

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации**

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

**А.А. Глуценко
И.Р. Салахутдинов**

ИСПЫТАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ И ТРАНСПОРТНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

(учебное пособие рекомендовано Федеральным
учебно-методическим объединением по
укрупненной группе специальностей и направлений
подготовки 23.00.00 - Техника и технологии
наземного транспорта)



Ульяновск - 2022

УДК 629.113.001.4(075.8)

ББК 39.34.04

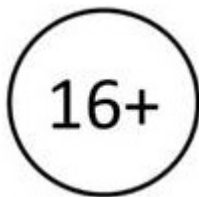
Г 55

Глущенко А.А. Испытания транспортных и транспортно-технологических машин: учебное пособие для студентов инженерного факультета/ А.А. Глущенко, И.Р. Салахутдинов.– Ульяновск: УлГАУ, 2022. – 414 с.

Рецензенты: Хусаинов Альберт Шамильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Проектирование и сервис автомобилей» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

Шиляев Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили и металлообрабатывающее оборудование» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет»

Учебное пособие содержит сведения, необходимые для формирования профессиональных компетенций при подготовке студентов, и допущено Федеральным УМО по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 23.00.00 - «Техника и технологии наземного транспорта» в качестве учебного пособия для обучающихся по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», уровень образования - «бакалавриат», специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», уровень образования - «специалитет»



Печатается по решению методической комиссии инженерного факультета Ульяновского государственного аграрного университета имени П.А. Столыпина
Протокол № 7 от 18.01.2022 г.

ISBN 978-5-6046667-3-9

© Глущенко А.А., Салахутдинов И.Р., 2022

© ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Тракторы и автомобили являются основными энергетическими машинами АПК, задачей которых является качественное выполнение работ с наилучшими технико-экономическими показателями, а также перевозка сельскохозяйственных грузов и пассажиров.

Тракторы, автомобили и используемое технологическое оборудование должны отвечать определенным эксплуатационным требованиям, базирующимся на научно обоснованных свойствах и показателях. К числу этих требований относятся, прежде всего, обеспечение высокой производительности и экономичности, выполнение всего комплекса сельскохозяйственных работ качественно, в наилучшие агротехнические сроки в различных почвенно-климатических условиях, а автомобилей - в дорожных условиях. Кроме того автомобили и тракторы должны обеспечивать определенные сроки службы (ресурса) в этих условиях, а также технологическую и экологическую безопасность.

При создании новых и совершенствовании уже выпускаемых конструкций автомобилей и тракторов определение соответствия машин этим требованиям устанавливается в результате испытаний.

Испытания транспортных и транспортно-технологических машин являются неременной частью, с одной стороны, науки о автомобилях, тракторах и технологическом оборудовании, с другой стороны - машиностроительного производства. Проведение испытаний является весьма сложной и специфической научно-исследовательской работой, требующей углубленной специализации персонала.

Будущий специалист должен обладать необходимыми знаниями видов испытаний и способов их проведения, знать устройство, принцип работы, требования к выбору контрольно-измерительных приборов и комплексов, методики проведения испытаний и измерений, планировать испытания и уметь обрабатывать полученные результаты.

Учебное пособие предназначено для студентов бакалавров и магистров очного и заочного форм обучения специальностей «Наземные транспортно-технологические системы», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», «Агроинженерия».

I ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Цель и задачи изучения раздела

Целью освоения дисциплины «Испытания транспортных и транспортно-технологических машин» является изучение современных методов и испытательного оборудования для проведения экспериментальных исследований; планирование, подготовка и проведение испытаний автомобилей, тракторов и оборудования; получение, обработка и анализ результатов испытаний.

1.2 Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен

знать:

- роль и место испытаний в процессе проектирования и доводки автомобилей, тракторов, оборудования и комплексов на их базе;
- методы испытаний;
- методы обработки результатов испытаний;

уметь:

- планировать проведение экспериментальных работ;
- готовить автомобили, тракторы, оборудование и комплексы к проведению испытаний;
- пользоваться современной аппаратурой, стендами и научным оборудованием для проведения испытаний и обработки результатов;

владеть:

- методами планирования эксперимента;
- техникой подготовки и проведения испытаний и экспериментальных исследований автомобилей, тракторов и оборудования.

II ГЛОССАРИЙ

Абрис проходимости - часть контура поверхности трактора в проекции на вертикальную поперечную плоскость, которой трактор вписывается между растениями.

Абсолютная влажность почвы - отношение массы воды к массе сухой почвы, выраженное в процентах.

Автомобильная шина - один из наиболее важных элементов колеса, представляющая собой упругую резино-металло-тканевую оболочку, установленную на обод диска.

Агрегатный состав почвы - процентное содержание комочков различной величины и формы, на которые распадается воздушно-сухая почва.

Агротехнический просвет - расстояние по вертикали от опорной поверхности до наименее удаленных от нее элементов конструкции трактора над рядком.

Базовая модель - наиболее распространенная и универсальная модель трактора, имеющая специализированные модификации.

Балластные грузы – грузы, предназначенные для установки на трактор для дозагрузки передней и (или) задней оси;

Безрамный остов представляет собой общую жесткую систему, состоящую из корпусов механизмов трансмиссии и двигателя.

Ботанический состав - разделение растений на семейства, роды и виды с целью определения их весового или процентного соотношения в растительной массе.

Брекер - толстый слой резины (в лёгких шинах) или скрещённых слоёв полимерного корда и (или) металлокорда, размещенный между каркасом и протектором, предназначенный для защиты каркаса от ударов, придания жёсткости шине в области пятна контакта шины с дорогой и для защиты шины и ездовой камеры от сквозных механических повреждений.

Буксирное устройство – элемент конструкции трактора, находящийся спереди трактора, обеспечивающий присоединение приспособлений (например, штанги или буксирного каната) для его буксирования;

Высота профиля пневматической шины - полуразность между наружным диаметром и посадочным диаметром пневматической шины.

Габаритные размеры - крайние, самые большие размеры автомобиля или трактора по длине, ширине и высоте, измеряемые в миллиметрах.

Дернина - верхний слой почвы, густо пронизанный переплетенными живыми и отмершими корнями, побегами и корневищами растений.

Динамический развал колёс - значение развала меняющееся в значительных пределах при крене автомобиля или изменении загрузки на автомобиле с независимой или полунезависимой подвеской.

Динамический радиус колеса - расстояние от центра колеса до опорной плоскости при движении колеса.

Динамичность – способность автомобиля совершать транспортную работу с наибольшей скоростью. Это свойство оценивают по быстроте разгона и максимальной скорости автомобиля на прямой горизонтальной дороге с усовершенствованным покрытием и наибольшей крутизне подъема, который автомобиль может преодолевать.

Защитная зона - расстояние по горизонтали от середины рядка до ближайших движущихся частей трактора.

Исправное и работоспособное состояние - автомобиль или трактор может выполнять заданные функции и показатели их технического состояния соответствуют нормативно-технической документации.

Испытание – экспериментальное определение значений параметров, показателей качества продукции в процессе функционирования или при имитации условий эксплуатации, а также при воспроизведении определённых воздействий на продукцию по заданной программе.

Кастер или кастор - угол между вертикалью и проекцией оси поворота колеса на продольную плоскость автомобиля. Продольный наклон обеспечивает самовыравнивание управляемых колёс за счёт скорости автомобиля.

Кинематический радиус колеса – отношение продольной составляющей скорости колеса к его угловой скорости.

Колесо - движитель, круглый (как правило), свободно вращающийся или закреплённый на оси диск, позволяющий поставленному на него телу катиться, а не скользить.

Марка трактора - условное кодовое название модели определенной конструкции.

Модель - машина с определенными конструкцией и расположением агрегатов.

Модификация - видоизмененная базовая модель специализированная по назначению и унифицированная с базовой моделью.

Механический состав почвы - содержание в почве частиц различной величины.

Микрорельеф - мелкие элементы рельефа, занимающие незначительные площади (от нескольких квадратных дециметров до нескольких сотен квадратных метров) с колебаниями относительных высот не более 1 м (кочки, холмики роющих животных, мелкие западины, бугорки и неровности от обработки почвы).

Наружный диаметр пневматической шины - диаметр наибольшего сечения пневматической шины плоскостью вращения колеса при отсутствии контакта с опорной поверхностью.

Опытный участок - площадь, отведенная для настройки и определения агротехнических показателей при испытании сельскохозяйственной техники.

Остов - основание, соединяющее части трактора в единое целое.

Плавность хода - способность машины двигаться по неровным дорогам с минимальными вертикальными перемещениями и ускорениями, носящими колебательный затухающий характер.

Плотность почвы - масса 1 см³ абсолютно сухой почвы, в естественном ее сложении.

Погребенная древесина - древесина в почвогрунтах болотных участков на глубине хода рабочих органов.

Подвеска – система устройств, для упругой связи остова с колесами или гусеницами.

Полурамный остов – это объединенная конструкция отдельных корпусов трансмиссии и балок полурамы.

Почвенный профиль - графическое изображение сечения исследуемой поверхности почвы вертикальной плоскостью, выполненное в уменьшенном масштабе.

Предельный статический угол поперечного уклона - наибольший угол, на котором автомобиль или трактор может стоять, не опрокидываясь и не сползая вниз, в поперечной плоскости.

Прицеп – буксируемое трактором транспортное средство, предназначенное для перевозки грузов сельскохозяйственного или лесохозяйственного назначения. К прицепам также относятся прицепы, у которых часть вертикальной нагрузки передается буксирующему трактору (полуприцепы).

Продольная устойчивость – наибольший угол подъема, на котором автомобиль или трактор может стоять без опрокидывания.

