

Обзор современного испытательного оборудования по изучению нагрузочной способности систем привода ведущих колес транспортных средств

07, июль 2014

Лещинский Д. Ю., Смирнов А. А., Ягубова Е. В.

УДК: 629.33

Россия, МГТУ им. Баумана

denis.leschinsky@mail.ru

smr_a@mail.ru

yagubova.evg@yandex.ru

Введение

Важнейшим источником почти всех достоверных сведений о свойствах, качестве и поведении колесных и гусеничных машин на всем протяжении их жизненного цикла являются испытания. На их основе формируются основания для совершенствования конструкции, технологии изготовления, планирования снабжения запасными частями, технического обслуживания в эксплуатации.

При создании новых и модернизации выпускаемых транспортных средств, при организации технической эксплуатации действующего парка, по результатам испытаний оценивают технико-экономические показатели их функционирования в различных условиях [1].

Большинство расчетов, испытаний и проверок в автомобилестроении выполняются с использованием виртуальных моделей и систем моделирования. Однако реальные опытные образцы не могут быть полностью заменены виртуальными.

Испытания автомобиля в условиях реальной его эксплуатации являются наиболее достоверной и всесторонней проверкой любого агрегата. Из-за их длительности организуются пробеговые испытания автомобиля с полной постоянной нагрузкой по специальному маршруту. В этом случае сокращается время проведения испытаний, так как устраняются потери на погрузо-разгрузочные операции, исключаются холостые пробеги и пробеги с неполной нагрузкой, замедляющие проявления той или иной неисправности. Пробеговые испытания отличаются от эксплуатационных значительно большей воспроизводимостью условий и сравнимостью получаемых результатов.

При проведении стендовых испытаний по заранее подготовленной программе значительно ускоряется процесс испытаний, и получаются наиболее точные результаты. Досто-

верность таких испытаний зависит от того, насколько глубоко изучены и учтены условия эксплуатации агрегата при составлении программы его испытаний.

Существенные преимущества стендовых испытаний проявляются при исследовании надежности агрегатов, когда требуется многократно нагружать детали. В условиях пробеговых испытаний это связано с большими затратами времени [2].

Целью данной работы является обзор современного испытательного оборудования, позволяющего изучать нагрузочную способность систем привода ведущих колес транспортных средств.

Обзор испытательных стендов

Современное испытательное оборудование способно воспроизвести любые факторы окружающей среды и рабочие нагрузки, действующие на исследуемый образец.

Экспериментальные расходы могут составлять до 30% от общего объема затрат на разработку изделия. Это обусловлено затратами на создание прототипа, приобретение и эксплуатацию дорогостоящего оборудования. Часто испытания занимают большое количество времени и затрудняются из-за преждевременного выхода из строя некачественного образца.

Первым шагом в процессе эксперимента является обеспечение того, что исследуемый образец удовлетворяет своим функциональным требованиям по отдельности и в сборе с автомобилем. Далее проводят испытания на прочность и долговечность образца под действием статических и динамических нагрузок, а также эксперименты, воспроизводящие экстремальные погодные условия. Необходимое число испытаний должно быть проведено с использованием различных испытательных установок, таким образом, чтобы обеспечить следующие виды проверок конструкции:

- 1) работоспособность и функционирование;
- 2) износостойкость;
- 3) коррозионная стойкость;
- 4) прочность и долговечность;
- 5) виброакустические свойства.

Стоит разделять стендовые эксперименты узлового, частично узлового и компонентного уровней. Для каждого из этих уровней требуется различное оборудование и подходы. Результаты испытаний одного образца на разных уровнях могут отличаться и имеют различную значимость. По типу нагружения выделяют статические и динамические испытания, с разрушением и без разрушения образца [3].

Результаты испытаний полнокомплектного автомобиля являются наиболее значимыми для проверки работоспособности. Однако данный тип эксперимента наиболее сложный и затратный по времени и средствам. Применяется в основном для испытаний легковых автомобилей. Пример такого испытательного стенда для оценки ходовой части легкового автомобиля представлен на рис. 1.



Рис. 1. Стенд для испытания ходовой части легкового автомобиля в инженеринговом центре Аахенского технологического университета (Aachen University of Technology) [4]

Стенд состоит из четырех гидравлических цилиндров, позволяющих получить любое вертикальное отклонение колеса. Кроме того под каждым колесом установлены два небольших цилиндра для имитации продольных и боковых сил. Максимальные усилия в продольном и боковом направлении составляют 10 кН. Есть возможность проводить испытания автомобилей с колесной базой от 2000 до 3250 мм и колеёй от 1180 до 1650 мм [4].

