}(\dot{r} + pq) = Q_4 \\ I_y\dot{q} - pr(I_z - I_x) + I_{zx}(p^2 - r^2) = Q_5 \\ I_z\dot{r} - pq(I_x - I_y) + I_{zx}(rq - \dot{p}) = Q_6 \\ \dot{U}_{wi} - \nu_{wi} r_{wi} = Q_{w1i} / M_{wi} (i = 1, \ldots, 4) \\ \dot{\nu}_{wi} + U_{wi} r_{wi} - W_{wi} p_{wi} = Q_{w2i} / M_{wi} \\ \dot{W}_{wi} + \nu_{wi} p_{wi} = Q_{w3i} / M_{wi} \\ I_{wxi}\dot{p}_{wi} - I_{wzxi}\dot{r}_{wi} = Q_{w4i} \\ I_{wzi}\dot{r}_{wi} - I_{wzxi}\dot{p}_{wi} = Q_{w5i} \end{cases}$	U, ν, W – проекции линейной скорости центра масс автомобиля соответственно на оси X, Y, Z подвижной системы координат; $\dot{U}$, $\dot{\nu}$, $\dot{W}$ – производные от соответствующих линейных скоростей; I_x, I_y, I_z – моменты инерции автомобиля относительно осей X, Y, Z; I_{zx} – произведение инерций относительно осей X и Z; r, p, q – проекции угловой скорости подрессоренной массы соответственно на оси X, Y, Z подвижной системы координат; $\dot{r}, \dot{p}, \dot{q}$ – производные от соответствующих угловых скоростей; M_a – подрессоренная масса; $Q_1, \ldots, Q_6$ – квазиобобщенные силы в уравнениях динамики кузова; U_{wi}, ν_{wi}, W_{wi} – проекции линейной скорости центра i-й неподрессоренной массы на оси X, Y, Z подвижной системы координат; $\dot{U}_{wi}$, $\dot{\nu}_{wi}$, $\dot{W}_{wi}$ – производные от соответствующих скоростей i-й неподрессоренной массы; I_{wxi}, I_{wzi} – моменты инерции i-й неподрессоренной массы относительно осей X_i и Z_i; I_{wzxi} – произведение инерции i-й неподрессоренной массы относительно осей X_i и Z_i; p_{wi}, r_{wi} – проекции угловой скорости i-й неподрессоренной массы соответственно на оси X, Z подвижной системы координат; $\dot{p}_{wi}$, $\dot{r}_{wi}$ – производные от соответствующих скоростей; M_{wi} – i-я неподрессоренная масса; $Q_{1wi}, \ldots, Q_{5wi}$ – квазиобобщенные силы в уравнениях динамики неподрессоренных масс
2	$S_{pX} = \partial X_w / \partial p_a$; $S_{pY} = \partial Y_w / \partial p_a$; $S_{pp} = \partial p_w / \partial p_a$; $S_{pr} = \partial r_w / \partial p_a$; $S_{qX} = \partial X_w / \partial q_a$; $S_{qY} = \partial Y_w / \partial q_a$; $S_{qp} = \partial p_w / \partial q_a$; $S_{qr} = \partial r_w / \partial q_a$; $S_{ZX} = \partial X_w / \partial Z_a$; $S_{ZY} = \partial Y_w / \partial Z_a$; $S_{Zp} = \partial p_w / \partial Z_a$; $S_{Zr} = \partial r_w / \partial Z_a$;	$S_{pX}, S_{pY}, S_{pp}, S_{pr}$ – кинематические характеристики соответственно продольного и бокового перемещения центра пятна контакта, а также развала и доворота колеса от бокового крена кузова; S_{qX}, S_{qY}, S_{qp}, S_{qr} – кинематические характеристики соответственно продольного и бокового перемещения центра пятна контакта, а также развала и доворота колеса от продольного крена кузова; S_{ZX}, S_{ZY}, S_{Zp}, S_{Zr} – кинематические характеристики соответственно продольного и бокового перемещения центра пятна контакта, а также развала и доворота колеса от вертикального перемещения кузова; p_a – боковой крен кузова; q_a – продольный крен кузова; Z_a – вертикальное перемещение кузова; X_W – продольное перемещение центра колеса; Y_W – боковое перемещение центра колеса; p_W – развал колеса; r_W – доворот колеса

№ формулы	Формула	Примечания
3	$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_0}{\partial \dot{q}_1}\right)-\frac{\partial T_0}{\partial q_1}=m_0\begin{bmatrix}\dot{v}_x-\dot{\psi}v_y+\dot{r}v_z-(\dot{\psi}^2+r^2)x_0+\\+(x\dot{r}\dot{p}-\dot{\psi})y_0+(\dot{r}^2+\dot{\psi}\dot{p})z_0\end{bmatrix};$ $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_0}{\partial \dot{q}_2}\right)-\frac{\partial T_0}{\partial q_2}=m_0\begin{bmatrix}\dot{v}_y-\dot{\psi}v_z+\dot{r}v_x-(\ddot{\psi}+\dot{p}\dot{r})x_0-\\-(\dot{\psi}^2+\dot{p}^2)y_0+(\dot{\psi}\dot{r}-\ddot{p})z_0\end{bmatrix};$ $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_0}{\partial \dot{q}_3}\right)-\frac{\partial T_0}{\partial q_3}=m_0\begin{bmatrix}\dot{v}_z-\dot{r}v_x+\dot{p}v_y+(\dot{p}\dot{\psi}-\ddot{r})x_0+\\+(\ddot{p}+\dot{r}\dot{\psi})y_0-(\dot{p}^2+\dot{r}^2)z_0\end{bmatrix};$ $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_0}{\partial \dot{q}_4}\right)-\frac{\partial T_0}{\partial q_4}=I_{x0}\ddot{p}+(\dot{v}_z-\dot{r}v_x+\dot{p}v_y)m_0y_0+$ $+(\dot{p}v_z-\dot{v}_y-\dot{\psi}v_x)m_0z_0+(\dot{p}\dot{\psi}-\ddot{r})P_{xy0}-(\dot{p}\dot{r}+\ddot{\psi})P_{xz0}+;$ $+(\dot{\psi}^2-\dot{r}^2)P_{yz0}+\dot{r}\dot{\psi}(I_{z0}-I_{y0})$ $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_0}{\partial \dot{q}_5}\right)-\frac{\partial T_0}{\partial q_5}=I_{y0}\ddot{r}+(\dot{r}v_x-\dot{p}v_y-\dot{v}_z)m_0x_0+$ $+(\dot{v}_x-\dot{\psi}v_y+\dot{r}v_z)m_0z_0-(\dot{\psi}\dot{r}+\ddot{p})P_{xy0}+(\dot{p}^2-\dot{\psi}^2)P_{xz0}+;$ $+(\dot{r}\dot{p}-\ddot{\psi})P_{yz0}+\dot{p}\dot{\psi}(I_{x0}-I_{z0})$ $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_0}{\partial \dot{q}_6}\right)-\frac{\partial T_0}{\partial q_6}=I_{z0}\ddot{\psi}+(\dot{\psi}v_x+\dot{v}_y-\dot{p}v_z)m_0x_0+$ $+(\dot{\psi}v_y-\dot{r}v_z-\dot{v}_x)m_0y_0+(\dot{r}^2-\dot{p}^2)P_{xy0}+(\dot{\psi}\dot{r}-\ddot{p})P_{xz0}-$ $-(\dot{\psi}\dot{p}+\ddot{r})P_{yz0}+\dot{p}\dot{r}(I_{y0}-I_{x0})$	I_{x0}, I_{y0}, I_{z0} и P_{xy0}, P_{xz0}, P_{yz0} – моменты инерции и произведения инерции подрессоренной массы относительно осей x, y, z; x_0, y_0, z_0 – координаты центра подрессоренной массы
4	$\Phi_j=\iint\limits_S W_{\text{опт}}dS-\iint\limits_S W_{\text{исх}}dS$	j – номер, соответствующий выбранной кинематической характеристики; S – проекция поверхности отклика на координатную плоскость

Для трехосного автомобиля расчетная схема составлена по тому же принципу (рис. 5) и описывается системой из шести уравнений (формулы № 3). Подробное описание модели представлено в работе [2].

Исходя из результатов первого этапа, в качестве универсального критерия оптимизации второго этапа используется объем между оптимальной поверхностью отклика (характеристикой, полученной на первом этапе) и аналогичной поверхностью, полученной в результате кинематических расчетов для исходных параметров конструкции исследуемого узла (соответственно для каждой передаточной функции). Это формула № 4.

Минимизируя объем, заключенный между поверхностями, можно получить такую поверхность отклика, при которой рабочая характеристика узла будет максимально приближена к оптимальной. Однако получение характеристик, идеально совпадающих с оптимальными, рассчитанными при реализации первого этапа, процесс довольно сложный. Причины тому – погрешности при вычислении; некоторые допущения, принятые как в модели автомобиля, так и узла; функциональные и параметрические ограничения, наложенные при решении задач обоих этапов. Следовательно, после осуществления этих этапов необходимо оценить, насколько автомобиль с выбранной конструктивной схемой узла превосходит прототип по выбранным показателям управляемости и устойчивости, т.е. провести сравнительный анализ автомобиля с исходной геометрией подвески и автомобиля с выбранным оптимальным вектором кинематических параметров подвески.

С целью проверки работоспособности математического описания двух- и трехосных прототипов (табл. 2) на дорогах НИЦИАМТ были выполнены экспериментальные исследования, которые подтвердили адекватность разработанных моделей.

Развитие конструкции современных АТС потребовало развития соответствующих методов оптимизации. При этом технология (задачи) двухэтапного оптимального проектирования АТС были разделены на три группы (табл. 3).

В процессе решения задач первой группы выполнялась оптимизация конструктивных параметров автомобиля, не обладающего адаптивными агрегатами. Ее результаты для испытаний на ровной дороге представлены в табл. 4, а на неровной – в табл. 5.