Протектор - внешний слой шины в виде определённого рисунка для обеспечения приемлемого коэффициента сцепления шин с дорогой, а также для предохранения каркаса от повреждений.

Проезжимость – свойство, характеризующее возможность совершения автомобилем или трактором транспортной работы в тяжелых дорожных условиях или вне дорог.

Развал колес - угол между вертикалью и плоскостью вращения колеса. Развал считается отрицательным, если колёса наклонены верх-

ней стороной внутрь, и положительным, если верхней стороной наружу.

Рамный остов - клепанная или сварная рама из стального проката различного профиля, на которую устанавливают части трактора или автомобиля.

Рельеф - совокупность неровностей земной поверхности различной величины и формы.

Рулевое управление - система управления направлением движения транспортных средств с помощью рулевого колеса.

Связность дернины - отношение усилия на разрыв дернины к площади поперечного сечения образца.

Снаряженная масса трактора – масса трактора в рабочем состоянии, включая устройство защиты при опрокидывании, с охлаждающей жидкостью, смазочными материалами, топливом (бак, наполненный не менее чем на 90 % номинальной вместимости), инструментом и оператором.

Статический радиус колеса - расстояние от оси вращения неподвижного нагруженного нормальной нагрузкой колеса с пневматической шиной до плоской опорной поверхности.

Степень задернения - масса подземной части растений в 1 дм³ взятой пробы.

Стерня - нижняя часть стеблей зерновых культур, оставшаяся на корню после уборки урожая.

Схождение колес - угол между направлением движения и плоскостью вращения колеса.

Твердость почвы - свойство почвы сопротивляться сжатию и расклиниванию, выраженное в МПа.

Трактор - колесная или гусеничная машина, приводимая в движение установленным на ней двигателем, предназначенная для перемещения и приведения в действие различных машин и орудий, тележек или саней, а также для привода стационарных машин от вала отбора мощности или приводного шкива.

Типаж, или система тракторов - это технически, технологически и экономически обоснованная совокупность всех моделей тракторов, рекомендуемых в производство.

Тип почвы - основная таксономическая единица классификации почвы, применяемая в Российской Федерации.

Топливная экономичность – способность автомобиля совершать транспортную работу с наименьшим расходом топлива. Ее оце-

нивают обычно расходом топлива в литрах на 100 км пройденного пути.

Тормозная система - система механизмов и устройств для уменьшения скорости движения и/или остановки транспортного средства или механизма, а также для удерживания его от самопроизвольного движения во время покоя.

Тягово-сцепное устройство (ТСУ) – устройство, соединительные элементы которого, установленные на тракторе и прицепе, обеспечивают механическое соединение между ними.

Угол поперечного наклона - угол между вертикалью и проекцией оси поворота колеса на поперечную плоскость автомобиля обеспечивающий самовыравнивание управляемых колёс за счёт веса автомобиля.

Уклон поля - отношение разности высот двух точек, расположенных на местности по линии максимального уклона, к горизонтальному расстоянию между этими точками.

Условия испытаний - совокупность внешних факторов (метеорологических, состояния почвы, культурных растений, исходного материала и др.), оказывающих влияние на результаты испытаний сельскохозяйственной техники.

Учетная деланка - часть опытного участка определенного размера и формы, выделенная для определения агротехнических показателей при испытании сельскохозяйственной техники.

Учетная площадка - часть учетной деланки, выделенная для определения агротехнических показателей при испытании сельскохозяйственной техники.

Шарнирно-сочлененная рама - две полурамы, соединенные между собой двойным шарниром, который позволяет поворачиваться полурамам друг относительно друга в горизонтальной (на $\pm 40^\circ$) и вертикальной (на $\pm 18^\circ$) плоскостях.

Ширина профиля пневматической шины - расстояние между двумя плоскостями вращения колеса, касающимися внешних поверхностей боковин пневматической шины.

III ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ, ТРАКТОРОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1.1 Понятие о проектировании

Создание автомобиля, трактора или технологического оборудования, как и любого другого объекта новой техники, осуществляется инженерно-техническим персоналом путем проектирования.

Под проектированием понимается процесс составления описания, необходимого для создания в заданных условиях еще не существующего объекта. То есть проектирование это процесс поиска обоснованных, технически осуществимых и экономически целесообразных технологических решений по созданию объекта новой техники. Результатом проектирования является некое описание варианта объекта, которое анализируется, обсуждается, если нужно, корректируется и принимается как основа для дальнейшей разработки - конструирования.

Конструирование - это процесс создания конкретной, однозначной конструкции объекта. Конструкция - это структура, взаимное расположение частей и элементов, определяющееся его назначением.

Конструкция предусматривает способ соединения, взаимодействия частей, а также материалы, из которых должны быть изготовлены отдельные части.

В процессе конструирования создаются изображения и виды объекта, рассчитывается комплекс размеров с допускаемыми отклонениями, выбирается соответствующий материал, устанавливаются требования к шероховатости поверхностей, технические требования к объекту и его частям, создается техническая документация.

Конструирование опирается на результаты проектирования и уточняет все инженерные решения, принятые при проектировании. Создаваемая в процессе конструирования техническая документация должна обеспечить перенос всей конструкторской информации на изготавливаемый объект и его рациональную эксплуатацию.

Как видим проектирование и конструирование тесно взаимосвязаны, и служат одной цели - разработке нового объекта, которого не существует, или существует в другой форме и имеет иные размеры.

Государственным стандартом устанавливается пять стадий разработки нового технического объекта:

- техническое задание
- техническое предложение;
- эскизный проект;
- технический проект;
- рабочая документация.

Техническое задание содержит назначение, технические характеристики и показатели качества, а также технико-экономические требования, предъявляемые к будущему объекту, область его применения и специальные требования. Желательно в техническом задании указывать производственную базу на которой будет изготавливаться объект, объемы его выпуска, возможные пути модернизации и др. После согласования и утверждения техническое задание является основанием для выполнения проектных разработок.

Техническое предложение - это поиск возможных технических решений, проверка и оценка выявленных вариантов и принятие решения о выборе оптимального варианта для дальнейшей разработки.

В техническом предложении излагается подробное техническое и экономическое обоснование принятого решения, излагаются результаты сопоставления различных вариантов по показателям качества, технологичности, экономичности и т.д. Здесь же излагаются результаты исследований по проверке патентной чистоты выбранного решения как в стране, так и за рубежом.

В число обязательных документов технического предложения входят пояснительная записка и ведомость технического предложения.

На этапе эскизного проектирования производится проектно-конструкторская проработка принятого в техническом предложении оптимального варианта до уровня принципиальных конструкторских решений, дающих общее представление об устройстве и принципах работы объекта. В эскизном проекте подтверждаются или уточняются требования к объекту, установленные техническим заданием и техническим предложением. На основе проводимых конструкторских проработок разрабатываются новые, уточненные технические требования и уточняются технические параметры. Рассчитываются технико-экономические показатели, которые заложены при разработке эскизного проекта и которые необходимо достичь в дальнейшей разработке.

В эскизном проекте закладываются основы применения типовых, стандартизированных и унифицированных составных частей разработки. Особое внимание уделяется ранее разработанным и испытанным на практике узлам и механизмам.

Технический проект - это совокупность конструкторских документов, дающих полное представление об устройстве разрабатываемого объекта и содержащих все необходимые данные для подготовки рабочей документации. На этом этапе разрабатываются уточненные кинематические, гидравлические, пневматические, электрические и др. схемы.

На стадии разработки рабочей документации завершается отработка конструкции на технологичность, обеспечиваются показатели качества, технико-экономические показатели и др.

При проектировании нового объекта следует ориентироваться не только на условия, которые существуют в настоящее время, но и оценивать проектируемый объект с позиций будущих условий. В связи с этим огромную роль при проектировании играют процессы прогнозирования.

Прогнозирование - это вероятностное суждение о будущем с высоким уровнем достоверности и основанного на объективной оценке возможного.

Основу инженерного прогнозирования составляют пять видов прогнозов: оперативное, краткосрочное, среднесрочное, долгосрочное и сверхдолгосрочное.

Более высокой степенью прогнозирования является научное предвидение.

В настоящее время существует более 100 методов прогнозирования. Наиболее распространенными являются три из них: метод экстраполяции, метод экспертных оценок и метод моделирования.

Метод экстраполяции основан на переносе динамики событий и состояний, имевших место в недалеком прошлом, на будущее. Этот метод нашел применение при оперативном и краткосрочном прогнозировании, преимущественно при разработке такой разновидности объектов, в которой не предвидится существенных качественных изменений в ее развитии. Иначе говоря, областью применения этого метода является техника, развивающаяся эволюционным путем и достаточно медленно.

Метод экспертных оценок заключается в том, что группе экспертов-специалистов ставят ряд вопросов, касающихся развития проектируемого объекта. Затем математической обработкой результатов опроса устанавливают преобладающее мнение. Этот метод целесообразно использовать в случае отсутствия достаточно систематизированной информации о прошлом, или в случае, когда перспектива зависит

в большей степени от принимаемых решений, но не от технических возможностей в реализации этих решений.

Метод моделирования - характеризуется тем, что анализ исходных данных ведут на моделях разрабатываемых объектов, выполненных в соответствии с требованиями теории подобия. Модели могут быть как физическими (например, уменьшенная копия устройства), так и математическими (являющимся более универсальным).

1.2 Критерии проектирования

Основой для выбора окончательного технического решения из числа возможных вариантов служат технические требования к разрабатываемому объекту.

Как минимум, к конструкции технического объекта предъявляются восемь групп требований, выраженных через соответствующие каждой группе показатели (рис. 1).