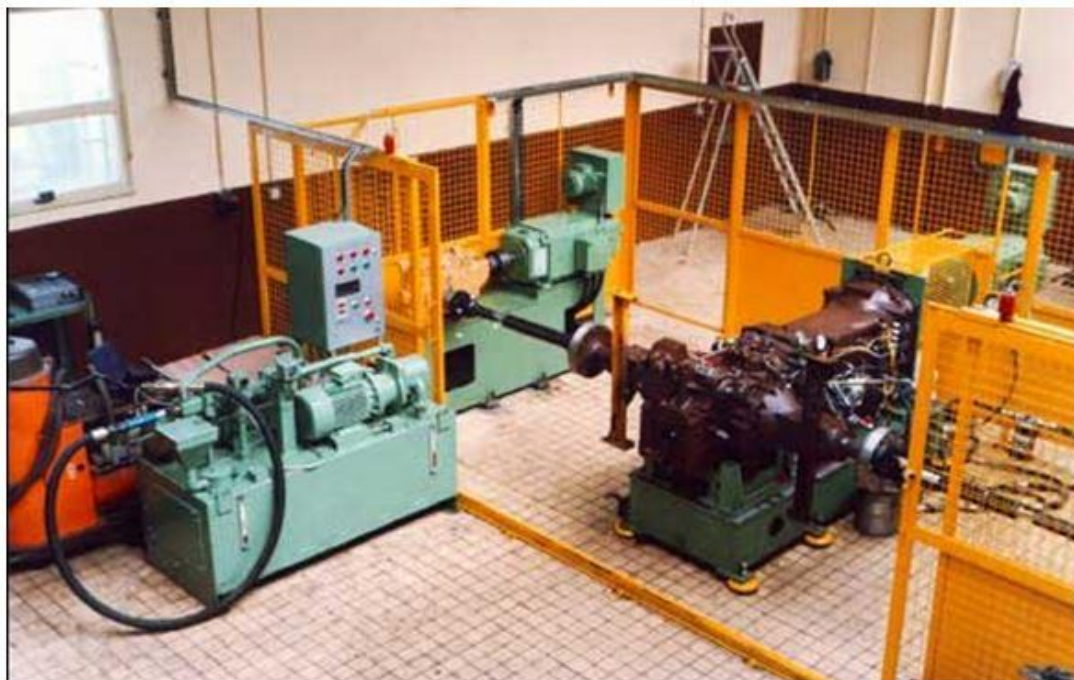


Рис. 2. Испытательный стенд компании Burke Porter для испытаний трансмиссий тракторов [5]

Эксперименты узлового уровня также считаются достаточно сложными и длительными, что не позволяет осуществить необходимого количества испытаний для получения статистической информации. Пример стенда компании Burke Porter для испытаний на усталостную прочность коробки передач и заднего моста трактора представлен на рис. 2. Входную мощность обеспечивает электродвигатель 100 кВт и 2500 об/мин, управляемый двумя тиристорами. Сопротивление движению обеспечивают два электромотора 75 кВт и 1500 об/мин. Габариты стенда - 7000x5000x2000 мм [5].

Эксперименты частично узлового уровня менее сложные, так как ориентированы на небольшое количество компонентов, однако они имеют высокую статистическую значимость. Выполняются такие эксперименты, как с использованием постоянной нагрузки, так и при приложении спектра нагружения или симуляции движения. Пример стенда для испытания тормозного суппорта со стояночным тормозом представлен на рис. 3. Испытательная установка состоит из четырех независимых станций, в которых могут быть установлены различные тормозные механизмы с заданной частотой вращения. Вся тормозная система управляется гидравлически. Для каждой пары станций устанавливается гидроцилиндр с сервоклапаном и датчиком давления и крутящего момента [6].



Рис. 3. Стенд для испытаний тормозных механизмов компании Control Sistem [6]

Эксперименты компонентного уровня сосредоточены на исследовании поведения одной детали. Результаты таких испытаний менее значимы для системы в целом, но могут быть полезны для конструкторов при проектировании.

Полное понимание поведения автомобиля и всех его компонентов возможно только путем изучения экспериментальных результатов всех следующих испытаний:

- 1) стендовых компонентных (для статистических данных);
- 2) стендовых частично узловых (для статистических данных);
- 3) стендовых узловых;
- 4) полнокомплектного автомобиля в экстремальных условиях на стенде;

- 5) предварительных ездовых (сравнение результатов с узловыми испытаниями);
- 6) на выносливость, проведенных на реальных дорогах [3].