В процессе совершенствования методики появилась возможность выполнять поиск законов регулирования параметрами агрегатов и систем автомобиля с учетом условий эксплуатации (задачи второй группы). Результаты реализации этой возможности (применительно к адаптивной

Страницы истории

1959 ã. Ï î ä ðóêî âî äñòâî ì äî êòî ðà òåõí è÷åñêèõ íàóê À.À. Ëèï ãàðòà è Ñ.Á. ×èñòî çâî í î âà ðàçðàáî òàí äèçåëüí ûé äâèãàòåëü Í ÀÌ È-019, ï ðåäñòàâëÿþù èé ñî áî é V-î áðàçí ûé ø åñòèöèëèí äðî âûé äèçåëü (óãî ë ðàçâàëà 90°), ðàçì åðí î ñòüþ *D*/*S* = 132/150, ì î ù í î ñòüþ 180 ë.ñ. ï ðè 2000 ì èí $^{-1}$.

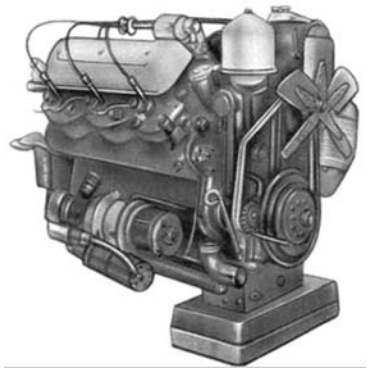


Рис. 5. Расчетная схема трехосного автомобиля, предназначенная для решения задач первого этапа

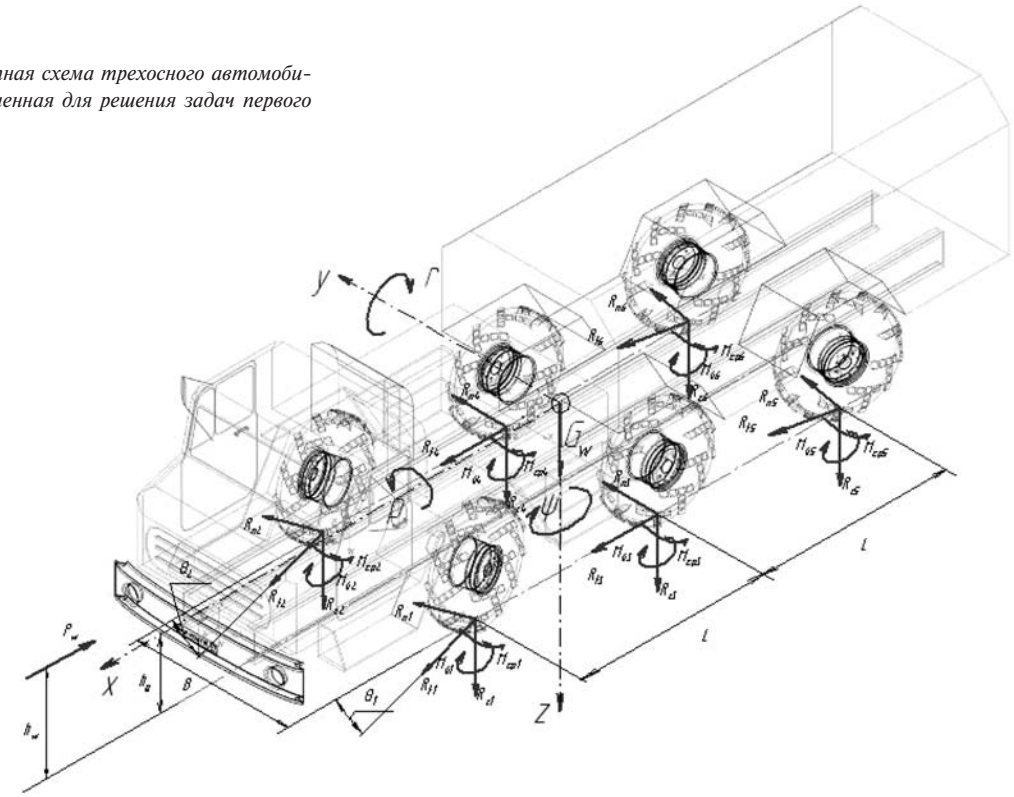


Таблица 2

Расчетная схема	Прототип и условия его исследований	
Двухосная одномассовая	Автомобиль УАЗ-3160 (2000 г.) Ровная дорожная поверхность	
Двухосная пятимассовая	Автомобиль ВАЗ-2119 (2004 г.) Неровная дорожная поверхность	
Трехосная семимассовая	Автомобиль-гидроход ЗИЛ (2009 г.) Неровная дорожная поверхность	

Таблица 3

Группа задач	Этап	Содержание этапа
1	1	Оптимизация параметров рабочих характеристик узлов и агрегатов автомобиля
	2	Оптимизация параметров узлов и агрегатов реальных конструкций автомобиля
2	1	Оптимизация параметров рабочих характеристик систем регулирования узлов и агрегатов автомобиля
	2	Оптимизация параметров узлов и агрегатов реальных конструкций систем регулирования автомобиля
3	1	Оптимизация параметров рабочих характеристик узлов и агрегатов систем безопасности автомобиля
	2	Оптимизация параметров узлов и агрегатов реальных конструкций систем активной безопасности автомобиля

Таблица 4

Объект оптимизации	Автомобиль			
	Прототип ВАЗ-1119 (2000 г.)	УАЗ-3160 (2000 г.)	Прототип ВАЗ-1118 (2004 г.)	Прототип ВАЗ-1119 (2001 г.)
Оптимизируемые узлы и агрегаты	Комплексная оптимизация конструктивных параметров подвески, рулевого управления и шины			Передняя подвеска типа "МакФерсон"
Математическая модель	Одномассовая, с учетом кинематики неподрессоренных элементов по четырем степеням свободы			
Число:				
критериев оптимизации	13	20	10	13
варьируемых параметров	45	45	45	21
пробных точек (в цикле)	2048	2048	2048	4000
Среднее улучшение по всем критериям, %	26	27	33	11

Страницы истории

23 èþ ëÿ 1964 ã. ïðèêàçîì ¹ 123 ïðåäñåäàòåëÿ Ãîñêîìèòåòà àâòîòðàêòîðíîãî è ñåëüñêîõîçÿéñòâåííîãî ìàøèíîñòðîåíèÿ ñîçäàí ôèëèàë ÍÀÈ – Öåíòðàëüíûé íàó÷íî-èññëåäîâàòåëüñêèé àâòîìîáèëüíûé ïîëèãîí, êîòîðûé ñòàë ïðåäâîì â ñòðîéíîé íåøèâ Âîãîïåè íåóñòóïàòåëüíûì çàðóáåæíûì ñîðóæåíèÿì.

Таблица 5

Объект оптимизации	Прототип ВАЗ-1119 (2003 г.)		Прототип ВАЗ-1118 (2004 г.)	
Дорожные условия	Асфальт	Булыжная дорога удовлетворительного качества	Асфальт	"Бельгийская мостовая"
Математическая модель	Пятимассовая с учетом динамики неподрессоренных масс по одной степени свободы. Кинематика неподрессоренных масс учитывается по пяти степеням свободы			
Узлы и агрегаты	Комплексная оптимизация конструктивных параметров подвески, рулевого управления и шины			
Число:				
критериев оптимизации	3	8	4	5
варьируемых параметров	16	14	17	15
пробных точек (в цикле)	1024	1024	1024	1024
Среднее улучшение по всем критериям, %	9	12	12	13

Таблица 6

Объект оптимизации	Прототип ВАЗ-1119 (2010 г.)	Прототип ВАЗ-1118 (2011 г.)
Дорожные условия	Ровная дорога, асфальт, "Бельгийская мостовая"	Ровная дорога, асфальт, булыжная дорога удовлетворительного качества
Математическая модель	Пятимассовая с учетом динамики неподрессоренных масс по одной степени свободы. Кинематика неподрессоренных масс учитывается по пяти степеням свободы	
Оптимизируемые узлы и агрегаты	Комплексная оптимизация конструктивных параметров подвески	
Число:		
критериев оптимизации	21	21
варьируемых параметров	4	10
пробных точек (в цикле)	2048	4096
Среднее улучшение по всем критериям, %	7	9

подвеске автомобиля) представлены в табл. 6.

В настоящее время создаются и совершенствуются алгоритмы и модели для решения задач третьей группы с учетом появления интеллектуальных систем активной безопасности. При этом предполагается, что требуемые рабочие характеристики системы (например, современный ESP) будут получаться с учетом конструктивных особенностей проектируемого автомобиля. То есть процесс адаптации и экспериментальной настройки системы под конкретный автомобиль должен существенно сократиться.

В итоге три группы задач, решаемых с помощью двухэтапного подхода, станут единой методикой оптимального проектирования современных АТС, обеспечивающей их высокие эксплуатационные характеристики еще на проектной его стадии.

Литература

1. Соболь И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. М.: Дрофа, 2006. – 175 с.
2. Бахмутов С.В., Гусаков Д.Н. Математическая модель движения автомобиля как многомассовой системы // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2008. № 1. С. 6–12.

УДК 629.017

Î ÖÅÍ ÊÀ ÝÔÔÅÊÒÈÂÍ Î ÑÒÈ ÐÀÁÎ ÒÛ ÝËÅÊÒÐÎ Í Í Û Õ ÑÈÑÒÅÌ ÊÎ Í ÒÐÎ Ëß ÓÑÒÎ É×ÈÂÎ ÑÒÈ ÀÒÑ

Êàí äèäàòû òåõí . í àóê **Â.È. ÑÀËÜÍ ÈÊÎ Â** è **Þ .Í . ÊÎ ÇËÎ Â, À.À. Ï ÐÎ ÊÎ ÔÜÅÂ, Ì .Á. ÑÛ ÐÎ Ï ÀÓÒ Â**
Í ÈÖÈÀÌ ÒÔÃÓÏ "Í ÀÌ È" (495.994-99-07)

Рассматриваются принцип работы и методы оценки эффективности электронных систем контроля устойчивости АТС.