Показатели назначения (функционирования) - это показатели, характеризующие полезный эффект от использования объекта по своему назначению и определяющие область его применения. Перечень этих показателей определяется индивидуальными особенностями каждой группы объектов (например для гайковертов - это максимальный крутящий момент, максимальный размер гайки; для насоса моечной установки - это подача, напор и т.д.).

Показатели надежности дают количественные характеристики проявления одного или нескольких свойств, составляющих надежность объекта применительно к определенным промежуткам времени, режимами и условиями эксплуатации.

Надежность объекта проявляется в его безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости. Безотказность характеризуется: вероятностью безотказной работы, средней наработкой на отказ, интенсивностью отказов.

Показатели долговечности - процентный ресурс объекта, средний ресурс и др.

Ремонтпригодность характеризуется показателями вероятности восстановления в заданное время и средним временем восстановления объекта.

Показатели сохраняемости - средний срок сохраняемости.

Показатели технологичности характеризуют эффективность конструкторско-технических решений для обеспечения высокой про-

изводительности труда при изготовлении и ремонте объекта. Основные показатели технологичности распределяются по:

- трудоемкости (изготовления, подготовки объекта к работе и т.д.);
- себестоимости (изготовления, подготовки объекта к работе и т.д.);
- унификации и взаимозаменяемости (коэффициент унификации объекта, унификации конструктивных элементов, стандартизации изделия, взаимозаменяемости);
- расходу материала;
- обработке (коэффициент точности обработки, шероховатость поверхности);
- составе конструкции (коэффициент сборности и использования в других объектах).

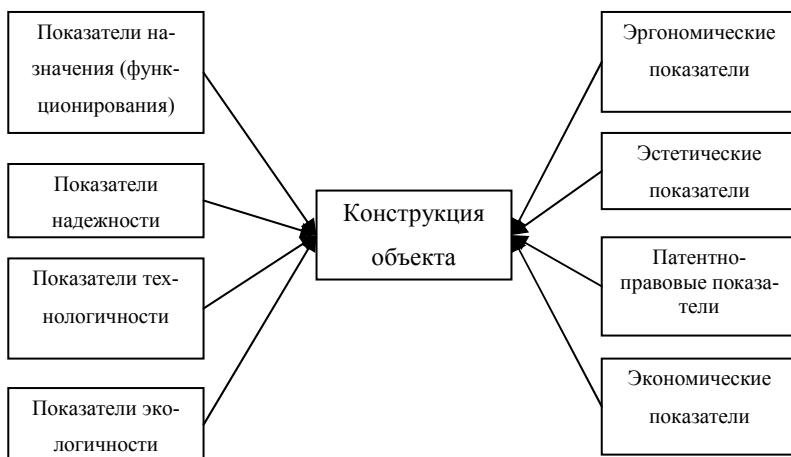


Рисунок 1 - Показатели качества конструкции объекта

Эргономические показатели - это показатели, характеризующие систему человек - машина - среда и учитывающих комплекс гигиенических, антропологических, физиологических и психофизических свойств человека, проявляющихся в производственных условиях.

Показатели экологичности характеризуют воздействие объекта на окружающую среду - это уровень звука внешнего шума, содержание вредных примесей в воде и т.д.

Эстетические показатели характеризуют внешние свойства объекта: оригинальность, гармоничность, целостность и т.д.

Патентно-правовые показатели отражают степень патентной защиты конструкторских решений.

Экономические показатели характеризуют затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию объекта, а также экономическую эффективность его применения.

Как видно из приведенного перечня и показателей, выбор лучшего варианта технического решения является довольно сложной задачей. Это объясняется, во-первых, множеством показателей, а во вторых существующими взаимосвязями между показателями и возникающими при этом противоречиями.

Например, повышая требование к надежности объекта, конструктор объективно создает предпосылки к удорожанию объекта в производстве, но, с другой стороны, снижает стоимость его эксплуатации. Подобные взаимосвязи прослеживаются и между другими показателями. Следовательно, одновременно достичь самых лучших уровней показателей всех групп просто невозможно. Поэтому перед началом проектирования следует сразу определиться, какие показатели более важны для достижения главной цели проектирования, а какие менее важными.

Из выделенной группы показателей объекта необходимо обозначить тот, который в наибольшей степени характеризует соответствие объекта заданному целевому назначению. Этот показатель принято называть КРИТЕРИЕМ и по его величине ведут сравнение вариантов технического решения проектируемого объекта.

Оценку созданной модели автомобиля или трактора на соответствие конструкторской документации, заложенных технико-экономических, топливно-экологических и показателей безопасности и экологичности проводят в результате различных испытаний.

Контрольные вопросы:

- 1. Что такое проектирование?*
- 2. Чем характеризуется метод моделирования?*
- 3. Перечислите показатели качества конструкции объекта.*
- 4. Какой показатель принято называть критерием?*
- 5. Перечислите этапы проектирования и охарактеризуйте каждый из них.*
- 6. Что отражается в техническом задании.*
- 7. Прогнозирование и его цель.*

2 КЛАССИФИКАЦИЯ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

2.1 Система испытаний

Испытания являются источником почти всех достоверных сведений о свойствах и качестве автомобильной и тракторной техники на всем протяжении её жизненного цикла (от разработки проектов до истечения срока службы и утилизации) и служат основанием совершенствования конструкции, технологии изготовления, планирования снабжения запасными частями, технического обслуживания в эксплуатации. Синонимом понятия «испытания» во всех случаях является эксперимент. Полностью подпадая под обобщенное понятие продукции по ГОСТ 16504-81, испытания автомобильных транспортных средств (АТС) рассматриваются как экспериментальное определение значений параметров и показателей качества в процессе их функционирования или при имитации условий эксплуатации, а также при воспроизведении воздействий по заданной программе.

При создании новых моделей или модернизации выпускаемых машин, при организации технической эксплуатации действующего парка по результатам испытаний оценивают технико-экономические показатели функционирования АТС в различных условиях, их соответствие требованиям стандартов, технических условий, нормам, требованиям потребителей и соответствие технического уровня конструкции достижениям в мировом производстве аналогов.

Множество задач и целей испытаний, сложность и высокая стоимость их проведения для все более усложняющихся конструкций требуют тщательной классификации видов испытаний с тем, чтобы каждый раз при их организации сделать оптимальный выбор назначения, объёма, условий и других обстоятельств.

Совокупность испытаний на разных этапах жизненного цикла конструкции составляет систему испытаний, отражающую не только специфические особенности автомобильной техники, но и особенности условий их функционирования и использования.

В отечественной машиностроительной промышленности разработана и стандартизирована по большинству параметров система всесторонних испытаний различных категорий автомобилей и тракторов, начиная от макетных и опытных образцов новых моделей и заканчивая

образцами текущего производства и автомобилями, тракторами и оборудованием, прошедшими капитальный ремонт (ГОСТ 16 504-74).

2.2 Виды испытаний автомобилей

Испытания автомобилей различаются по испытываемым объектам, назначению, способам проведения и т.д. На рисунке 2 приведена классификация основных видов испытаний автомобилей по важнейшим признакам, определяющим содержание, объёмы и способы проведения экспериментальных работ.

1. Исследовательские испытания в необходимых случаях могут проводиться на любом этапе разработки, производства и эксплуатации машин для нахождения (поиска) оптимальных конструктивных решений, углубленного изучения рабочих процессов полнокомплектных машин, их систем, агрегатов, узлов и деталей с целью оценки эффективности и целесообразности вносимых изменений в конструкцию, технологические процессы изготовления и правила эксплуатации, а также совершенствования технологий проектирования и испытаний

1.1. Поисковые - Макетные и опытные образцы - Выбор и обоснование оптимальных значений показателей эксплуатационных свойств, проверка и подтверждение компоновочных схем, конструктивных параметров, применяемых материалов и т. п., отработка технических требований для включения в техническое задание (ТЗ) на разработку

1.2. Доводочные - Опытные образцы - Определение выявленных недостатков, их устранение и внесение изменений в чертёжно-техническую документацию (ЧТД), выявление возможности и трудоёмкости технического обслуживания и ремонта, оценка влияния вносимых в опытные образцы изменений для достижения заданных значений показателей ТЗ и качества, приведение конструкции в соответствие с требованиями технических условий (ТУ), технического проекта, конструкторской документации, стандартов, правил и требований пассивной и активной безопасности, санитарно-гигиенических норм и других нормативных документов, в том числе международных правил и национальных норм

2. Предварительные - Опытные образцы - Проверка соответствия опытных образцов ТЗ и требованиям нормативно-технической и другой документации, перечисленной в Пункте 1.2. Определение предварительных значений показателей надёжности полнокомплектной машины, её частей, агрегатов, узлов и деталей в процессе

функционирования. Определение предварительной номенклатуры запасных частей. Определение необходимой конструкторской доработки и внесение изменений в образцы машины для приёмочных испытаний. Определение возможности предъявления образцов на приёмочные испытания