Каждый научно-исследовательский центр стремится обладать собственным уникальным испытательным оборудованием и высококлассными специалистами, способными управлять данным оборудованием. Испытания конструкций и узлов проводятся строго в соответствии с нормативами исследовательского центра, а их результаты не предназначены для широкого круга общественности.

Наиболее значимые международные выставки испытательного оборудования в автомобилестроении «Automotive Testing Expo» проводятся ежегодно в нескольких крупнейших странах мира. Так в 2014 году проходят следующие выставки [7]:

- 1) «Automotive Testing Expo – India 2014» – 19-21 марта, г. Ченнай, Индия;
- 2) «Automotive Testing Expo – Europe 2014» – 24-26 июня, г. Штуттгарт, Германия;
- 3) «Automotive Testing Expo – China 2014» – 15-17 сентября, г. Шанхай, Китай;
- 4) «Automotive Testing Expo – North America 2014» – 28-30 октября, г. Нови, США.

Во время выставок демонстрируется наиболее современное и перспективное экспериментальное оборудование в области автомобилестроения, а также обсуждаются вопросы, связанные с испытаниями рулевого управления, тормозной системы, ведущих мостов, системы поддрессирования, двигателя и т.д.

Участниками данных выставок являются мировые лидеры в области испытательного оборудования для автомобилестроения, а также инжиниринговые центры, работающие с данным оборудованием.

Ведущими производителями испытательного стендового оборудования считаются следующие компании: Horiba, MTS Systems, National Instruments, AVL, LMS, Froude Hofmann, BIA, RENK Test System, Saginomiya, Burke Porter Machinery, HBM, Siemens, GIF, Instron, MAE.

Компания HORIBA Automotive Test Systems является известным всему миру производителем систем для испытания двигателей, трансмиссий и тормозов; весов для исследования автомобиля в аэродинамической трубе, а также систем для исследования состава автомобильных выхлопных газов. Являясь признанным лидером мирового рынка в области испытаний, HORIBA ATS сможет обеспечить комплексное выполнение сложных проектов заказчика «под ключ» [8].

Компания может не только поставить оборудование для испытательного центра, но и провести испытания от простых испытаний двигателя до сложных динамических исследований двигателей и трансмиссий в лаборатории HORIBA под Франкфуртом (Германия).

Оборудование компании HORIBA обладает возможностью проведения стационарных и нестационарных типов испытаний ведущих мостов легковых и грузовых транспортных средств.

К стационарным испытаниям относятся расчеты на прочность, долговечность, износостойкость, эффективность, шумность и вибрации при действии постоянной нагрузки, а также климатические испытания.

К нестационарным – проверка работоспособности и функциональности, расчет ресурса при действии спектра нагружения или имитации движения. Также есть возможность имитации поворота.

Имеются стенды с возможностью испытаний, как полноприводных, так и неполноприводных автомобилей, с механической или автоматической трансмиссией. Причем можно проводить эксперименты как на автомобиле в целом, так и на одном узле.

Для исследования тормозных механизмов транспортных средств различных категорий выпускается четыре серии испытательных стендов GIANT. Например, для проведения испытаний тормозной системы автомобиля с нагрузкой на ось до 10 тонн подходящим испытательным оборудованием считаются стенды серий 8000 и 9000.

GIANT 8000 Series идеально подходит для проверки тормозных механизмов любых транспортных средств на шум, вибрацию и жесткость. Тормозные механизмы испытываются в акустических камерах как отдельно, так и в сборе с подвеской или мостом.

Барабанные стенды GIANT 9000 Series предназначены для испытаний тормозных систем, как целого автомобиля, так и только моста с подвеской (рис. 4).