Êëþ÷åâûå ñëî âà: *Правила ЕЭК ООН, электронные системы контроля устойчивости, методы испытаний.*

Salnikov V.I., Kozlov Yu.N., Prokofiyev A.A., Syropatov M.B.

CHECK OF EFFECTIVENESS OF FUNCTION ELECTRONIC STABILITY CONTROL SYSTEM OF ATS

Principle of work and methods of an estimation of efficiency of systems is electronic stability control are considered.

Keywords: *Regulations ECE UN, electronic stability control system, methods of test.*

Разработка и применение системы электронного контроля устойчивости (ЭКУ) по своей значимости для управляемости автомобиля и повышения его активной безопасности сравнимы с разработкой и применением АБС тормозов: благодаря этим системам стало возможным предотвращение большого числа ДТП и сохранение многих человеческих жизней при их совершении. Что вполне объяснимо. Основной принцип действия ЭКУ основан на контроле траектории движения и положения центра масс АТС. Система измеряет углы поворота руля, бокового ускорения, угловые скорости продольной оси АТС, обрабатывает их с помощью электронного блока управления и подает сигнал на торможение одного или нескольких колес. Что создает крутящий момент вокруг вертикальной оси, тем самым предотвращая возможный снос, занос и опрокидывание АТС.

Работа систем регламентируется международными нормативными документами. Это Глобальные технические правила № 8 "Электронные системы контроля устойчивости" (приняты 26 июня 2008 г.), Правила № 13-Н ЕЭК ООН "Торможение легковых автомобилей", Дополнение 7 (2009 г.) и Правила № 13-11 ЕЭК ООН "Торможение грузовых автомобилей и автобусов". Первый из перечисленных документов вступил в силу со дня его принятия, для второго и третьего в странах ЕЭС был установлен переходный период до 1 ноября 2011 г., а их национальная регистрация – с 1 ноября 2013 г., для РФ получение ОТТС и национальная регистрация – с 1 января 2014 г.; четвертый – с 1 июля 2008 г. В июле 2008 г. вступили в силу поправки серии 11 к Правилам № 13 ЕЭК ООН, в которых введены требования к системам обеспечения устойчивости механических транспортных средств и прицепов.

Согласно требованиям Глобальных правил, все транспортные средства категорий M_2, M_3, N_2, N_3, имеющие не более трех осей, должны быть оснащены устройством обеспечения их устойчивости, которое предотвращает опрокидывание и осуществляет контроль траектории движения АТС. Все транспортные средства категорий O_3 и O_4, имеющие не более трех осей и оснащенные пневматической подвеской, должны быть оборудованы устройством обеспечения устойчивости, которое выполняет по крайней мере функцию противоопрокидывания АТС. Причем все перечисленные выше функции должны соответствовать техническим требованиям, изложенным в Приложении 21 к Правилам № 13 ЕЭК ООН. Однако новые предписания не распространяются на транспортные средства повышенной проходимости, специального назначения (подвижные установки на нестандартном шасси (например, краны), транспортные средства с гидростатическим приводом, на которых система такого привода используется также для торможения и вспомогательных функций); автобусы классов I и A, относящиеся к категориям M_2 и M_3; сочлененные городские и междугородные автобусы; тягачи категорий N_2 для полуприцепов полной массой от 3,5 до 7,5 т; прицепы для перевозки нестандартных грузов, с площадками для перевозки стоящих пассажиров.

Существенно дополнилось Приложение 19 к Правилам № 13 ЕЭК ООН, регламентирующее процедуры проведения испытаний, которые применяются при определении эксплуатационных характеристик элементов тормозной системы: в нем появились пункты, касающиеся описания, процедуры выбора и испытания новой системы. Кроме того, Добавление 7 к Приложению 19 содержит форму информационного документа, касающегося функции обеспечения устойчивости АТС, а Добавление 8 – форму протокола испытаний.

Страницы истории

1981–1983 ãã. Çàâåðø èëèñü èñïû òàí èÿ è î ðãàí èçî âàí î ñåðèéí î å ï ðî èçâî äñòâî ñí åãã áî ëî òî õî äà "Óðàë-5920" í à çàâî äå ÓðàëÀÇ. Ðóêî âî äèòåëü ðàáî ò î ò Í ÀÌ È êàí ä. òåõí . í àóê Ã.À. Êðåñòî âí èêî â, î ò ÓðàëÀÇ ãëàâí ûé êî í ñòðóêòî ð À.À. Ðî ì àí ÷åí êî .

1984 ã. Â Êóòàèñè í à÷àòî ï ðî èçâî äñòâî ãðóçî âî ãî àâòî ï î åçäà ñåëüñêî ãî çÿéñòâåí í î ãî í àçí à÷åí èÿ ñ òÿ-ãà÷î ì òèï à 4×4 ÊÀÇ-4540 ãðóçî ï î äúåì í î ñòüþ 11 ò, ðàçðàáî òàí í î ãî â Í ÀÌ È (ï ðî òî òè ï Í ÀÌ È-0215) ñî -âì åñòí î ñ Êóòàèññêèì àâòî ì î áèëüí ûì è ßðî ñëàâ-ñêèì ì î òî ðí ûì çàâî äàì è. Ðóêî âî äèòåëè ðàáî ò: ä-ð òåõí . í àóê Ç.Ë. Ñèðî òêèí , êàí ä. òåõí . í àóê Ñ.À. Ø óê-ëèí , Ë.Å. Ãëèí åð.

Новые предписания коснулись также Приложения 20, определяющего альтернативную процедуру для официального утверждения прицепов по типу конструкции на основе информации, содержащейся в протоколах испытаний, составляемых в соответствии с Приложениями 11 и 19. В Приложение 20 добавлены пункты, содержащие альтернативную процедуру демонстрации рабочих характеристик прицепа, оснащенного функцией обеспечения устойчивости АТС.

Особые требования к транспортным средствам, оснащенным такой же функцией, содержатся в новом Приложении 21. Здесь описываются общие положения и требования к механическим транспортным средствам и прицепам.

Так, для контроля траектории движения механических транспортных средств указанная выше функция должна в индивидуальном порядке автоматически контролировать скорости вращения левых и правых колес на каждой оси либо на оси каждой группы осей путем селективного торможения на основе сравнения фактического поведения транспортного средства с тем поведением, которого требует водитель.

В случае противоопрокидывания данная функция должна автоматически контролировать скорость вращения по меньшей мере двух колес каждой оси либо группы осей путем селективного либо автоматического торможения на основе оценки фактического поведения транспортного средства, которое может привести к его опрокидыванию.

Помимо селективного и/или автоматического торможения, функция обеспечения устойчивости АТС должна предусматривать следующие четыре возможности: контролировать мощность на выходном валу двигателя; определять фактическое поведение АТС на основе значений отклонения от траектории его движения, горизонтального ускорения угловой скорости вращения колес с учетом контроля водителя за функционированием тормозной и рулевой систем, а также двигателя (в случае функции контроля траектории движения); оценивать фактическое поведение АТС на основе значений вертикальной силы, действующей на шину или шины (либо, по крайней мере, горизонтального ускорения и скорости вращения колес) с учетом контроля водителя за функционированием тормозной системы и двигателя (в случае функции противоопрокидывания); анализировать способность АТС применять, независимо от водителя, рабочий тормоз прицепа через соответствующую линию управления (если тягач оснащен питающей и управляющей соединительными магистралями).

До согласования единообразных процедур испытания метод, используемый для демонстрации, согласовывается изготовителем АТС и Технической службой и предусматривает надлежащие критические условия для проверки эффективности контроля траектории движения и функции противоопрокидывания, являющиеся частью функции обеспечения устойчивости АТС. При этом используется один из следующих динамических маневров:

Контроль траектории движения	Функция противоопрокидывания
Испытание на уменьшение радиуса	Испытание по круговой траектории в постоянном режиме
Испытание на ступенчатое изменение угла поворота	*J*-образный разворот
Синусоидальный маневр с остановкой	–
J-образный разворот	–
Выезд из ряда	–
Двойной выезд из ряда	–
Испытание с резким поворотом руля вправо и влево или испытание типа "рыболовный крючок"	–
Испытание на синусоидальной асимметричный или импульсный маневр	–

Задействование функции обеспечения устойчивости АТС должно указываться водителю с помощью конкретного оптического предупредительного сигнала, который повторяется до тех пор, пока функция обеспечения устойчивости продолжает действовать.

Для прицепов, оснащенных функцией обеспечения устойчивости АТС, должны применяться следующие предписания.

При контролировании траектории движения данная функция должна автоматически контролировать в индивидуальном порядке скорости вращения левых и правых колес на каждой оси либо на оси каждой из групп осей посредством селективного торможения на основе оценки фактического поведения прицепа по сравнению с предписанным поведением тягача. В случае противоопрокидывания эта функция должна предусматривать автоматический контроль скорости вращения по меньшей мере двух колес каждой оси или группы осей с помощью селективного либо автоматического торможения на основе оценки фактического поведения прицепа, которое может привести к его опрокидыванию. Кроме того, функция обеспечения устойчивости должна предусматривать как минимум возможность определять фактическое поведение прицепа на основе значений вертикальной силы, действующей на шину (шины), либо горизонтальное ускорение и скорость вращения колес.

Для демонстрации функции обеспечения устойчивости прицепов используются такие же динамические маневры, что и для механических транспортных средств.