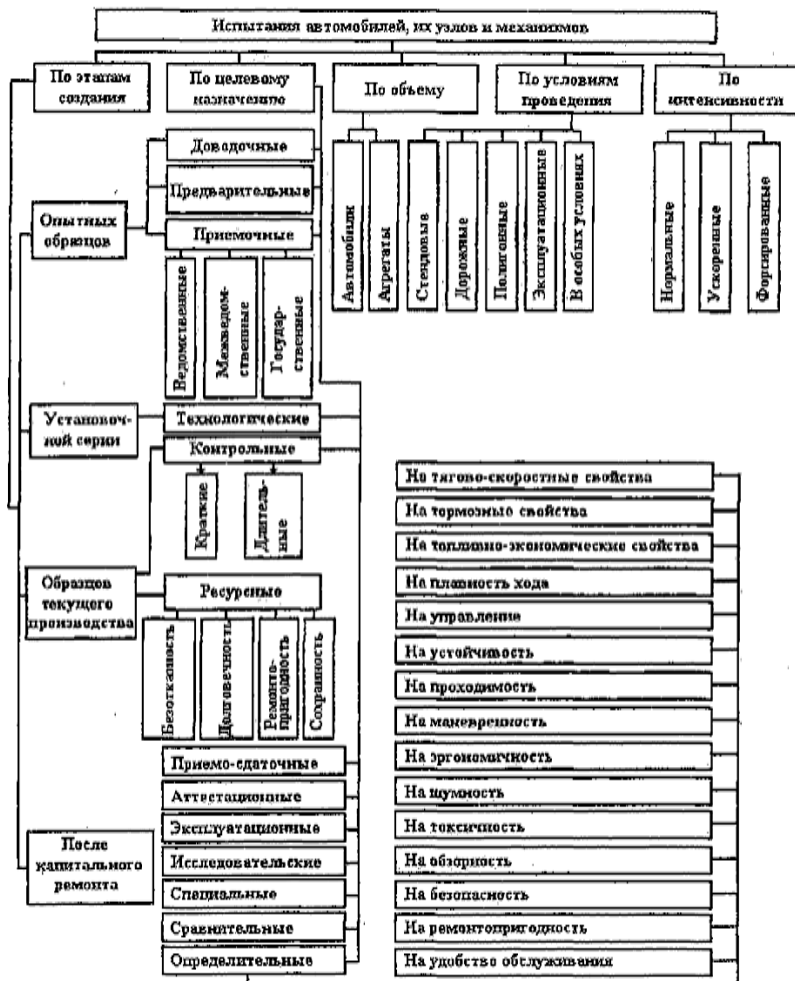


Рисунок 2 - Виды испытаний автомобилей

3. Приёмочные - Опытные образцы - Определение соответствия опытных образцов ТЗ, требованиям стандартов, в том числе международных, национальных (при необходимости) и ЧТД. Оценка технического уровня. Определение целесообразности постановки машины на производство и использования по назначению

4. Квалификационные (установочные) - Образцы установочной серии (первой промышленной партии) - Проверка эффективности мероприятий по устранению недостатков, обнаруженных в процессе приёмочных испытаний. Оценка соответствия образцов установочной серии техническим условиям и другим документам. Проверка отработанности (освоения) технологии изготовления основных агрегатов, узлов, деталей и сборки полнокомплектной машины путём комплексной оценки качества

5. Приёмодаточные - Образцы серийного и массового производства - Проверка соответствия машин серийного и массового производства требованиям технических условий и конструкторской документации, а также условиям поставки, предусмотренным документами о порядке приемки и поставки машин, их агрегатов, узлов и деталей, договорами или другими двусторонними обязательствами между предприятием-изготовителем и заказчиком

6. Периодические (краткие контрольные) - Образцы серийного и массового производства - Проверка соответствия машины ТУ, требованиям стандартов и ЧТД в объёме, предусмотренном нормативно-технической документацией на данный вид испытаний. Проверка стабильности качества изготовления, в том числе сборки, регулировки, отделки и др. Подтверждение уровня качества изготовления машин, выпущенных в течение контролируемого периода. Подтверждение возможности продолжения изготовления по действующей конструкторской и технологической документации

7. Инспекционные (длительные контрольные испытания) - Образцы серийного и массового производства - Проверка соответствия образцов серийного и массового производства техническим условиям и стандартам в объёме, предусмотренном соответствующей нормативно-технической документацией на данный вид испытаний. Проверка стабильности качества изготовления. Проверка надёжности в пределах не менее гарантийного пробега (наработки). Проверка эффективности конструктивных и технологических мероприятий, проведённых на производстве для устранения недостатков, выявленных в предыдущих длительных контрольных испытаниях, оценка эффективности корректирующих воздействий

8. Испытания на надёжность (ресурсные испытания) - Образцы серийного и массового производства - Подтверждение (определение) заданного или объявленного ресурса до капитального ремонта (если он предусмотрен) полнокомплектной машины или основных базовых агрегатов и систем. Определение и оценка показателей надёжности и эксплуатационных свойств за период испытаний. Определение фактического расхода и уточнение предварительной номенклатуры запасных частей и расхода эксплуатационных материалов. Проверка эффективности изменений, внедренных в конструкцию и технологию изготовления машины.

9. Эксплуатационные - Образцы серийного и массового производства - Оценка соответствия машин условиям и требованиям эксплуатации (оценка приспособленности к заданным функциям), исходя из её типа и назначения, указанных в ТЗ и (или) ТУ. Определение ресурса до капитального ремонта и накопление данных по надёжности машины и её агрегатов (узлов) по результатам опытной и подконтрольной эксплуатации в опорных экспериментально- производственных предприятиях, по данным специализированных предприятий технического обслуживания и ремонта. Уточнение показателей эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности. Определение и уточнение расхода запасных частей, эксплуатационных материалов, стоимости ремонтных воздействий в зависимости от величины пробега (наработки) и условий эксплуатации. Проверка в условиях эксплуатации эффективности изменений, внесённых в конструкцию и технологию изготовления машины. При включении эксплуатационных испытаний в качестве этапов доводочных, приёмочных и квалификационных испытаний цели их устанавливаются в соответствии с требованиями эксплуатирующих организаций. Эксплуатационные испытания опытных образцов могут проводиться только после положительных результатов проверки их активной и пассивной безопасности.

10. Сертификационные - Образцы серийного и массового производства - Определение и официальное подтверждение соответствия показателей конструктивных и эксплуатационных свойств, технического уровня и качества машины современным требованиям и нормативам отечественных, международных и национальных стандартов. Присвоение или подтверждение категории качества машины, оформление соответствующей лицензии.

Допускается совмещение испытаний различных видов при их организации и соответствии установленными целями, объемами и

условиями, например, доводочных с предварительными, квалификационных с приемочными и т.д.,

Организация испытаний разных видов отличается порядком их проведения и уровнем регламентации,

Исследовательские испытания (если они частично не совмещаются с предаварительными) являются самыми первыми на стадии разработки машины и отличаются тем, что проводятся на макетном образце, включают сравнение различных конструкторских решений и вариантов. Обычно испытываются те составные части машины, для которых оптимальные решения не ясны или условия применения неизвестны. Исследовательские испытания не регламентированы официальными документами и проводятся непосредственно разработчиками или под их наблюдением, и результаты фиксируются в рабочих документах.

Организация испытаний опытных образцов, образцом установочных серий и образцов серийного и поточно-массового производства определяется соответствующими нормативно-техническими документами.

Предварительные испытания, опытных образцов организует и проводит предприятие-разработчик с привлечением, при необходимости, изготовителей и соисполнителей, участвующих в создании машины.

Приемочные испытания, как правило, проводятся головными организациями по государственным испытаниям закрепленных за ними типов машин (например, Центральный автополигон НАМИ - по испытаниям автотехники) при участии разработчиков-изготовителей. Результаты испытаний передаются приёмочной комиссии. Приёмочные комиссии включают представителей заказчика (основного потребителя), представителей головной организации по испытаниям, организации-разработчика, предприятия-изготовителя и, в зависимости от типа и назначения машины, представителей государственного надзора и (или) технической инспекции труда профсоюзов. Приёмочную комиссию утверждают в порядке установленном разработчиком (иногда заказчиком или основным потребителем совместно с разработчиком). Председателем комиссии назначается представитель заказчика (основного потребителя).

Испытания образцов серийного и массового производства проводятся:

- квалификационные - изготовитель при участии разработчика с привлечением при необходимости, заказчика;

- приемо-сдаточные - служба технического контроля предприятия-изготовителя с участием представителя заказчика;
- периодические - предприятие-изготовитель, головная организация по государственным испытаниям с привлечением, по необходимости, представителей разработчика и заказчика (основного потребителя).

Сертификационные испытания проводят аккредитованные для этого испытательные центры, лаборатории, технические службы Системы сертификации механических транспортных средств.

Эксплуатационные испытания осуществляются только на образцах текущего производства (серийного или массового) и разделяются на три основных вида.

1. Опытная эксплуатация проводится специально подготовленным персоналом: регулярный контроль и учёт наработки в различных условиях, объёмов выполненных транспортных, погрузочно-разгрузочных работ в соответствии с назначением машины, регистрация и анализ отказов, неисправностей и перечисление мероприятий по их устранению.

2. Подконтрольная эксплуатация, в которой учитываются общие условия функционирования и контролируется состояние объекта по документальным данным эксплуатирующей организации с привлечением специалистов-испытателей для повышения достоверности информации.

3. Рядовая эксплуатация у потребителя, где возможны отклонения от правил использования и обслуживания, а специалисты-испытатели для повседневного наблюдения не привлекаются, информация о результатах ограничивается сообщениями данных, имеющих у потребителей.

Более информативными являются первые два вида эксплуатационных испытаний, которые получили наибольшее распространение и методическое обеспечение. Опытная эксплуатация часто включается в программу определительных испытаний как этап для проверки и оценки эффективности использования новой модели по назначению и выявлению направлений её совершенствования. Подконтрольная эксплуатация расширяется путём организации опорных экспериментально-производственных хозяйств с включением в их кадровый состав специалистов-испытателей. Этот вид эксплуатационных испытаний отличается от полигонных представительностью (репрезентативностью) информации, так как в основу их методики положен отбор больших партий однотипных машин одной серии выпуска, относи-

тельная однородность условий применения и постоянный контроль за техническим состоянием каждого объекта. В подконтрольной эксплуатации используется единая методика сбора, обработки и представления информации, что даёт возможность сравнительной оценки различных моделей машин, повышает достоверность получаемых оценок, в частности, основных показателей надёжности.