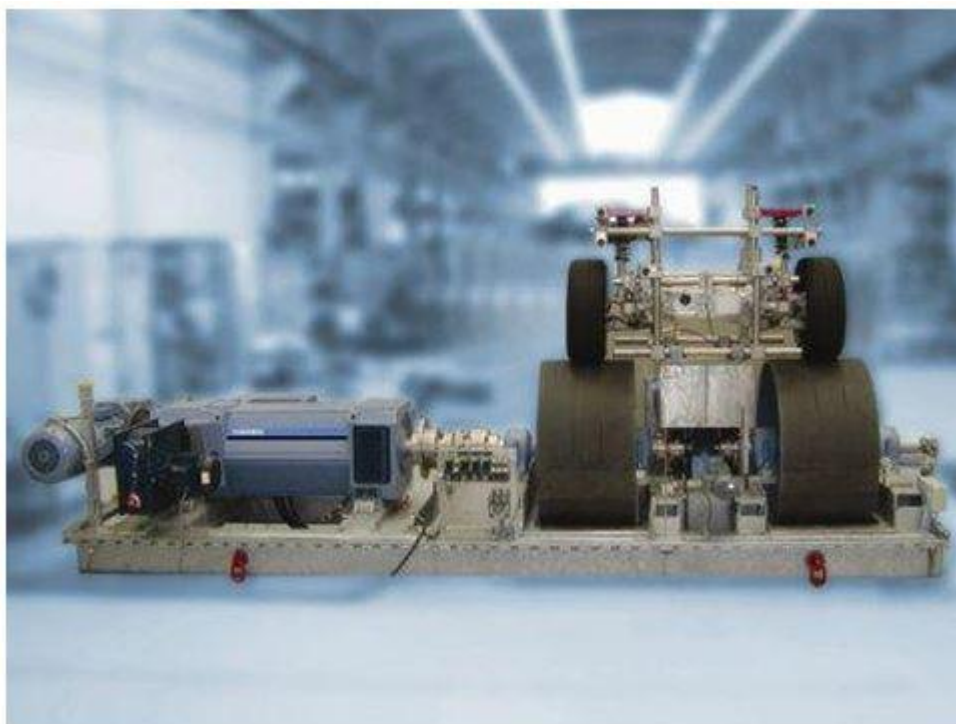


Рис. 4. Испытательный стенд GIANT 9000 Series [8]

Компания MTS Systems обладает 40-летним опытом в области испытательного оборудования для автомобилестроения. За это время специалистами компании разработан полный комплект оборудования для испытаний на прочность и долговечность, как компонентов, так и автомобиля в целом, а также есть возможность оценки шума, вибраций,

плавности хода, управляемости, производительности и аэродинамичности транспортного средства [9].

У компании имеется ряд решений, направленных на улучшение качества, снижения затрат времени и средств, при проведении прочностных расчетов, как автомобиля в целом, так и его узлов. Главное место в расчете на прочность занимает специально разработанное цифровое управление FlexTest и программное обеспечение RPC Pro (Remote Parameter Control™), точно повторяющее динамику изменения эксперимента по времени.

Так стенд MTS Model 329 наиболее распространенный дорожный симулятор, связанный с карданным валом автомобиля, для испытаний полнокомплектного автомобиля (рис. 5). Эта универсальная установка предназначена для испытаний подвески и рулевого управления. Данная система позволит определить срок службы и производительность для широкого круга вариантов систем поддресоривания. Подходит для легковых и небольших грузовых автомобилей.



Рис. 5. Стенд MTS Model 329 [9]

По заявлению Горана Йоханссона (Göran Johansson), главы отдела испытаний мостов, системы поддресоривания, рулевого управления и тормозной системы Volvo Truck, в 2010 году был установлен в научно-исследовательском центре компании самый большой и мощный в мире стенд для испытаний систем привода ведущих колес. Стендовое оборудование разработано компанией MTS (рис. 6). Данный стенд позволяет проводить испытания тележек мостов с нагрузкой до 32 тонн, что делает его уникальным [10].

Испытательный стенд управляется из диспетчерской с помощью управляющей электроники. Программируются различные дорожные условия, загружаются в управляющее устройство, а инженеру остается лишь следить за правильностью работы машины и вносить необходимые корректировки. Мосты подвергаются тем же напряжениям и деформациям, что и в реальных условиях, только гораздо чаще.



Рис. 6 – Испытательный стенд компании Volvo Truck для оценки систем привода ведущих колес [10]

AVL – одно из крупнейших независимых исследовательских и конструкторских бюро по разработке силовых систем автомобиля, основанное в 1948 году. Региональные офисы компании открыты в 30 странах мира. Сфера компетенции компании охватывает все размеры и типы трансмиссий и двигателей, а также систем их испытаний. Сеть AVL объединяет маркетинговые и инженеринговые компании, сотрудничающие с крупнейшими университетами и промышленными предприятиями мира [11].