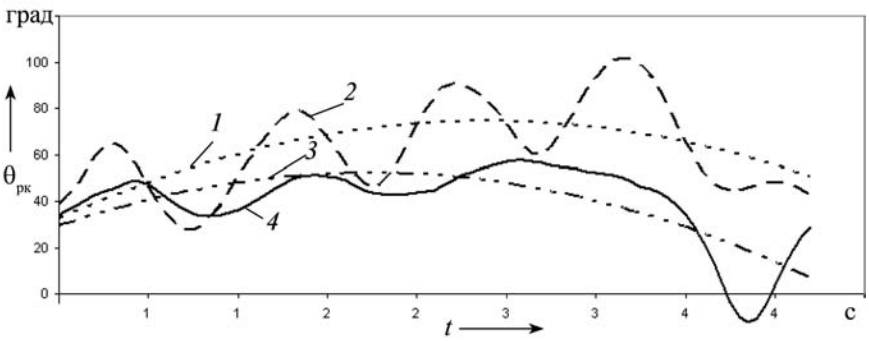
В качестве альтернативы динамическому маневрированию на АТС, оснащенных уже проверенной ранее системой обеспечения устойчивости, Технической службе могут быть предоставлены результаты фактических испытаний АТС либо компьютерного моделирования этих испытаний. Причем в последнем случае должна быть продемонстрирована устойчивость АТС в двух его состояниях (нагруженном и ненагруженном) как с помощью задействования функции обеспечения устойчивости, так и без ее задействования.

Метод моделирования должен учитывать основные факторы, воздействующие на траекторию движения АТС и способные вызвать его опрокидывание. Типичная модель может явно или косвенно включать следующие элементы АТС: ось/колесо; подвеску; шину; ходовую часть/кузов; силовую передачу/трансмиссию, если это применимо; тормозную систему; полезную нагрузку.

Моделирование прицепа выполняется после его сцепки с репрезентативным транспортным средством - тягачом. Осуществляется это с использованием соответствующего аттестованного устройства, параметры функционирования которого должны быть сопоставимы с результатами практических испытаний на АТС данного типа. В ходе испытаний соответственно регистрируются либо рассчитывают-

Рис. 1. Изменение угла поворота рулевого колеса при включенной и выключенной системе ЭКУ:

1 – расчетные данные при включенной системе; *2* – то же по результатам эксперимента; *3* – расчетные данные при выключенной системе; *4* – то же по результатам эксперимента



ся скорость отклонения АТС от траектории; его горизонтальное ускорение; нагрузка на колесо либо подъем колеса; скорость движения вперед; действия водителя.

На основе моделирования составляется протокол испытаний, форма которого приведена в Добавлении 3 к Приложению 21 к Правилам № 13 ЕЭК ООН. При этом протокол включает идентификацию моделирующего устройства, область его применения, проверочные испытания и описание АТС, а также результаты моделирования, полученные с включенной и отключенной функцией обеспечения устойчивости.

В связи со сложностью создания нормативных требований при испытании таких систем на скользких и переходных поверхностях аналогичных требований пока нет, и в настоящее время ведутся научно-экспериментальные исследования в этой области. Причем для Российской Федерации, где бо́льшую часть года дороги находятся во влажном или скользком состоянии, данные исследования приобретают особую важность, хотя и оказываются особенно сложными. Тем не менее НИЦИАМТ ФГУП "НАМИ" совместно с академическими университетами такие исследования ведет и по их результатам разрабатывает методы оценки эффективности систем электронного контроля устойчивости именно на скользких и переходных покрытиях. Например, уже получены результаты испытаний при торможении легкового автомобиля, оборудованного АБС и системой ЭКУ, на повороте радиусом 105 м в условиях неодинаковых значений коэффициента сцепления по его бортам (левый борт – мокрое асфальтобетонное покрытие с μ = 0,75, правый борт – мокрая базальтовая плитка с μ = = 0,2). Торможение осуществлялось со скорости 50 км/ч. При этом автомобиль развернулся на угол 720°. Такие не соответствующие ожиданиям результаты испытаний автомобиля с повышенной массой привели к выводу: вспомогательные системы, которые должны обеспечить его устойчивость, своего предназначения в данных условиях выполнять не могут.

Есть уже результаты развития опасной дорожной ситуации в рассматриваемых дорожных условиях для случая, когда автомобиль движется равномерно при наличии небольшой боковой силы P_y (например, эквивалентной 10 % силы автомобиля) при скорости движения, равной 10 м/с (36 км/ч). Они говорят о следующем.

При пересечении правым передним колесом границы раздела опорной поверхности с разными сцепными свойствами правое переднее колесо автомобиля, снабженного электронной системой контроля устойчивости (ESP), попадая на участок с высокими сцепными свойствами, начинает затормаживаться. Остальные же колеса, находящиеся на поверхности с низкими сцепными свойствами, сохраняют более высокие скорости вращения. Что ведет к потере управляемости и устойчивости движения. То же самое наблюдается при равномерном движении автомобиля по криволинейной траектории на дороге с участками "микст".

Проверена и эффективность ЭКУ при движении автомобиля на повороте. Установлено, что при "радиусном движении на дороге с низким коэффициентом сцепления" предельная скорость включения ЭКУ несколько (с 60,4 до 58,8 км/ч) снижается, но число корректирующих поворотов рулевого колеса при этом существенно уменьшается (см. кривые углов $\theta_{рк}$ поворота на рис. 1). То есть эффект работы ЭКУ в данном случае можно считать положительным.

Однако это – частный факт. В некоторых ситуациях ЭКУ может быть не только неэффективной, но и опасной. Например, при испытании "переход на радиусном участке" предельная скорость при включенной и выключенной системе ЭКУ на повороте примерно одинакова ($v_{пр}$ = 46 км/ч; $v'_{пр}$ = 46,3 км/ч). При превышении этой скорости автомо-

Страницы истории

1987 ã. Ðàçðàáîòàí à êî í ñòðóêöèÿ è èçãî òî âëåí î áðàçåö 52-ôî í í î ãî , ýêî ëî ãè÷åñêè ÷èñòî ãî ì àãèñòðàëüí î ãî àâòî ï î åçäà (6×4) "Òàéô óí " ñ äèçåëüí ûì äâèãàòåëåì ßì Ç-8424 (ðóêî âî äèòåëü Þ .Ï . Í àçàðî â).

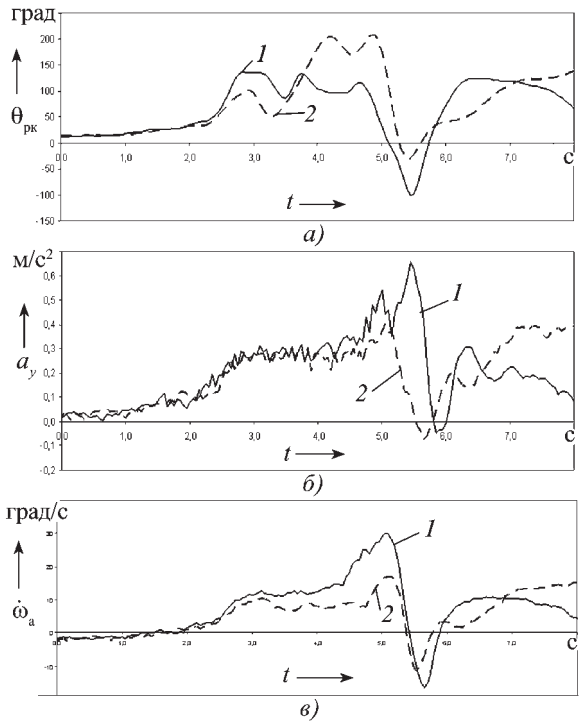


Рис. 2. Изменение угла поворота рулевого колеса (а), бокового ускорения (б) и угловой скорости (в) автомобиля при включенной системе ЭКУ:
1 – система включена; *2* – система выключена

биль теряет устойчивость движения. При отключенной системе ЭКУ автомобиль плавно выходит за внешнюю границу коридора из-за недостатка сцепления с опорной поверхностью; в заездах же с включенной ЭКУ скорость выполнения маневров ограничивается резкой потерей курсовой устойчивости при переходе с базальтового покрытия на асфальтобетонное (рис. 2).

Такой эффект, по всей вероятности, обусловлен тем, что при движении по базальтовому покрытию с крайне низким коэффициентом сцепления ЭКУ, распознавая увеличение радиуса кривизны траектории и рассогласование реальной траектории с задаваемой водителем, начинает подтормаживать колеса внутреннего борта, создавая момент относительно вертикальной оси, направленный в сторону поворота. При попадании переднего внутреннего колеса на асфальтобетонное покрытие, момент резко увеличивается, что и приводит к потере курсовой устойчивости.

Полученные в НИЦИАМТ данные позволяют создать метод и нормы оценки эффективности систем ЭКУ именно для наших скользких и переходных дорожных покрытий, что, безусловно, дает возможность более полно оценивать безопасность систем ЭКУ, устанавливаемых на автомобилях, которые предназначены для работы именно на территории нашей страны.

УДК 629.113

Î ÁÅÑÏ Å×ÅÍ ÈÅ ÁÅÇÎ Ï ÀÑÍ Î ÑÒÈ ÀÂÒÎ Ì Î ÁÈËÜÍ Î É ÒÅÕÍ ÈÊÈ Â ÐÎ ÑÑÈÈ Â ÓÑËÎ ÂÈßÕ×ËÅÍ ÑÒÂÀ Â ÂÒÎ È ÒÀÌ Î ÆÅÍ Í Î Ì ÑÎ Þ ÇÅ

Ä-ð òåõí . í àóê **Á.Â. ÊÈÑÓËÅÍ ÊÎ**
ÔÃÓÏ "Í ÀÌ È" (495 456-62-51)

Рассматривается использование технических регламентов как нетарифного инструмента регулирования рынка автомобильной техники в России в условиях членства в ВТО и Таможенном союзе.