В ряде случаев эксплуатационные испытания проводятся в транспортных подразделениях завода-изготовителя, обслуживающих собственные потребности в различных перевозках.

Методы эксплуатационных испытаний непрерывно совершенствуются главным образом за счёт насыщения экспериментально-производственных хозяйств диагностическими стендами и аппаратурой. Основным недостатком эксплуатационных испытаний - длительные сроки получения информации, которые возрастают по мере повышения надёжности АТС.

Виды испытаний, перечисленные на схеме рисунка 1, отражают сложившуюся комплексную систему получения информации о создаваемых вновь и эксплуатируемых машинах. Фактическую основу этой информации составляют стендовые испытания (исследования) агрегатов и полнокомплектных машин, лабораторно-дорожные, полигонные, ускоренные и форсированные испытания в заданных условиях, на специальном оборудовании и сооружениях с привлечением всех средств извлечения возможно более полных и достоверных данных о свойствах и характеристиках объекта испытаний при сокращенных сроках и затратах на обработку получаемых данных.

В организации испытаний выделяются следующие этапы: планирование, проведение, обработка результатов и выработка заключений и рекомендаций.

Планирование испытаний должно обоснованно определить что, когда и как делать для достижения сформулированных целей. Планирование любых видов испытаний АТС отражается в рабочей программе, являющейся организационно-методическим документом.

Подразделение испытаний *по этапам создания* и месту в общем комплексе работ по созданию новых или модернизированных моделей автомобилей включает следующие виды:

- испытания опытных (и макетных) образцов новых или модернизированных автомобилей и их модификаций;
- испытания установочной серии (первой промышленной партии) автомобилей и тракторов;

- испытания образцов текущего производства, то есть серийной продукции;

- испытания автомобилей и тракторов, прошедших капитальный ремонт.

По *целевому назначению* испытания классифицируются на доводочные, предварительные, приёмочные (ведомственные, межведомственные, государственные, экологические, контрольные (краткие и длительные), ресурсные, приёмо-сдаточные, аттестационные, эксплуатационные, научно-исследовательские, специальные, сравнительные, определительные (по оценке отдельных характеристик автомобиля и трактора).

По *используемым средствам, условиям, объёму* и месту проведения испытания подразделяются на стендовые (лабораторные), дорожные (на дорогах общего пользования), полигонные (на специализированных испытательных дорогах и сооружениях полигона), климатические (арктические, субтропические, высокогорные, пустынные и т. п.).

По степени *интенсивности* проведения и режимов нагружения различаются нормальные, ускоренные и форсированные испытания. Все виды испытаний, за исключением эксплуатационных, могут быть нормальными, ускоренными, форсированными, сокращёнными в зависимости от складывающихся требований к срокам, стоимости, условиям и других обстоятельств их проведения.

Ведомственные испытания проводит ведомство, которое заинтересовано в выпуске новых автомобилей и тракторов. Программа этих испытаний предусматривает определение эксплуатационных возможностей машины, её производительности, экономической эффективности, безопасности, долговечности, ремонтпригодности, удобства обслуживания, условий труда оператора и других показателей.

Межведомственные испытания проводятся с целью согласованной оценки новой модели автомобиля или трактора со стороны нескольких ведомств, заинтересованных в производстве нового образца.

Государственные испытания проводятся под руководством государственной комиссии с целью определения готовности машины к производству по всем конструктивным, эксплуатационным, технологическим и производственным показателям. Только положительные результаты этих испытаний позволяют государственной комиссии дать разрешение на производство и продажу новой модели.

Технологические испытания образцов установочной серии проводятся с целью проверки эффективности мер по устранению недос-

татков, выявленных в процессе изготовления, апробировать технологию изготовления нового автомобиля (в том числе сборки и регулировок систем, агрегатов и узлов), проверить качество изготовления и комплектующих изделий заводов-поставщиков, повысить квалификацию производственного персонала, определить нормативы технического контроля качества продукции. Технологическим испытаниям периодически подвергаются и образцы текущего производства с целью оценки мероприятий по изменению технологических процессов, применения новых материалов, нового оборудования, при передаче сборочного производства дочерним предприятиям и др.

Организация испытаний образцов серийного или поточно-массового производства по уровню проведения включает несколько видов.

Периодические *контрольные* испытания серийных (или массовых) образцов могут быть длительными в объёме до 25 тыс. км и краткими в объёме до 2,5 тыс. км.

Объёмы контрольных испытаний, их программы и методики регламентируются государственными и отраслевыми стандартами, в том числе ГОСТ 6875-54 "Автомобили грузовые. Методы контрольных испытаний", ГОСТ 6905-54 "Автомобили легковые. Методы контрольных испытаний", ОН 025 318-68 "Прицепы и полуприцепы. Программа и методы контрольных испытаний", ОН 025 302-69 "Автомобили полноприводные двух- и трехосные. Программа-методика длительных контрольных испытаний".

Ресурсные испытания - это определение безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости машины. В соответствии с ГОСТ 13 377-75 они предназначены для установления технического ресурса или подтверждения назначенного ресурса автомобиля

Специальные испытания позволяют проверить соответствие автомобиля специфическим требованиям и его пригодность для выполнения специальных задач (работать в условиях радиационной или химической заражённости местности, обеспечивать перевозку специальных грузов и т. п.).

Сравнительные испытания проводятся вместе с однотипными моделями автомобилей зарубежного производства с целью получения сравнительных характеристик по основным конструкторско-технологическим и эксплуатационным параметрам.

Определительные испытания могут входить в любой из перечисленных видов испытаний, так как предусматривают определение конкретных конструктивных параметров или эксплуатационных

свойств автомобиля с заданными значениями точности и доверительной вероятности. Эти испытания называются оценочными, когда замеры параметров проводятся без учёта заданной точности и достоверной вероятности. Обычно определительные испытания именуют по названию технических характеристик, значения которых определяются в процессе испытаний, например, тягово-окоростные, тормозные, эргономические и др.

В зависимости от объёмов экспериментальных работ испытаниям подвергаются отдельные детали, узлы, агрегаты, системы и полнокомплектные машины. Испытания проводятся как в стендовых, так и в дорожных (или полигонных) условиях, причём для автомобилей базового варианта, агрегатированной машины (например, цистерна, автокран, пожарная, бетоновоз и др.) и автопоездов (с прицепом и с полуприцепом).

Лабораторно-дорожные испытания охватывают задачи экспериментальной оценки номинальных параметров и показателей эксплуатационных свойств, соответствие их ТЗ, ТУ, стандартам и другим нормативно-техническим документам в стабильных условиях воздействия внешних и внутренних факторов. Этим испытаниям могут подвергаться АТС, проходящие экспериментальную проверку в любых видах испытаний.

Основной объём лабораторно-дорожных испытаний включает определение основных внутренних и габаритных размеров, взаимное расположение элементов управления и места оператора, пропускная способность заливных горловин, углы установки колес, распределение массы, внешний и внутренний шум, пассивная и активная безопасность, обзорность и т.д.

Лабораторные испытания проводятся для оценки различных показателей и свойств АТС в лабораториях на специальном оборудовании и стендах, на специализированных площадках и дорогах, оборудованных участках местности, в бассейнах и других сооружениях, имитирующих условия эксплуатации. Эти испытания охватывают очень большое разнообразие экспериментов за счёт применения специальных камер и установок, Например, дождевальных, холодильных, коррозионных, аэродинамической трубы, где исследуются свойства автотранспортных средств при искусственно регулируемых воздействиях внешней среды.

Комплексы таких лабораторий и специальных сооружений имеются в крупных фирмах производителях, а в научно-исследовательском центре по испытаниям и доводке машин в г. Дмит-

рове (в настоящее время - это один из крупнейших в мире центров для всесторонних испытаний и исследований автомобильной техники), кроме того, в нём созданы все виды дорог.

Методы и способы опытной оценки параметров, показателей эксплуатационных свойств и технических характеристик в лабораторно-дорожных испытаниях регламентированы на различных уровнях, включая государственные и отраслевые Отечественные стандарты и различные международные нормативные документы. В тоже время имеются существенные различия в отечественных и зарубежных Нормативно-технических документах, и отдельные фирмы и организации при проведении испытаний корректируют программы и методики экспериментов по своему усмотрению не всегда придерживаясь общепринятых правил.

Последующие *пробеговые* испытания (как правило, проводимые на автомобильном полигоне в г. Дмитрове рис. 3 -5) являются проверкой функциональных свойств машин при регулируемых или фиксируемых условиях, внешних факторах и рабочих состояний машины. Подготовка к ним включает загрузку машин с предусмотренным в соответствующих технических условиях размещением груза, сочленение с рабочими орудиями и подготовленными объектами тяги, доставку на место испытаний и другие работы.

Основное содержание наиболее ответственной и информативной части испытаний составляет пробег по заданным дорогам, участкам местности при различных нагрузках, выполнение рабочих операций в заданных условиях и объёмах.

Условия испытаний нормируются протяженностью пробега, разбивкой его по типам дорог, режимами движения, метеорологическими параметрами и объёмами эксплуатационно-технологических операций.