В России компания имеет головной офис в Москве и сотрудничает с некоторыми университетами. Так в рамках соглашения между Санкт-Петербургским государственным политехническим университетом (СПбГПУ), AVL и ОАО «Звезда» учрежден как малое инновационное предприятие R&D Центр дизельного строения и трансмиссий. Основное направление деятельности центра - разработка проектов по созданию новых размеров и типов двигателей и трансмиссий, гибридных силовых установок, модернизация существующих двигателей и технологий их производства, а также разработка конкурентоспособных экологически чистых транспортных средств [12].

По всему миру AVL обладает 94 современными испытательными стендами двигателей, 16 динамометрическими стендами, а также многочисленными стендами для испытаний вспомогательного оборудования (аккумуляторов, электромоторов, цилиндров двигателей, турбин и т.д.).

Бельгийский LMS за свою тридцатилетнюю историю стал ведущим поставщиком инженеринговых решений для проведения испытаний в автомобильной и авиационной

промышленности. Компания предлагает как свои собственные стенды для проведения испытаний, так и программное обеспечение для стендов других производителей. В настоящее время LMS является частью бизнеса Siemens PLM. Услугами компании пользуются более 5000 производителей по всему миру, среди которых BMW, Daimler Chrysler, Fiat, Ford, General Motors, Renault, Toyota, Volkswagen, Scania, DAF, Камаз, Bosch, Delphi, Denso, Michelin, Rieter, Visteon, ZF [13].

С помощью оборудования LMS проводят акустические, вибрационные, климатические и прочностные испытания.

Для изучения нагрузочной способности систем привода ведущих колес предлагается использовать программное обеспечение компании LMS в комплекте со стендовым оборудованием других производителей. Такое сочетание ускорит процесс испытаний и подтвердит их адекватность.

Немецкая компания Froude Hofmann разрабатывает, производит и реализует широкий спектр систем испытаний двигателей с трансмиссией для автомобильной промышленности. Испытательные системы состоят из динамометров, высокотехнологичной системы управления и программного обеспечения. Динамометры Froude Hofmann известны во всем мире, как исключительно качественное, надежное и точное оборудование [14].

Динамометрические стенды используются для климатических, вибрационных, акустических, прочностных испытаний.

Динамометры представляют собой беговые барабаны диаметром от 0,5 до 2,5 метров, установленные на подшипниках качения. На барабанах возможно нанесение покрытия для увеличения сцепных свойств. Стенды поставляются как в свободной конфигурации, так и стандартно 4x4 или 4x2. Опорная рама динамометров установлена на подвижную каретку для регулировки размеров колесной базы с целью размещения на стенде различных транспортных средств. Возможно автоматическое управление стендом, соответствующее европейским и американским циклам. Проверка систем ABS, EDS, ESP. Имитация дифференциального привода.

Главными клиентами компании Froude Hofmann являются такие мировые производители большегрузных автомобилей, как DAF, Iveco, MAN, Scania, Volvo.

ВИА является одним из лидеров в области проектирования и производства испытательного оборудования для автомобильной и аэрокосмической промышленности с 1986 года. Компания предлагает широкий спектр контрольно-измерительной аппаратуры от компонентов до полных готовых решений для крупных производителей, научно-исследовательских институтов и университетов [15].

Испытательное оборудование направлено на изучение автомобильной безопасности, динамики и управляемости, экологичности и экономичности.

В плане безопасности решаются вопросы травмоопасности пассажиров и пешеходов, деформации крыши и дверей, эффективности ремней безопасности, подголовников и спинок сидений, а также предлагается оборудование для проведения краш-тестов.

На основе сочетания маховиков и моделируемым с помощью электродвигателя моментом инерции ВИА предлагает несколько типов испытательных стендов для оценки прочности и долговечности, а также проведения анализа виброакустических свойств тормозных механизмов.

При испытаниях на прочность и долговечность испытательный стенд оценивает прочность элементов основной тормозной системы, стояночного тормоза и системы ABS при имитации сил, приложенных в точках контакта шин с опорной поверхностью. Как и в реальных условиях движения, стендовое оборудование создает поток воздуха для охлаждения тормоза, кроме того предлагается использование климатической камеры для воспроизведения погодных условий. Пример такого стенда представлен на рис. 7.



Рис. 7 – Стенд ВИА для испытаний тормозных механизмов на прочность и долговечность [15]

С точки зрения испытаний трансмиссии ВИА предоставляет расширенные решения для оценки и разработки сцеплений, коробок передач, синхронизаторов или трансмиссий в сборе, как механических, так и автоматических и полуавтоматических. Оборудование компании способно осуществить испытания на прочность и долговечность (для передач, подшипников, дифференциалов, корпусов), виброакустические свойства, эффективность и качество переключения передач.