Êëþ÷åâû å ñëî âà: *технические регламенты, безопасность, одобрение типа транспортного средства, сертификат соответствия, Таможенный союз, Правила ООН, ЭРА-ГЛОНАСС.*

Kisulenko B.V.

MOTOR VEHICLE SAFETY IN RUSSIAN MEMBERSHIP IN WTO AND CUSTOMS UNION

Technical regulations are instruments of nontariff regulating of motor vehicle market in Russia when the Russian Federation is a member of WTO and the Customs Union.

Keywords: *technical regulations, safety, whole vehicle type approval, certificate of conformity, the Customs Union, UN Regulations, ERA-GLONASS, eCall.*

Вступление России в ВТО повлекло за собой снижение таможенных пошлин на импортируемую автомобильную технику и потребовало уделять больше внимания техническому регулированию как нетарифному способу воздействия на выпуск в обращение на территории страны безопасных АТС. Не в меньшей степени сказывается и образование Россией, Белоруссией и Казахстаном Таможенного союза: оно практически ликвидировало внутренние границы между его участниками и перенесло таможенное оформление продукции из третьих стран на внешние границы этого союза. Для автомобильной техники, для которой оформление паспортов на основании документов, подтверждающих ее безопасность, стала функцией таможенных органов на данных границах, и ситуация стала более сложной из-за отсутствия достаточного опыта у их сотрудников. В этой связи документами, определяющими безопасность автомобильной техники, в том числе ранее эксплуатировавшейся за пределами Российской Федерации, стали национальные технические регламенты "О требованиях к выбросам автомобильной техники, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ" (утвержден в 2005 г.) и "О безопасности колесных транспортных средств" (утвержден в 2009 г.).

Первый из этих регламентов предусматривает постепенный переход на международные нормы в отношении выбросов вредных веществ, что способствует существенному снижению экологической нагрузки на окружающую среду.

Так, в нем установлен 100%-ный выпуск автомобильной техники экологического класса 2 ("Евро-2") с момента вступления регламента в действие, т.е. с апреля 2006 г., и до 31 декабря 2007 г., что уменьшило вредные выбросы автобусами и грузовыми автомобилями в 2,0...2,8 раза, а легковыми автомобилями при использовании неэтилированного бензина и нейтрализаторов отработавших газов – в 10 раз.

С 1 января 2008 г. до 31 декабря 2011 г. действовали требования экологического класса 3 ("Евро-3"), с 1 января 2010 г. для новых типов транспортных средств и для всех впервые выпускаемых в обращение на территории России

ранее находившихся в эксплуатации автомобилей и автобусов – требования экологического класса 4 ("Евро-4"). С 1 января 2014 г. для новых типов грузовых автомобилей и автобусов с дизелями и газовыми двигателями становится обязательным экологический класс 5 ("Евро-5").

Но несмотря на определенный прогресс в области защиты окружающей среды, который сумел обеспечить данный регламент, отставание России от стран ЕС, где в отношении новых типов грузовых автомобилей и автобусов действуют нормы "Евро-6", а с сентября 2014 г. предусмотрено их введение и для новых типов легковых автомобилей, по-прежнему остается существенным.

Документом, подтверждающим соответствие автомобиля установленным в России требованиям, является, как известно, сертификат соответствия, выдаваемый аккредитованным органом по сертификации. Практика в целом подтвердила эффективность такой системы. Принятое техническим регламентом разделение АТС на экологические классы позволяет в дальнейшем определять порядок взимания дифференцированной платы за загрязнение, наносимое окружающей среде автомобилями различных экологических классов, т.е. создает, как свидетельствует зарубежный опыт, предпосылки для экономического стимулирования производства и эксплуатации новых моделей автотранспортных средств, имеющих современные технические показатели.

Вместе с тем в последние два года стали проявляться тенденции неправомерного оформления сертификатов соответствия на некоторую продукцию. Так, этот документ получили некоторые грузовые автомобили китайского производства, которые по уровню вредных выбросов соответствовали лишь второму, а не четвертому экологическому классу.

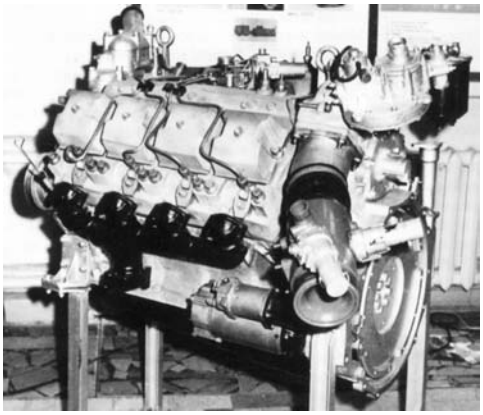
Эту ситуацию удалось исправить согласованными межведомственными действиями – внеплановым инспекционным контролем органов по сертификации со стороны Федеральной службы по аккредитации, усилением надзора за обращением автомобильной техники со стороны Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, контролем за соответствием автомобилей требованиям безопасности на стадии регистрации органами ГИБДД МВД России. В результате были отменены аттестаты аккредитации у более 10 органов по сертификации и более 80 неправомочно выданных сертификатов. Материалы о тех органах по сертификации, которые злостно нарушили установленный регламентом порядок, выпустив в обращение АТС, не соответствующие установленным требованиям, переданы в следственные органы.

Концепция обеспечения комплексной безопасности АТС на стадии проектирования через систему установленных на государственном уровне обязательных требований к их свойствам, от которых зависят риски причинения вреда участникам дорожного движения и обществу в целом, получила наиболее полное воплощение во втором из упомянутых выше технических регламентов – "О безопасности колесных транспортных средств". Его сфера действия включает все выпускаемые в обращение АТС: серийно, в единичных экземплярах (изготовляемые в России и ввозимые на территорию РФ на срок более шести месяцев), а также АТС, находящиеся в эксплуатации, в том числе и те, в конструкции которых внесены изменения, влияющие на их безопасность. Нормативной базой этого регламента являются Правила ЕЭК ООН. В связи с тем, что закон "О техническом регулировании" предусматривает использование в регламентах только норм прямого действия и не допускает ссылок на национальные стандарты, в регламенте "О безопасности колесных транспортных средств" установлены нормы, отражающие специфические дорожно-климатические условия нашей страны. К числу таких показателей и характеристик отнесены показатели управляемости, устойчивости и обзорности, характеристики системы отопления и вентиляции, уровни шума и концентрация вредных веществ в салоне легкового автомобиля, автобуса и кабине грузового автомобиля, а также требования к устройствам, препятствующим разбрызгиванию воды и грязи из-под колес грузовых автомобилей и автобусов.

Жесткие требования к эффективности систем активной и пассивной безопасности, установленные на основе анализа рисков причинения вреда [1], заставили производителей внедрять в конструкции АТС новые технические решения. Например, ужесточение требований к эффективности тормозной системы стали толчком к внедрению усилителей тормозов, дублирующих тормозных контуров, а также АБС.

Страницы истории

1990 г. Èçãîòîâëåí ïðîòîòèï ïðîìûøëåííîãî îáðàçöà Êîíöåïò À Ì È-0288 "Êîìïàêò" – ñåìåéíîãî àâòîìîáèëÿ ìàëîãî êëàññà, ñî ÷åòàþùåãî ìèíèàòþðíûå ðàçìåðû, íèçêèé ðàñõîä òîïëèâà è ìèíèìàëüíûå íåãàòèâíîå âîçäåéñòâèå íà îêðóæàþùóþ ñðåäó.



1990 г. Ðàçðàáîòàíà åñíñòðóêöèÿ ãàçîäèçåëüíîãî äâèãàòåëÿ Êàì ÀÇ-7409. Èñïîëüçîâàíèå: êàíäèäàòû òåõí. íàóê Ò.Ð. Ôèëèïïîâûõ è Â.Â. Êàðíèöêèé, Á.È. Êàïðàëîâ.

Второй пример – электронные системы контроля устойчивости (ESP), которые сейчас активно используются в конструкции АТС и уже нашли отражение в национальных системах регламентации США и стран ЕС, а также – в виде Глобального технического правила № 8 ЕЭК ООН, которое прилагается к "Соглашению об установлении глобальных технических предписаний колесным транспортным средствам", заключенному в Женеве в 1998 г. под эгидой ЕЭК ООН, и в Правилах № 13 ЕЭК ООН, регламентирующих требования к эффективности торможения, так как ESP имеют общую с АБС элементную базу. В России эти требования становятся обязательными в отношении новых типов легковых автомобилей с 2014 г., а с 2016 г. – и для новых грузовых автомобилей.

Действенным решением, существенно снижающим тяжесть последствий ДТП, стали, как известно, ремни безопасности. Поэтому требования к их конструкции тоже регламентированы международными предписаниями. Но обязательность оснащения ими АТС отдана на усмотрение национальных законодательств. Например, в Российской Федерации при проведении процедуры "одобрения типа транспортного средства" требование о наличии ремней безопасности стало обязательным с 1993 г. Совершенствовались и сами ремни. Сначала такой ремень был поясным с двухточечным креплением, а затем стал трехточечным диагональным, способным при лобовом столкновении обеспечить защиту водителя и пассажиров до скорости 70 км/ч, а при боковом – до 50 км/ч.

Следующим этапом развития систем пассивной безопасности стало внедрение в конструкцию АТС надувных подушек, срабатывающих при определенном замедлении. Их использование в сочетании с ремнями безопасности, по зарубежным данным, сокращает вероятность смертельных исходов при лобовых столкновениях на 68 % [2]. И хотя в международных предписаниях прямого требования об обязательном оснащении АТС такими подушками нет, приходится их устанавливать, поскольку без них невозможно удовлетворить современным требованиям по критериям травмирования водителя и пассажиров, предусмотренных Правилами № 94 и 95 ЕЭК ООН. В России указанные выше требования к конструкции кузова внедрены с 2007 г.