В процессе пробеговых испытаний фиксируются и определяются:

- пробег и объём выполненной работы;
- отказы, поломки, неисправности, нарушения регулировок;
- время, материальные и трудовые расходы на устранение отказов;
- средние скорости движения;
- средние расходы топлива, масел и других эксплуатационных материалов;
- запас хода (продолжительность работы без дозаправки) по топливу;
- изменение физико-химических свойств масел и смазок;

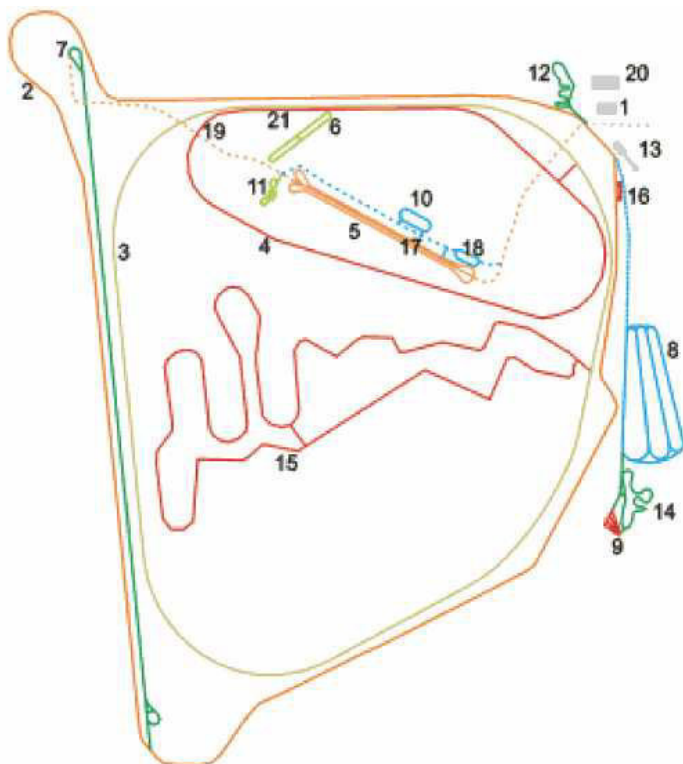


Рисунок 3 - Схема Центрального научно-исследовательского автомобильного полигона НАМИ:

1 - лабораторно-производственная база; 2 - грунтовая дорога равнинная, кольцевая; 3 - скоростная дорога; 4 - булыжная дорога кольцевая, профилированного мощения; 5 - комплекс специальных испытательных дорог; 6 - трек со сменными неровностями (кольцевой); 7 - динамометрическая дорога; 8 - подъемы малой крутизны 4, 6, 8, 10%, 9 - подъемы большой крутизны 30, 40, 50, 60%; 10 - песчаный участок; 11 - бункерный участок; 12 - трасса автокросса; 13 - комплекс для испытаний автомобилей на пассивную и активную безопасность; 14 - горная дорога; 15 - грунтовая дорога тяжелая; 16 - грязевой участок; 17 - мелководный бассейн; 18 - глубоководный бассейн; 19 - щебеночная дорога; 20 - аэродинамическая труба; 21 - участок для испытаний дорожных ограждений

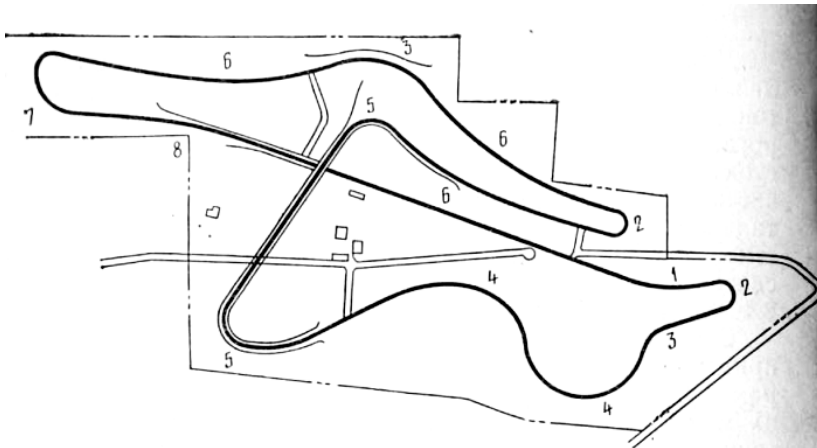


Рисунок 4 - Схема испытательного автодрома фирмы Феррари:

1 - участок для испытания на торможение; 2 - закрытые виражи; 3 - переходные кривые; 4 - участки S-образного поворота; 5 - повороты на участке с вертикальным перегибом; 6 - кривые с большими радиусами закруглений; 7 - профилированный вираж; 8 - начало прямолинейного участка

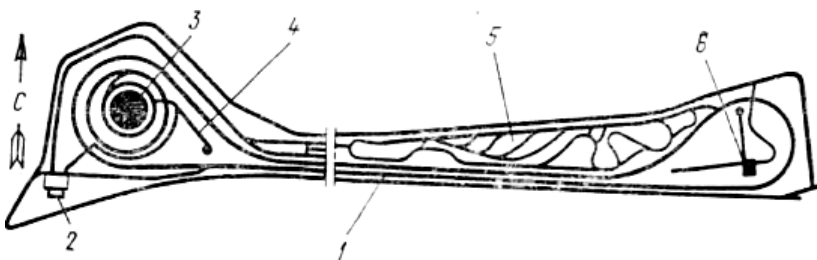


Рисунок 5 - Схема испытательного полигона фирмы БМВ:

1 - скоростной трек; 2 - служебные помещения; 3 - круговая площадка; 4 - испытательная дорожка; 5 - извилистая трасса; 6 - лаборатория

- достаточность, удобство укладки и крепления комплекта возимых запчастей, инструмента и принадлежностей (ЗИП);
- удобство и трудоёмкость выполнения операций технического обслуживания;
- полнота инструкций и руководств по эксплуатации.

Вышедшие из строя в процессе испытаний детали, узлы, агрегаты и системы меняются новыми или восстанавливаются обусловленными ремонтными средствами. Замена узлов, агрегатов или систем производится только при повреждении их базовых деталей.

По результатам пробеговых испытаний оценивается функциональная пригодность машины, её надёжность по показателям безотказности, долговечности, ремонтпригодности и эксплуатационной технологичности. После хранения или Транспортировки во время полигонных испытаниях с включением интенсивных воздействий агрессивной внешней среды оценивается также сохраняемость АТС.

В зависимости от назначения машины оцениваются также эффективность средств обеспечения работы в экстремальных условиях, эвакуационность и эвакуопригодность, работоспособность в условиях радиационного или химического заражения, а также в присутствии агрессивных сред, соответствие другим специальным требованиям, предусмотренным в ТЗ, ТУ.

По окончании дорожных или полигонных испытаний определяются изменения тягово-динамических показателей автомобиля, производится оценка технического состояния систем, агрегатов, узлов и деталей с полной или частичной разборкой и проведением микрометрических работ, металлографических и других анализов.

Ускоренные и форсированные пробеговые испытания проводятся не только для сокращения сроков экспериментальных работ, но и оценки возможностей АТС при создании особых нагрузочных и скоростных режимов работы.

Длительность испытаний АТС определяется отрезком времени от начала доставки выделенных объектов на место проведения до момента, когда полученная информация становится достаточной для выполнения целей и задач, намеченных рабочей программой.

Основные факторы, влияющие на длительность испытаний:

- объём и организация подготовки объектов испытаний, средств и оборудования;
- план проведения испытаний;
- эффективность методов экспериментальных работ;
- режимы внешних воздействий;
- обоснованность и эффективность показателей, критериев и свойств, определяемых при испытаниях;
- качество испытательного оборудования, материально-технического обеспечения, квалификация персонала;

- наличие и эффективное использование дополнительной информации об испытываемых объектах.

В зависимости от этих факторов наибольшую длительность имеют эксплуатационные испытания в условиях рядового использования автомобилей у потребителей. Сравнительно с этим видом испытаний и рассматривается их ускорение. Ближайшими по содержанию, объёму и качеству информации к испытаниям в рядовой эксплуатации, но существенно ускоренными, являются полигонные испытания. Еще большее сокращение длительности достигается при стендовых испытаниях, но преимущественно по отдельным элементам конструкции или характеристикам. Эффективность этих испытаний проявляется на этапе доводки конструкции. Основным фактором ускорения стендовых испытаний является непрерывность процессов нагружения и иных внешних повреждающих воздействий.

Оборудование современных полигонов предусматривает проведение и стендовых, и лабораторно-дорожных, и ходовых испытаний с выполнением всех рабочих (технологических) функций.

Для ускорения полигонных испытаний используется влияние всех перечисленных выше факторов на длительность получения необходимой информации. При лабораторно-дорожных испытаниях на полигоне сокращение длительности достигается уплотнением подготовительных и организационных работ, стабильностью Технологии и технической базы, повышением производительности труда за счёт Поточных методов их проведения.

Наиболее длительной и трудоёмкой частью полигонных испытаний являются пробеговые (с выполнением рабочих технологических функций). Сокращение времени и трудовых затрат на их проведение является определяющим направлением эффективности испытаний полнокомплектных автотранспортных средств. Реализация этого направления (повышение темпов испытательных работ) зависит от оборудования полигона и квалификации испытателей.

Основным фактором ускорения испытаний на полигоне является усиление режимов внешних воздействий, формируемых в испытательных пробегах на специально обустроенных дорогах. Здесь следует подчеркнуть особо, что при испытаниях автомобильной техники решающую роль играют испытательные пробеги. Эта часть испытаний даёт интегральные оценки испытываемой модели - надёжности, эксплуатационной технологичности, фактического проявления всех заложенных в конструкцию потребительских свойств, включая оценку гарантийных Сроков, сроков службы до списания. Только в реальных

пробегах окончательно оценивается пригодность данной машины для выполнения заданных функций.