Среди пользователей оборудования ВИА стоит выделить следующих производителей: General Motors, Volkswagen, Opel, Toyota, FAW, Renault и другие.

Американская компания Burke Porter Machinery проектирует и производит оборудование для тестирования систем привода легковых и грузовых автомобилей. С 1960 года разработано, произведено и установлено более 1000 испытательных стендов по всему миру. Burke Porter Machinery специализируется на контрольно-измерительной аппаратуре для коробок передач, раздаточных коробок, мостов, дифференциалов. Испытательные стенды компании используются у таких мировых производителей, как ArvinMeritor, Meritor, Eaton Corporation, Magna Powertrain, American Axle, Dana Corporation и многих других. Четыре десятилетия инженерного опыта, отличное знание продукта, опыт проектирования, отличная репутация, качество и конкурентоспособные цены – основное преимущество этой компании [5].

Пример оборудования Burke Porter Machinery для расчета независимых мостов автомобиля BMW X5, выполненного для производителя Dana Corporation, представлен на рис.8.

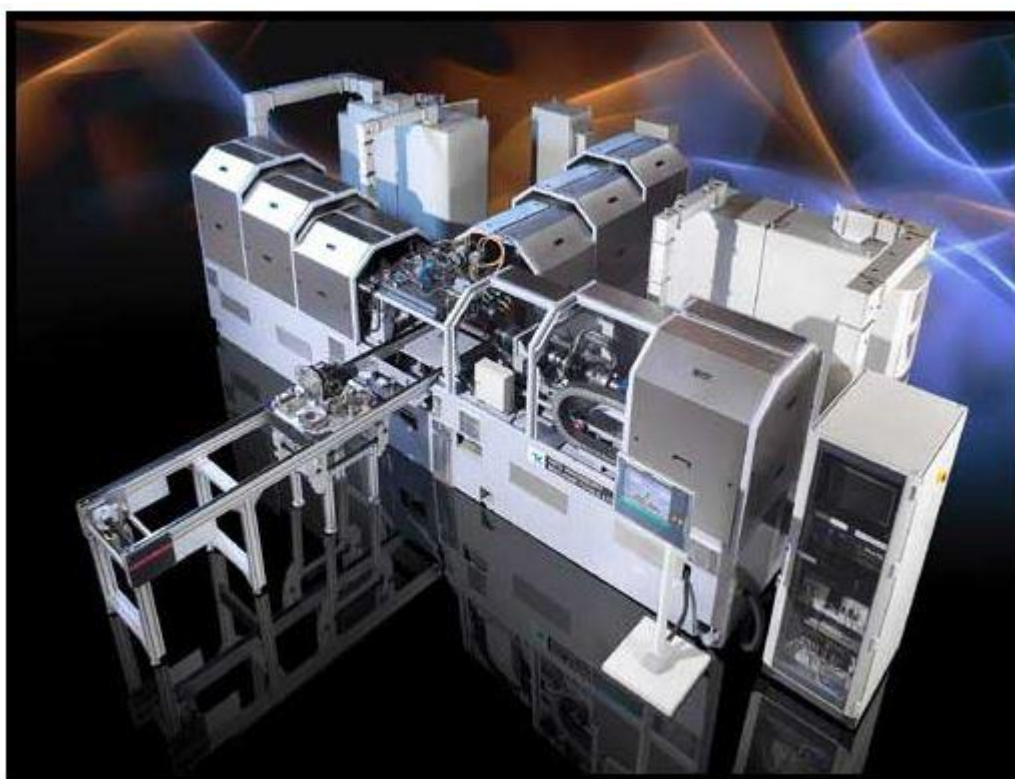


Рис. 8 – Испытательный стенд мостов DANA [5]

Стенд оборудован электродвигателем мощностью 100 л.с. с максимальными оборотами 6000 об/мин. Электродвигатель связан с входным валом моста через ограничитель крутящего момента, установленный на 262 Н*м. Два электродвигателя мощностью по 50 л.с. с максимальными оборотами 2400 об/мин устанавливаются на концах полуосей для имитации нагрузки от опорной поверхности. Максимальный момента на полуосях – 525 Н*м.