Рост скоростей движения и плотности транспортных потоков на улицах городов привел к увеличению числа наездов автомобилей на пешеходов. Причем последние при скорости столкновения 30 км/ч подвергаются ~10%-му риску погибнуть, а при 50 км/ч – 80%-му [3]. В связи с этим в США, ЕС и Японии появились национальные предписания, направленные на уменьшение травматического воздействия капота автомобиля на пешехода, а на их основе – Гармонизированное глобальное техническое правило.

В нашей стране за последние пять лет также резко возросло число наездов на пешеходов, поэтому в Техническом регламенте Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств" тоже предусмотрено применение данного правила к новым типам легковых автомобилей начиная с 2016 г.

Методы испытаний, позволяющие оценить соответствие АТС установленным требованиям, изложены в "гармонизированных" стандартах, перечень которых утвержден Правительством РФ (распоряжением № 1740-р от 12 октября 2010 г.). Если же говорить в целом, то Технический регламент сделал обязательным для применения в России 112 Правил ЕЭК ООН и 11 национальных прямых норм. При этом новым по отношению к ранее действовавшим нормативным документам, определявшим безопасность автомобильной техники, стала комплексная оценка соответствия единичных транспортных средств при их выпуске в обращение, а также механизмы их проверки без разрушающих или длительных испытаний, во время проведения которых теряется товарный вид объекта. Такие транспортные средства проверяются на соответствие требованиям эксплуатационной безопасности, а также тем базовым требованиям конструктивной безопасности, которые не меняются в ходе эксплуатации АТС (например, на наличие рабочей, стояночной, запасной и вспомогательной тормозных систем, светотехнических и светосигнальных устройств, зеркал заднего вида, травмобезопасного внутреннего оборудования и наружных выступов и т.д.). Легковой автомобиль, кроме того, должен иметь работоспособные противоугонное устройство, систему отопления, быть оборудован ремнями безопасности и подголовниками сидений, а грузовой – задние, передние и боковые защитные устройства. Причем эти требования относятся как к новым, так и к уже эксплуатирующимся АТС, импортируемым в Российскую Федерацию.

Повышенное внимание уделяется у нас безопасности бывших в эксплуатации транспортных средств категорий M_2 и M_3 (автобусы). В частности, при оценке конструктивной их безопасности проверяется наличие аварийных выходов, ремней безопасности, число дверей, расстояние между сиденьями, пожарная безопасность, обзорность. Развернутые требования технического регламента базируются на требованиях Правил № 107 ЕЭК ООН.

Возросший за последние годы авторитет Всемирного форума по гармонизации требований к автомобильной технике КВТ ЕЭК ООН, разрабатывающего данные Правила, и, безусловно, их эффективность заставили Европейский Союз изменить свою систему технического регулирования: в программном документе "Создание конкурентоспособного автомобиля XXI века (CARS-21)", опубликованном в 2004 г., и в рамочной директиве об утверждении типа транспортного средства предусмотрено прямое применение Правил ЕЭК ООН и замена 38 отдельных Директив ЕС на эквивалентные Правила ЕЭК ООН. Трансформация законодательства ЕС в области оценки соответствия автомобильной техники и распространение процедуры "утверждение типа полнокомплектного транспортного средства" на другие категории механических средств (мотоциклы, автобусы и в перспективе – грузовые автомобили) подтвердила правильность выбранных российским законодательством процедур выполнения работ по оценке безопасности транспортных средств: разработанная у нас концепция технического регулирования в области колесных транспортных средств оказалась востребованной и в Таможенном союзе. В декабре 2011 г. его высший орган в области технического регулирования, Комиссия ЕврВзЭС, утвердил Технический регламент Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств", основу которого составили одноименный регламент Российской Федерации и регламент, касающийся выбросов вредных веществ. В январе 2013 г. в этот регламент были внесены изменения, предусматривающие поэтапное оснащение транспортных средств различных категорий системами экстренного реагирования при авариях, работающими на основе глобальной навигационной системы ЭРА-ГЛОНАСС: при аварии терминал автоматически определяет координаты пострадавшего транспортного средства, устанавливает связь с центром системы мониторинга и передает по каналам сотовой связи оператору данные об аварии. Последний голосом уточняет детали происшествия и в случае подтверждения информации или при отсутствии

ответа направляет на место аварии службы экстренного реагирования (спасателей МЧС, скорую помощь, ГИБДД). Предусматривается также возможность ручного активирования системы водителем или пассажирами для связи с оператором и передачи необходимых данных.

Уже созданы опытные образцы автомобильных терминалов и навигационно-информационных центров, частично завершена разработка стандартов, определяющих требования к терминалам и элементам системы ЭРА-ГЛОНАСС. Поэтому сроки обязательного оснащения транспортных средств терминалами системы ЭРА-ГЛОНАСС в Техническом регламенте уже предусмотрены.

Так, с 1 октября 2014 г. новые типы автобусов и грузовых автомобилей для перевозки опасных грузов должны иметь систему экстренного реагирования при авариях, работающие в ручном режиме.

С 1 января 2015 г. новые типы легковых автомобилей и легких грузовых автомобилей должны иметь автоматическую систему экстренного реагирования при авариях. С 1 января 2016 г. все (и новые, и ввозимые в Россию) автобусы и грузовые автомобили для перевозки опасных грузов должны оснащаться автоматической системой экстренного реагирования при авариях.

С 1 января 2017 г. системы ЭРА-ГЛОНАСС становятся обязательными и для остальных категорий транспортных средств. ЭРА-ГЛОНАСС является близким аналогом европейской системы "eCall", поэтому для их максимальной гармонизации российская делегация выступила с предложением о разработке международных Правил ЕЭК ООН по данному вопросу.

Из всего изложенного выше следует, что технические регламенты уже стали инструментом нетарифного регулирования в автомобилестроении. Они способны выполнять функцию защиты российского рынка от опасной продукции при снижении эффективности тарифных методов регулирования в условиях членства в ВТО и Таможенном союзе. Гармонизация регламентов с общемировыми стандартами и предписаниями, – одно из их достоинств, способствующих выходу отечественной автомобильной промышленности на уровень конкурентоспособности с ведущими мировыми автопроизводителями.

Литература

1. Кисуленко Б.В. Классификация рисков причинения вреда автотранспортными средствами для целей регламентации свойств, определяющих конструктивную безопасность на стадии проектирования // Журнал ААИ. – 2010, № 5, С. 40–45.
2. Tingvall C. The effectiveness of ESP (electronic stability program) in reducing real life accidents. In: Proceedings of the 18th Experimental Safety of Vehicles Conference, Nagoya, Japan, 19–22 May 2003. Washington, DC, National Highway Traffic Safety Administration, 2003.
3. Tingvall C., Haworth N. Vision Zero: an ethical approach to safety and mobility. [Paper presented to the 6th Institute of transport Engineers International Conference on Road Safety and Traffic Enforcement: Beyond 2000, Melbourne, 6–7 September 1999] (http://www.general.monash.edu.au/MUARC/viszero.htm, 30 October 2003.

УДК 629.4.077

ÒÐÅÁÎ ÂÀÍ Èß ÊÔÓÍ ÊÖÈÎ Í ÈÐÎ ÂÀÍ ÈÞ ÝÊÅÒÈ×ÅÑÊÈÕ ÑÈÑÒÅÌ ÐÅÊÓÏ ÅÐÀÒÈÂÍÎ ÃÎ ÒÎÐÌÎ ÆÅÍ Èß

À.À. ÁÀÐÀØ ÊÎ Â
Í ÈÖÈÀÌ ÒÔÃÓÏ "Í ÀÌ È" (495. 994-99-07)

Сформулированы основные требования к электрическим системам рекуперативного торможения автомобилей с КЭУ.

Êëþ÷åâûå ñëî âà: *электрические системы рекуперативного торможения, электромобили, автомобили с КЭУ, требования к функционированию, характеристики реализуемого сцепления.*

Barashkov A.A.

PERFORMANCE REQUIREMENTS FOR ELECTRIC REGENERATIVE BRAKING SYSTEMS

The general requirements to electric regenerative braking system of cars with KEU are laid down.

Keywords: *electric regenerative braking system, electric cars, vehicles with CPT, performance requirements, traction coefficient.*

Рекуперация механической энергии тормозящего транспортного средства в электрическую стало обязательной функцией современных электромобилей и автомобилей с комбинированной энергетической установкой (КЭУ), поскольку она позволяет улучшить их экономические характеристики и увеличить ресурс тормозных накладок, выполняя функцию износостойкой тормозной системы.

Уровень этой рекуперации зависит от маршрута движения (ездового цикла), интенсивности торможения, степени заряженности тяговой АКБ, конструкции силового привода. Причем на маршрутах, требующих частого применения режима служебных торможений с невысокой интенсивностью, уровень рекуперации энергии получается наибольшим. При служебных торможениях с малой (до 1 м/с^2) интенсивностью или при движении под уклон ее уровень максимален, а при интенсивных и экстренных торможениях он меньше, так как энергия в большой степени поглощается механической системой тормозов. Но каким бы ни был режим торможения, рекуперация всегда создает дополнительный тормозной момент на колесах ведущей оси АТС, что, естественно, изменяет характеристики реализуемого сцепления и может стать причиной потери устойчивости при торможении на участках с низким сцеплением АТС.

Как это происходит, рассмотрим на примере статических характеристик тормозных механизмов и распределения тормозных сил по колесам передне- и заднеприводного автомобилей 4×2 категории M_1.