Ускоренные полигонные испытания без форсирования нагружения получили название нормальных или рядовых. Нормальные пробеговые испытания проводятся в полигонных условиях на основе традиционных порядков их осуществления, сложившихся до создания автополигонов, хотя организация их на новой базе сама по себе давала повышение темпов, сокращение сроков, более высокую стабильность условий в сравнении с пробеговыми испытаниями на сети дорог общего пользования в различных условиях.

В основу планирования нормальных пробеговых полигонных испытаний кладется исследование условий работы АТС по назначению, оценка и анализ режимом нагружения агрегатов, узлов и деталей в эксплуатации прототипов, аналогов. Так как подавляющее большинство типов АТС имеют широкий диапазон случайных режимов нагружения и обстоятельств движения, то для воспроизведения их на полигоне подбираются типизированные условия эксплуатации. Например, для автомобилей общетранспортного назначения выделяют режимы городских, магистральных и горных условий перевозки.

Для воспроизведения типизированных таким образом условий на полигоне подбирается комплекс дорог, соответствующих по характерным признакам (ровности, сопротивлению качения, распределения подъемов и спусков) типизированным условиям эксплуатации. Устанавливается регламентированный пробег с нормативными значениями средних скоростей движения на каждой испытательной дороге, распределением по ним общего пробега в долях, чередованием движения и остановок, продолжительностью перерывов (по санитарно-гигиеническим нормам труда испытателей).

Отработка таких нормативов полигонных испытаний создает предпосылки для их ускорения с помощью форсирования воздействия внешних факторов, в первую очередь, специальных испытательных дорог интенсивного и направленного нагружения, специальных испытательных каналов, камер, а также организации пробеговых испытаний в характерных климатических зонах страны.

Пробег в предварительных испытаниях планируется в два этапа. Первый назначается в объеме гарантируемой заводом-изготовителем протяженности, второй - до исчерпания ресурса (до капитального ремонта). Причем, как правило, второй этап разбивается на части, равные гарантийному пробегу. В каждой части пробега соблюдаются условия первого этапа.

2.3 Подготовка испытаний автомобилей

Объёмы, трудоёмкость и сроки проведения испытаний определяются количественными показателями, которые зависят от числа исследуемых параметров, их сложности, от числа опытов, нагрузочных и скоростных режимов, длительности пробега, условий проведения экспериментов, их организации и т. д.

В организации испытаний выделяются следующие этапы: планирование, проведение, обработка результатов и выработка заключений и рекомендаций. Планирование испытаний должно обоснованно определить, что, когда и как делать для достижения сформулированных целей. Планирование любых видов испытаний автотранспортных средств отражается в рабочей программе, всегда являющейся организационно-методическим руководящим документом.

В программу испытаний, как правило, включаются следующие разделы:

1. *Основание* для проведения испытаний (распоряжение главного конструктора, появление рекламаций, просьба эксплуатирующих организаций и т. п.

2. *Характеристику объекта испытаний* с указанием полного наименования машины, индекса и обозначения, количества испытываемых образцов и их пробег (наработка) до начала испытаний, описание конструктивных особенностей, влияющих на измеряемые показатели, и другие сведений, в том числе о предыдущей модели и об аналоге для сопоставления полученных результатов испытаний.

2. *Цель испытаний* с указанием конкретных задач, которые должны быть решены как в процессе проведения экспериментов, так и по их завершении при анализе результатов.

3. *Общие положения* с указанием:

- перечня документов на проведение испытаний;
- места и сроков проведения испытаний;
- перечня ранее проведенных испытаний, в том числе стендовых и поагрегатных, поясняющих состояние доработки конструкции;
- перечня руководящих документов, используемых при проведении испытаний;
- обоснования последовательности и методов проведения экспериментов.

4. *Подготовку объектов испытаний* - приёмку автомобилей, обкатку, регулировку систем и механизмов (если это необходимо)

монтаж и расположение испытательного оборудования, настройку и тарировку аппаратуры.

Перед началом испытаний производят подготовку автомобиля к экспериментам, которая заключается в отборе, приёме и обкатке образца. Способ отбора зависит от вида испытаний. Для контрольных испытаний нельзя отбирать лучшие образцы, устранять производственные дефекты, выполнять дополнительные регулировки и другие мероприятия, оказывающие влияние на качество изготовления и сборки автомобиля. При приёмочных и ресурсных испытаниях можно перед началом экспериментов устранять случайные дефекты и неполадки, выполнять дополнительные регулировки с целью приведения автомобиля или трактора в соответствие с требованиями технических условий и конструкторско-технологической документации. При приёме автомобиля завод-изготовитель представляет организации проводящей испытания, всю необходимую техническую документацию.

Техническое состояние автомобиля или трактора определяют при осмотре, устанавливая исправность автомобиля или трактора в целом и его отдельных агрегатов с помощью средств, технической диагностики. Осмотр производят без снятия и разборки механизмов. Осмотром определяют:

- комплектность машины в целом, его оборудования, снаряжения, инструмента и других составляющих, предусмотренных конструкцией;
- наличие видимых повреждений или некачественного выполнения деталей, краски, обивки, оборудования и др.;
- наличие неокрашенных поверхностей, не покрытых защитными мастиками коррозии, трещин, некачественной сварки, повреждённых стёкол, уплотнений, подтеканий, качество отделки и декоративных деталей.

При осмотре машин текущего производства, кроме того, проверяется наличие знаков приёма ОТК на агрегатах, пломб на механизмах (спидометр, карбюратор, щиток приборов и др.). Кроме того, проверяется:

- наличие предусмотренного техническими условиями количества масел и жидкостей в агрегатах и узлах;
- герметичность соединений гидравлических и пневматических систем (тормозов, рулевого управления, регуляторов давления воздуха в шинах, приводов навесного и прицепного оборудования);
- затяжку креплений, шплинтовку;
- исправность тягово-сцепных устройств;

- состояние аккумуляторных батарей;
- регулировку подшипников колёс;
- компрессию в цилиндрах двигателя;
- температурные режимы работы агрегатов и систем;
- давление масла в двигателе;
- свободные хода органов управления;
- наличие зазоров трансмиссии;
- обороты холостого хода двигателя;
- давление в шинах, дисбаланс колёс;
- рабочие характеристики двигателя, агрегатов и систем.
- регулировку фар, приборов зажигания (опережение впрыска топлива и т.д.),
- регуляторов напряжения, натяжения ремней, зазоры в клапанном механизме, хода педалей, регулировку тормозных механизмов, регулировку углов установки управляемых колёс.

Все результаты технического осмотра образцов заносят в журнал испытаний.

К подготовительным операциям при ресурсных испытаниях относится первоначальная проверка размеров деталей, износ которых будет определяться, и обязательная их маркировка.

Некоторые виды испытаний проводят с эталонными агрегатами, характеристики которых полностью соответствуют техническим условиям и не изменяются в процессе испытаний. Эталонные агрегаты применяют в тех случаях, когда изменение характеристик может отразиться на показателях эксплуатационно-технических свойств автомобиля. К числу эталонных агрегатов относятся: топливоподающая аппаратура двигателей, распределитель и свечи зажигания, агрегаты и узлы тормозных систем и рулевого управления, амортизаторы, шины и др. Перед установкой на автомобиль проверяется сертификат на эталонный агрегат и производится обкатка.

После устранения дефектов, препятствующих нормальной безопасной работе автомобиля и его агрегатов, устанавливают испытательную аппаратуру или проводят подготовительные работы для её быстрого монтажа и настройки.

Обкатку нового автомобиля проводят в соответствии с требованиями заводской инструкции по эксплуатации машины с целью предотвращения повреждения деталей при больших нагрузках и скоростях движения. Испытания, связанные с высокими скоростями движения и с большими нагрузками на детали, следует начинать после пробега 3...5 тыс. км, (окончательная приработка сопряжённых деталей

достигается только после пробега 10...20 тыс. км.). Как правило, перед испытаниями назначается дополнительная дорожная обкатка.

Ускорению приработки и предотвращению повышенных износов и повреждений (задигов) трущихся поверхностей деталей способствует применение во время обкатки специальных масел и присадок (добавление в масла олеиновой или стеариновой кислот в количестве до 1 % ускоряет процесс приработки почти в 2 раза).

Перед обкаткой на автомобиле все агрегаты проходят холодную (принудительное вращение) и горячую (для двигателя это работа на средних оборотах с использованием сертифицированного топлива) обкатки на стендах.

Техническое обслуживание автомобиля в процессе испытаний должно проводиться в соответствии с заводской инструкцией по эксплуатации и действующим положением о техническом уходе, обслуживании и ремонте.

Метеорологические условия оказывают существенное влияние на стабильность результатов дорожных испытаний. Определять большинство эксплуатационно-технических параметров рекомендуется в сухую погоду при температуре воздуха от +5° С до +25° С. Скорость ветра не должна превышать 3 м/с. Измеренную анемометром, скорость ветра, его направление, а также другие метеорологические условия фиксируют в журнале испытаний (или в протоколе).

Тепловые режимы агрегатов автомобиля обуславливаются их нагрузочными и скоростными режимами работы и температурой внешней среды. Тепловое состояние агрегатов испытываемых образцов контролируется дистанционными термометрами. Перед началом испытаний агрегаты автомобиля должны быть прогреты пробегом, указанным в методике испытаний (обычно время пробега устанавливается от 30 мин. до 1 часа в зависимости от внешней температуры и условий испытаний).

Весовые состояния (нагрузка) автомобилей в процессе испытаний зависят от вида испытаний назначения экспериментов, интенсивности их проведения и указываются в методике испытаний. При всех видах испытаний параметры, регламентируемые международными правилами, стандартами, инструкциями и другими нормативными документами, определяются при весовых нагрузках, указанных в этих документах.