Испытательный стенд управляется по средствам аппаратного комплекса Siemens 412-PCI Slot PLC в сочетании с программным обеспечением HMI. Тестовый сценарий включает в себя изменение скорости вращения при постоянном моменте, перемену кру-

тящего момента от положительного до отрицательного при постоянной скорости, а также комбинацию различных режимов. Таким образом, проводится виброакустический анализ и производится замеры температуры масла.

На протяжении более 60 лет компания НВМ (Hottinger Baldwin Messtechnik) является одним из мировых лидеров в производстве измерительного оборудования для различных отраслей промышленности. Ассортимент продукции компании составляют сенсоры, датчики, тензорезисторы, усилители и системы сбора данных, а также программное обеспечение для структурных прочностных испытаний и анализа. Измерительные технологии от НВМ находят широкое применение при решении различных задач в автомобилестроении.

НВМ имеет 27 филиалов и офисов продаж в Европе, Америке и США. Компания также имеет представителей в 40 странах по всему миру, в том числе и в России. В дополнении к головной производственной площадке в Дармштадте (Германия) имеются производства в Мальборо (США) и Сучжоу (Китай) [16].

В качестве примера использования оборудования НВМ стоит выделить испытательные стенды компании Allison – известного производителя автомобильных трансмиссий. Allison использует датчики крутящего момента и оборотов для испытаний механических, автоматических и гибридных трансмиссий.

Для производителя грузовых автомобилей Scania компания Siemens A&D с участием НВМ разработала испытательный стенд для динамического испытания задних мостов автомобилей Scania (рис. 9).



Рис. 9 – Испытательная установка задних мостов Scania [16]

Стенд был установлен в испытательном центре производителя грузовиков в городе Седертелье (Швеция). Установка предназначена для определения данных об усталости, срока службы и функциональности задней оси грузовых автомобилей. Для привода и создания сопротивления движению используется четыре электромотора.

К особенностям стенда стоит отнести отсутствие коробки переключения передач, так как электродвигатели имеют гибкую характеристику, и наличие карданных валов с возможностью изменения длины, что позволяет испытывать мосты различных конфигураций без использования регулирующих устройств.

Контроль и управление осуществляется процессорной системой SIMATIC S7-300 PLC или оператором вручную. Управление оператором проводится с помощью промышленного компьютера и автоматизированной системы CATSNT.

Производитель мостов для грузовых автомобилей SISU Axles использует стенд для оценки прочности и долговечности выпускаемой продукции с датчиками НВМ. Испытательный стенд, позволяющий проводить испытания, как моста в целом, так и его компонентов, состоит из одного приводного электродвигателя на 193 кВт и двух электродвигателей по 98 кВт, выступающих в качестве сопротивления движению автомобиля (рис. 10).



Рис. 10 – Испытательная установка мостов Sisu [16]

За свою 35-летнюю история американская компания MAE (Mustang Advanced Engineering) приобрела огромный опыт в области проектирования и производства испытательных установок. Клиентами компании являются такие автопроизводители, как Caterpillar, John Deere, Volvo, Ford, Toyota и другие [17].

MAE считается мировым лидером в производстве динамометрических беговых барабанов с приводом от двигателя переменного тока. Существуют различные вариации ба-

рабанных стендов, начиная от стандартных 4x2 и 4x4 до 8x8 для многоосных автомобилей высокой проходимости. Диаметральные размеры барабанных роликов – от 20 до 120 дюймов (508-3048 мм). Имеется возможность регулировки колесной базы.

МАЕ недавно завершила производство одного из крупнейших в мире динамометрического барабанного стенда для тестирования автомобилей средней и высокой грузоподъемности с колесными формулами 8x8, 8x6, 8x4, 6x6, 6x4, 6x2, 4x4. Оборудование было поставлено в Пекинский технологический институт (The Beijing Institute of Technology).

Стенд состоит из восьми хромированных 48-дюймовых роликов, которые могут управляться независимо друг от друга по настроенной схеме. Суммарная мощность всех приводных моторов 1200 кВт, суммарное усилие на колесах 260000 Н, максимальная скорость вращения 130 км/ч. Возможно регулировать колесную базу.

Система содержит интегрированный вентилятор, способный имитировать скорость ветра до 130 км/ч. Данные динамометров сопоставляются с данными по расходу топлива, оборотам двигателя, погодным условиям, давлению в системах. Пример испытаний автомобиля 8x8 на таком стенде представлен на рис. 11.