На рис. 1 приведены зависимости тормозных сил на колесах передней (T_1) и задней (T_2) осей этих автомобилей от давления $p_ц$ в тормозном приводе и изменения этих характеристик при наличии тормозной силы $T_р$, создаваемой электрической системой рекуперативного торможения, а

Страницы истории

1992 ã. Êî ëëåêòèâî ì Í ÀÌ È (ðóêî - âî äèòåëü – êàí ä. òåõí . í àóê Ë.Å. Ãëè- í åð), áû ë ðåàëèçî âàí ï ðî åêò "Ðóñü" ì àãèñòðàëüí î ãî àâòî ï î åçàà ï î ëí î é ì àññî é 40–44 ò â ñî ñòàâå ñåäåëüí î - ãî òÿãà÷à òèï à 4×4 è òðåõî ñí î ãî ï î - ëóï ðèöåï à.

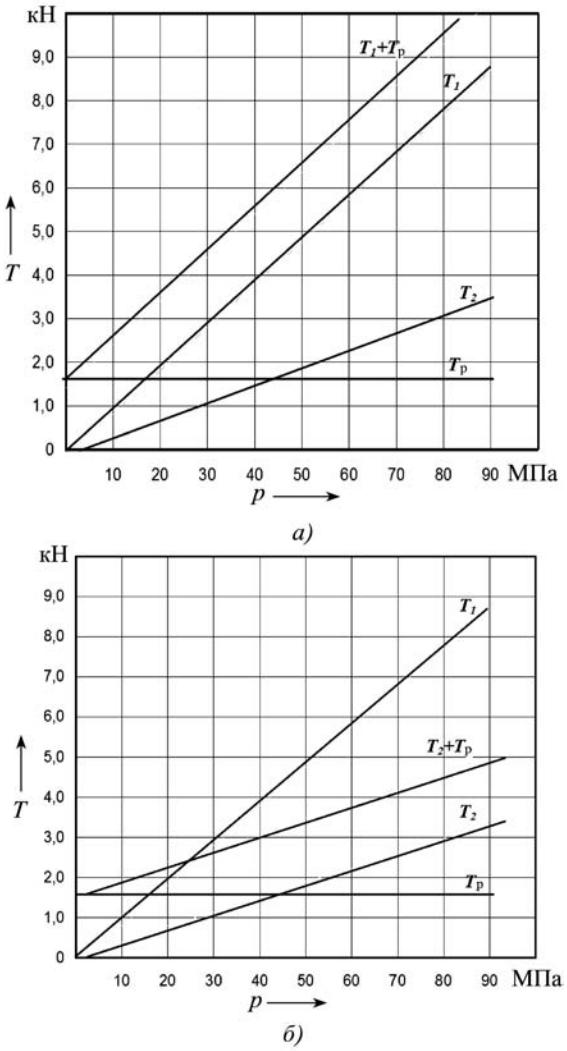


Рис. 1. Зависимость касательных тормозных сил от давления в колесных цилиндрах переднеприводного (а) и заднеприводного (б) автомобилей:

T_1 – тормозная сила на колесах передней оси; $T_1 + T_p$ – то же с включенной системой рекуперации; T_2 – тормозная сила на колесах задней оси; $T_2 + T_p$ – то же с включенной системой рекуперации

на рис. 2 и 3 – характеристики реализуемого сцепления тех же автомобилей в случае их полной (*а*) и частичной (*б*) загрузки при включенной и выключенной системе рекуперативного торможения.

Из них видно: если система рекуперативного торможения способна создавать замедление 1 м/с^2, то этого достаточно, чтобы существенно нарушить характеристики реализуемого сцепления и ухудшить устойчивость автомобиля на покрытиях с низким сцеплением. При этом нужно иметь в виду: если система рекуперативного торможения выполняет функцию ретардера для АТС категории M_3 с КЭУ, то рекуперация энергии может автоматически выключиться при полном заряде тяговой батареи.

Из сказанного можно сформулировать следующие требования к электрическим системам рекуперативного торможения.

Первое и самое важное для АТС с КЭУ и электромобилей: система должна обеспечить эффективное преобразование механической энергии тормозящего АТС в электрическую и ее аккумулирование с целью повышения его энергоэффективности и топливной экономичности (иными словами – снижения путевого расхода энергии). Но эффективность преобразования механической энергии в электрическую ограничена возможностью современных комплексных систем управления торможением. То есть электрическая система рекуперативного торможения не может пока еще замещаться рабочей тормозной системой без ухудшения тормозных свойств АТС. Для автомобилей с КЭУ возможность преобразования механической энергии в электрическую ограничена емкостью тяговой батареи и ее подзарядкой двигателем внутреннего сгорания.

Второе требование – обеспечение высокой износостойкости, т.е. снижение энергонагруженности и повышения ходимости рабочих тормозных механизмов. Это особенно важно для тяжелых АТС, в частности, автобусов ка-

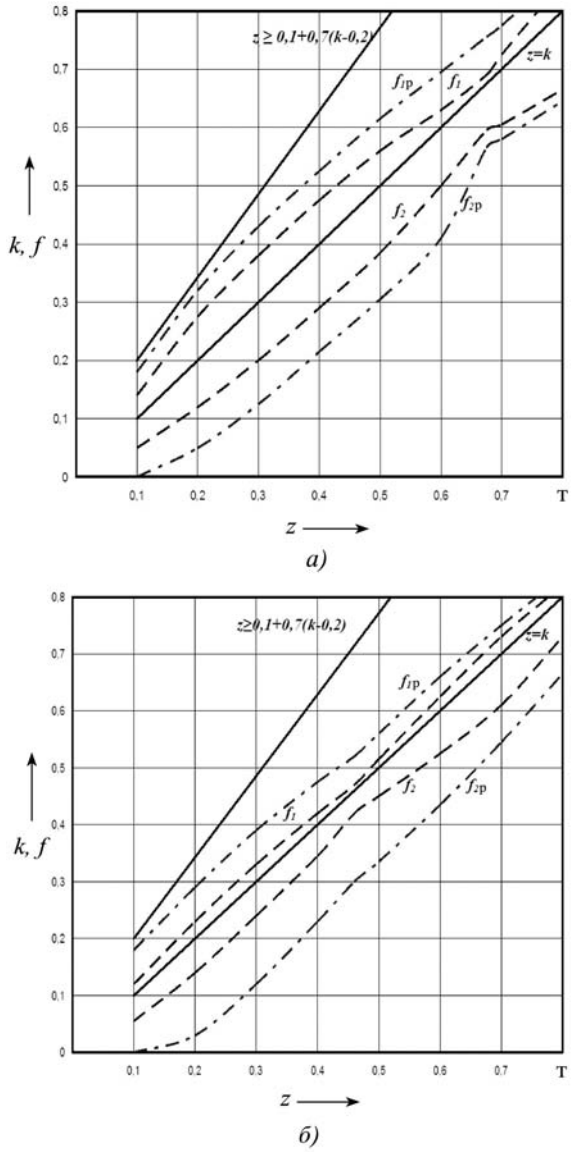


Рис. 2. Характеристики реализуемого сцепления переднеприводного автомобиля с полной (а) и частичной (б) нагрузками:

f_1 – реализуемое сцепление передней оси; f_{1p} – то же с включенной системой рекуперации; f_2 – реализуемое сцепление задней оси; f_{2p} – то же с включенной системой рекуперации

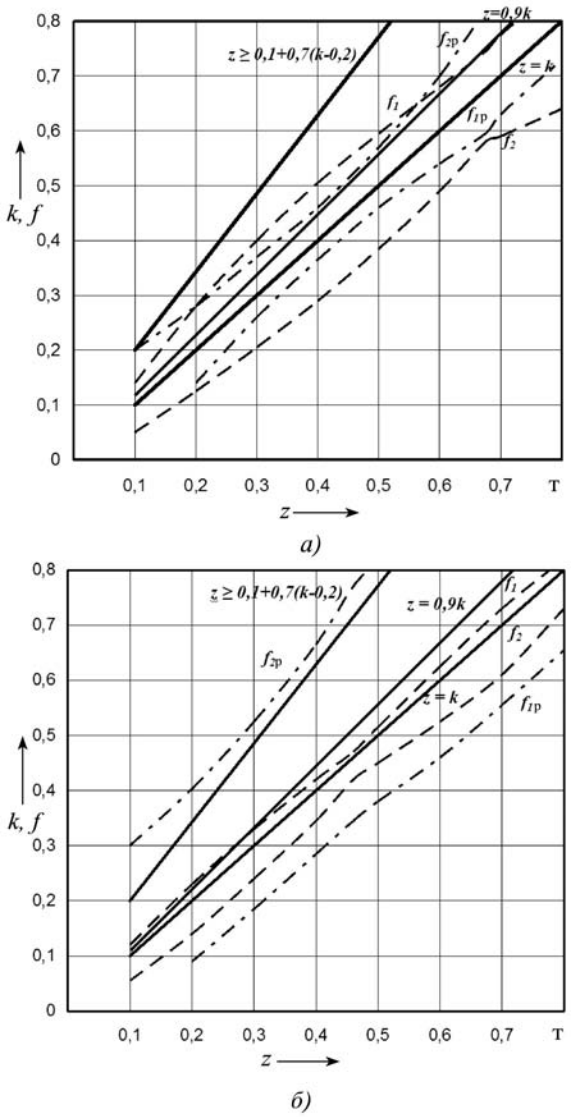


Рис. 3. Характеристики реализуемого сцепления заднеприводного автомобиля с полной (а) и частичной (б) нагрузкой:

f_1 – реализуемое сцепление передней оси; f_{1p} – то же с включенной системой рекуперации; f_2 – реализуемой сцепление задней оси; f_{2p} – то же с включенной системой рекуперации

тегории M_3 (класс II и III), для которых такая система сейчас обязательна. Обязательна она и для автомобилей категории N_3, автопоездов $N_3 + O_4$ (Правила № 5 ЕЭК ООН).

Третье требование – обеспечить правильное взаимодействие электрической системы рекуперативного торможения с тормозным управлением: любое включение или выключение электрической системы рекуперативного торможения не должно снижать заданную эффективность торможения, нарушать пропорциональное действие рабочей и аварийной тормозной систем и устойчивость АТС при торможении.