Рис. 11 – Испытание автомобиля 8x8 на динамометрическом барабанном стенде МАЕ [17]

Компания Instron Structural Testing Systems GmbH (IST) была основана в 1999 году после перехода производства испытательных систем Carl Schenck AG в Дармштате (Германия) под руководство американской компании Instron. В настоящее время компания предлагает следующие узлы для испытательных стендов: гидропульсаторы, насосы, силовые агрегаты, сенсоры, электронное оборудование, программные продукты. Также IST является производителем такого оборудования, как дорожные симуляторы, вибрационные столы, стенды для испытания систем привода ведущих колес [18].

HYDROPULS® являются универсальными, надежными и экономически эффективными симуляторами дорожной нагрузки для проведения стендовых испытаний. Нагрузка прикладывается в пятне контакта шины с опорной поверхностью (рис. 12). Автомобиль

устанавливается на четырех вертикальных исполнительных механизмах. Эти механизмы способны воспроизводить вертикальные перемещения и прикладывать к колесу соответствующие нагрузки, возникающие при движении автомобиля по опорной поверхности. Данные симуляторы используют при проведении испытаний на прочность и долговечность, а также при проведении виброакустического анализа, как для всего автомобиля, так и его узлов.



Рис. 12 – Симулятор дорожной нагрузки IST [18]

Заключение

В современном автомобилестроении существует очень жесткая конкуренция в области качества, эффективности и экономичности выпускаемых моделей транспортных средств. Для достижения наилучших результатов требуется проведение большого числа испытаний различных уровней. Результаты этих испытаний во многом зависят от типа и возможностей испытательного оборудования. Далеко не все отечественные научно-исследовательские центры обладают всем необходимым оборудованием для проведения различных типов испытаний транспортных средств, а большая часть из имеющихся испытательных стендов морально и физически сильно устарела.

Обзор современного испытательного оборудования систем привода ведущих колес транспортных средств дает возможность определить перспективные направления развития в этой области с целью обновления испытательной базы предприятия.

Работа выполнена в рамках договора №9905/17/07-к-12 между ОАО «КАМАЗ» и «Московским государственным техническим университетом имени Н.Э. Баумана» при финансовой поддержке Российской Федерации и Минобрнауки.

Список литературы

1. Верецагин С.Б. Планирование и оценка результатов испытаний колёсных и гусеничных машин: Учебное пособие. - М.: МАДИ (ГТУ), 2008 – 60 с.
2. Балабин И.В., Куров Б.А., Лаптев С.А. Испытания автомобилей. – М.: Машиностроение, 1988. -192 с.
3. Bernd Heiβing, Metin Ersoy. Chassis Handbook. Fundamentals, Driving Dynamics, Components, Mechatronics, Perspectives. – Berlin: MercedesDruck, 2011. – 591 с.
4. Аахенский технологический университет. Режим доступа: <http://www.ika.rwth-aachen.de/> (дата обращения 20.03.2014).
5. Компания Burke Porter. Режим доступа: <http://www.testrigns.com/> (дата обращения 20.03.2014).
6. Сайт компании Control Sistem. Режим доступа: <http://www.controlsistem.it/> (дата обращения 20.03.2014).
7. Выставки испытательного оборудования «Automotive Testing Expo». Режим доступа: <http://www.testing-expo.com/> (дата обращения 20.03.2014).
8. Сайт компании Horiba. Режим доступа: <http://www.horiba.com/> (дата обращения 20.03.2014).
9. Сайт компании MTS. Режим доступа: <http://www.mts.com/> (дата обращения 20.03.2014).
10. Сайт компании Volvo Truck. Режим доступа: <http://www.volvotrucks.com/> (дата обращения 20.03.2014).
11. Сайт AVL. Режим доступа: <http://www.avl.com/> (дата обращения 20.03.2014).
12. Сайт. Режим доступа: <http://www.gup.ru/> (дата обращения 20.03.2014).
13. Сайт компании LMS. Режим доступа: <http://www.lmsintl.com/> (дата обращения 20.03.2014).
14. Сайт компании Froude Hofmann. Режим доступа: <http://www.froudehofmann.com/> (дата обращения 20.03.2014).
15. Сайт компании VIA. Режим доступа: <http://www.bia.fr/> (дата обращения 20.03.2014).
16. Сайт компании HBM. Режим доступа: <http://www.hbm.com/> (дата обращения 20.03.2014).
17. Сайт компании MAE. Режим доступа: <http://www.mustangdyne.com/> (дата обращения 20.03.2014).
18. Сайт компании Instron Structural Testing Systems. Режим доступа: <http://www.instron.ru/> (дата обращения 20.03.2014).