Чтобы электрическая система рекуперативного торможения не оказывала отрицательного влияния на тормозные свойства АТС, Правила № 13 и 13-Н ЕЭК ООН предъявляют целый ряд требований к ее функционированию в составе тормозного управления АТС.

При этом Правила № 13 делят электрические системы рекуперативного торможения на две категории: А и В, зависящие от способа управления. Так, категория А означает систему рекуперативного торможения, которая не является частью рабочего тормоза и включается в работу только при снятии воздействия на педаль акселератора. На АТС категорий M_1 и N_1 она может включаться автоматически, если двигатель транспортного средства соединен с трансмиссией, а на АТС категорий M_2 и N_2 массой менее 5 т может использоваться отдельный орган управления.

Категория В – это система рекуперативного торможения, которая представляет собой часть системы рабочего тормоза. Такие системы также включаются автоматически – при условии снятия воздействия с педали акселератора, а в нейтральном положении переключателя трансмиссии – при приведении в действие рабочей тормозной системы. Для АТС категорий M_1 и N_1 тормозное усилие от других источников торможения может поэтапно распределяться – с тем, чтобы можно было пользоваться одной лишь системой рекуперативного торможения, если выполняются следующие условия: колебания тормозного усилия, создаваемого системой рекуперативного торможения, автоматически компенсируются за счет варьирования этапов торможения; чтобы интенсивность торможения соответствовала желанию водителя с учетом сцепления шин с дорожным покрытием, тормозное усилие должно автоматически подаваться на все колеса транспортного средства; если тормозной момент на конкретную ось или оси подается и фрикционной тормозной системой, и электрической системой рекуперативного торможения категории В,

Страницы истории

1997 г. Ñîçäàíî òðàíñïîðòíîå ñðåäñòâî âûñîêîé ïðîõîäèìîñòè "Óìêà" ñ êîëåñíûì è äâèæèòåëüì è ñâåðõíèçêîãî äàâëåíèÿ (Ðóêîâîäèòåëü ðàáîòû – êàíä. òåõí. íàóê Â.È. Êîòëÿðåâñêî).

2006 г. Ðàçðàáîòêà âîäîðîäíûõ è êîìáèíèðîâàííûõ ýíåðãîóñòàíîâîê áàçå äâèãàòåëåé âíóòðåííåãî ñãîðàíèÿ è ýëåêòðîõèìè÷åñêèõ ãåíåðàòîðîâ äëÿ ãîðîäñêèõ òðàíñïîðòíûõ ñðåäñòâ (ðóêîâîäèòåëü ïðîåêòà – ä-ð òåõí. íàóê, Â.Ô. Êàìåíåâ).

то последняя может отключаться при условии, что фрикционный тормоз остается постоянно включенным и может обеспечить компенсацию тормозного усилия; допускается неполная компенсация в период кратковременных переходных процессов, однако в течение секунды компенсация должна достигать не менее 75 % полного уровня; любой элемент системы отключается от нее автоматически; управление системой рабочего тормоза осуществляется с помощью только одного органа управления, причем он не ограничивает эффект торможения рекуперативной тормозной системой; отключение ДВС не оказывает неблагоприятного воздействия на систему рабочего тормоза или передаточное отношение в трансмиссии; если функционирование электрического компонента тормоза обеспечивается посредством соотношения сигнала, поступающего от устройства управления рабочим тормозом, и тормозного усилия на колесах, то о нарушении этого соотношения, ведущего к изменению распределения тормозного усилия между осями, водитель получает визуальный сигнал не позднее включения устройства управления. Этот сигнал не должен выключаться до тех пор, пока сохраняется данный эффект.

На АТС категорий M_3 и N_3 системы рекуперативного торможения могут выполнять функцию системы замедления (износостойкой тормозной системы). В этом случае при полном заряде тяговой батареи система рекуперативного торможения должна переключаться на иную нагрузку (например, на тормозные тепловые резисторы или ретардер). При этом на АТС, оснащенных АБС, она должна обеспечить управление электрической системой рекуперативного торможения, а на функционирование последней не должно отрицательно сказываться воздействие магнитного или электрического полей. Кроме того, должна обеспечиваться возможность проверки правильности функционирования тех комплексных электронных систем управления, которые осуществляют контроль за торможением.

Содержание

Нагайцев М.В. – НАМИ – вчера, сегодня, завтра 2

Азаров В.К., Кутенев В.Ф., Сайкин А.М. – Проблемы создания экологически чистого автомобиля 5

Нагайцев М.В., Сайкин А.М., Плиев И.А., Ендачев Д.В. – Системы управления "беспилотных" АТС 7

Каменев В.Ф., Фомин В.М. – Работы ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ" в области водородной энергетики на транспорте 10

Корнилов Г.С., Козлов А.В., Теренченко А.С., Коркин С.Н. – Динамические и топливно-экономические показатели магистрального автопоезда с полноприводным тягачом, оснащенным комбинированной энергоустановкой 14

Якунин Р.В. – Оптимизация профиля юбки поршня как способ снижения механических потерь в ДВС 17

Лукшо В.А., Теренченко А.С., Филипосянц Т.Р., Корнилов Г.С., Миронов М.В. – Газодизели НАМИ 18

Плиев И.А., Сайкин А.М. – Алгоритмы управления "интеллектуальной" трансмиссией многоосного полноприводного автомобиля 21

Бахмутов С.В., Ахмедов А.А. – Оптимальное проектирование как основа обеспечения конкурентоспособности отечественных АТС 24

Сальников В.И., Козлов Ю.Н., Прокофьев А.А., Сыропатов М.Б. – Оценка эффективности работы электронных систем контроля устойчивости АТС 31

Кисуленко Б.В. – Обеспечение безопасности автомобильной техники в России в условиях членства в ВТО и Таможенном союзе 34

Барашков А.А. – Требования к функционированию электрических систем рекуперативного торможения 37

Ãëàâí ûé ðåäàêòî ð Í .À. Ï ÓÃÈÍ

Çàì . ãëàâí î ãî ðåäàêòî ðà Ð.Â. Êî çû ðåâ

ÐÅÄÀÊÖÈÎ Í Í À Ø ÊÎ ËËÅÃÈß:

È.Â. Áàëàáàí , Ñ.Â. Áàõì óòî â, Î .È. Ãèðóöêèé, Â.È. Ãëàäêî â, Ì .À. Ãðèãî ðüåâ, À.Ñ. Êî âðèãèí , Ñ.Ì . Êðóãëî â, Þ .À. Êóï åââ, Ã.È. Ì àì èòè, Â.À. Ì àðêî â, À.Â. Í èêî ëàåí êî , Ý.Í . Í èêóëüí èêî â, Â.È. Ï àø êî â, Â.À. Ñåèí , Í .Ò. Ñî ðî êèí , À.È. Òèòêî â, Â.Í . Ôèëèì î í î â

Áåëî ðóññêèé ðåãèî í àëüí ûé ðåäàêòèî í í ûé ñî âåò:

Â.Á. Àëüãèí (çàì . ï ðåäñåäàòåëÿ), À.Í . Åãî ðî â, Àí .Ì . Çàõàðèê, Ã.Ì . Êóõàðåí ê, Ï .Ë. Ì àðèåâ, Þ .È. Í èêî ëàåâ, È.Ñ. Ñàçî í î â, Ñ.Â. Õàðèòî í ÷èê

Òåõí è÷åñêèé ðåäàêòî ð *Жиркина С.А.*
Êî ððåêòî ðû: *Сажина Л.И., Сонюшкина Л.Е.*
Ñäàí î â íàáî ð 02.07.2013. Ï î äï èñàí î â ï å÷àòü 26.09.2013.
Ôî ðì àò 60×88 1/8. Óñë. ï å÷. ë. 4,9. Áóì àãà î ô ñåòí àÿ.
Î òï å÷àòàí î â Î Î Î "Áåëû é âåòåð".
115407, ã. Ì î ñêâà, Í àãàòèí ñêàÿ í àá., ä. 54, ï î ì . 4.

Î Î Î "Èçäàòåëüñòâî Ì àø èí î ñòðî åí èå"

Àäðåñ èçäàòåëüñòâà è ðåäàêöèè:
107076, Ì î ñêâà, Ñòðî ì û í íêèé ï åð., 4
Òåëåô î í û: (915) 412-52-56, (499) 269-54-98
E-mail: avtoprom@aport.ru, avtoprom@mashin.ru
www.mashin.ru www.avtomashin.ru

Æóðí àë çàðåãèñòðèðî âàí Ì èí èñòåðñòâî ì ÐÔ ï î äåëàì ï å÷àòè, òåëåðàäèî âàù àí èÿ è ñðåäñòâà ì àññî âû õ êî ì ó íèêàöèé.
Ñâèäåòåëüñòâî Ï Í ¹ 77-7184
Öåí à ñâî áî äí àÿ.
Æóðí àë ïîñ äèò â ï åðå÷åí ü óòâåðæäåí í ûõ ÂÀÊ ÐÔ èçäàí èé äëÿ ï óáëèêàöèè òðóäî â ñî èñêàòåëåé ó÷å íû õ ñòåï åí åé.
Çà ñî äåðæàí èå ðåêëàì í ûõ î áúÿâëåí èé î òâåòñòâåí í î ñòü í åñåò ðåêëàì î äàòåëü.
Ï åðåï å÷àòêà ì àòåðèàëî â èç æóðí àëà "Àâòî ì î áèëüí àÿ ï ðî ì ûø ëåí í î ñòü" âî çì î æí à ï ðè î áÿçàòåëüí î ì ï èñüì åí í î ì ñî ãëàñî âàí èè ñ ðåäàêöèåé; ññû ëêà – î áÿçàòåëüí à.