При проведении испытаний должны строго соблюдаться меры по обеспечению безопасности водителей, обслуживающего персонала и наблюдателей, а также меры по обеспечению сохранности автомоби-

ля или трактора и установленных на нем приборов и устройств. Водители-испытатели, должны иметь опыт вождения автомобилей с высокими скоростями, в сложных дорожных условиях, в экстремальных случаях. На испытываемом автомобиле могут находиться только водитель и один контролер-испытатель. Оба должны быть пристегнуты ремнями безопасности и иметь шлемы. При проведении испытаний, связанных с повышенной опасностью (на управляемость, на устойчивость, пассивную безопасность, движение с высокими скоростями, экстренное торможение и др.), на месте испытаний должны находиться представитель службы безопасности движения, медицинское и противопожарное обеспечение.

5. *Условия и порядок* проведения испытаний, где указываются:

- характеристика места и оборудования (специальные испытательные сооружения, дороги) для испытаний;

- метеорологические условия и допустимые отклонения условий испытаний от заданных в соответствующей документации или тактико-технических заданиях;

- требования к загрузке, техническому обслуживанию, заправке топливо-смазочными материалами и хранению испытываемой машины. При испытаниях автомобилей обязательным условием является использование сертификатных топливо-смазочных материалов, (сертификат - это документ, удостоверяющий качество продукции). Топливо и смазочные материалы должны соответствовать маркам, указанным в инструкции по эксплуатации машины. Фактические характеристики применяемых материалов проверяют контрольными анализами. На весь период испытаний желательно организовать специальный пункт заправки топливом, маслами и рабочими жидкостями. Условия хранения испытываемых образцов должны исключать возможность изменения технического состояния машин, нарушения их комплектности, регулировок, бесконтрольной заправки топливом или •го слива, замены смазок, неплановых ремонтов и т. п.;

- взаимодействие организаций, участвующих в испытаниях;

- материально-техническое обеспечение, в том числе различные технические средства, расходные материалы и запасные части, транспортное обслуживание, необходимая конструкторская и технологическая документация;

- метрологическое обеспечение, включая применяемые измерительные приборы, необходимые для достижения требуемой точности результатов;

- тепловые режимы агрегатов в процессе испытаний;

- требования к квалификации основного и вспомогательного персонала, выполняющего испытания и обслуживание;

- общая организация испытаний - суточный пробег, обеспечение отдыха испытателей, оплата труда и пр.

- требования по технике безопасности.

6. *Объёмы испытаний*, где предусматриваются:

- перечень этапов испытаний и экспериментов, их последовательность;

- нагрузочные и скоростные режимы испытаний, их плановые изменения;

- перечень количественных и качественных показателей эксплуатационных и функциональных свойств и параметров машины, подлежащих определению;

- характеристики дорожно-климатических условий испытаний;

- продолжительность испытаний, в том числе сезонную;

- общая наработка (пробег) машины в процессе испытаний;

- цикличность испытаний (при необходимости).

7. *Отчетность с указанием:*

- перечня отчетных документов, оформляемых в процессе испытаний и после их завершения, порядок их согласования, утверждения, представления и хранения;

- требований рассылки или предъявления отчетных документов.

Любой вид испытаний должен завершаться оставлением технического отчёта. В процессе испытаний оформляются протоколы, акты, журналы испытаний, карты измерений, ведомости, которые при необходимости иллюстрируют фотографиями, осциллограммами, графиками, схемами, таблицами и т. п. Эти материалы составляют основу технического отчёта, который строится по следующей схеме (в соответствии с ГОСТ 19 600-74):

- введение, определяющее цель и вид проведенных испытаний, основание для их проведения и организацию, проводившую испытания;

- техническую характеристику объекта испытаний;

- общие условия проведения испытаний;

- условия и методики проведения экспериментов, выполненный объём опытов, приборы и оборудование, применённые в испытаниях, их характеристики, результаты испытаний по всем разделам программы;

- данные осмотров, измерений износов, выявленные отказы и неисправности, произведенные регулировки и ремонты, израсходованные запчасти;
- анализ и оценку результатов испытаний;
- перечень выявленных недостатков автомобиля, их причины и рекомендации по устранению;
- заключение в соответствии с задачами отдельных видов испытаний.

8. *Приложения*, в которых указываются: перечень нормативно-технических документов, применяемых при испытаниях, и другие отечественные и международные поясняющие или справочные материалы.

Разработка рабочих программ испытаний основывается на техническом задании или технических условий на данную машину с использованием стандартов на испытания, типовых программ и типовых методик, в которых отражен накопленный опыт, располагаемые материальные и технические возможности, направление научно-технического прогресса как в развитии данного типа машин, так и способов их оценки, контроля качества. В специализированных испытательных организациях (научно-исследовательские полигоны, испытательные подразделения научно-исследовательских и проектных институтов, управлений главных конструкторов на предприятиях-изготовителях и т. п.) типовые программы, типовые методики и инструкции по организации испытаний разрабатываются и аттестуются как руководящие документы.

Разрабатываются рабочие программы инженерами-исследователями предприятий-разработчиков, фирм-изготовителей и испытательных организаций в сроки, которые утверждаются в приказах об организации и проведении испытаний,

Разрабатывая программу и выбирая методы испытаний или исследований, необходимо учитывать особенности перечисленных выше видов испытаний. В связи с этим в целях сокращения времени и стоимости экспериментов надо правильно сочетать различные испытания, используя рациональную систему испытаний.

Для правильного выбора нагрузочных, скоростных и других режимов при испытаниях машин необходимо точно определять эксплуатационные условия в которых будет работать объект испытаний. Это возможно только в процессе поисковых дорожных испытаний, проводимых с целью определения типичных и предельных эксплуатацион-

ных режимов работы. Результаты этих поисков позволяют создать эквивалентные режимы при испытаниях на стендах и полигонах,

Программа испытаний будет наиболее эффективной, если её разработка будет проводиться одновременно с разработкой конструкции и учитываться всеми подразделениями разработчика машины на стадии проектирования. Более того в конструкции машины должны учитываться требования и условия её будущих испытаний и оценки. Общими требованиями к программам и методикам испытаний являются: применение прогрессивных, экономически обоснованных методом их организации и проведения, достоверных методов измерений с использованием результатов теоретических и экспериментальных работ по созданию данной машины, применение ускоренных или форсированных испытаний тех видов, которые имеют большую продолжительность (например, ресурсных).

Проведение испытаний является реализацией разработанной программы. Основным условием успешной реализации программы является строгая дисциплина исполнения предусмотренных пунктов и составленных рабочих расписаний.

Непосредственные руководители испытаний должны принимать активные меры против небрежного или невнимательного выполнения экспериментов, а персонал всегда должен сознавать важность порученной работы и необходимость ее тщательного выполнения. При проведении испытаний необходима эффективная систематическая проверка качества работы и выявление случаев отступлений от требований программы, установленных сроков и предусмотренных затрат. Для обеспечения высокого качества проведения испытаний необходимо:

- обеспечение независимости и беспристрастности непосредственных руководителей испытаний при их высокой компетентности;
- чёткое установление полномочий, прав и ответственности руководителя испытаний и порядок исполнения поступающих от него заявок на проведение работ отдельными подразделениями и службами организации, проводящей испытания;
- привлечение современной автоматизированной техники для управления процессом испытаний и контроля;
- своевременная поверка, калибровка измерительной аппаратуры и подготовка испытательного оборудования и сооружений (очистка дорог автополигона, измерительных площадок, бассейнов, стендов, весов и т. п.);

- разработка инструкций и рациональных форм регистрации проводимых экспериментов и их результатов, своевременное обеспечение бланочной продукцией и журналами с облегченными формами регистрации наблюдений;

- установление порядка регистрации изменений или отклонений от программы (вынужденных или по ошибке) с целью исключения скрытых отступлений от предусмотренных условий, влияющих на анализ результатов испытаний;

- организация инспекции выполнения пунктов программы, соблюдения методик, поверки и калибровки аппаратуры, качества осмотров и хранения испытываемых образцов, ведения текущей и отчетной документации, диагностики отказов и неисправностей испытываемых машин, выяснения их причин и других обстоятельств проведения испытаний.

Оптимальность принимаемых решений в значительной мере определяется располагаемыми временными, людскими и материальными ресурсами, которые необходимо предусматривать как резервы.

Этап обработки и анализа результатов испытаний включает получение прямых результатов измерений и их преобразование. Обработку результатов часто определяют как первичную, когда производится исключение из рассмотрения явно ошибочных измерений, отклонений, произошедших в результате сбоя аппаратуры, ухода нулей, незамеченных поломок или разрегулировок испытываемой машины и т. п. Затем обработка результатов включает получение и представление статистических характеристик прямых измерений параметров, получаемых при испытаниях. Такими характеристиками могут быть математические ожидания, дисперсии, среднеквадратические оценки измеряемых параметров, корреляционные функции или спектральные плотности рабочих процессов, законы распределения, показатели, отражающие свойства точечных или интервальных оценок статистических характеристик. Все эти характеристики представляются в виде массивов численных значений, которые могут быть введены в память ЭВМ, нанесены на графики или помещены в таблицы.

Обработанные результаты испытаний используются далее для анализа характеристик машины, процесса ее функционирования в заданных условиях, качества, соответствия назначению, эффективности использования. В процессе анализа может осуществляться вторичная обработка полученных результатов для оценки характеристик, связанных с измеряемыми определенными соотношениями. Примером такой

обработки является расчёт показателей надежности, комплексных показателей качества и т. п.

Программа испытаний автомобиля или трактора обычно составляется для решения целого комплекса задач и поэтому содержит соответствующее количество методик экспериментов или ссылки на них.

Любой вид экспериментов проводится по соответствующей методике, которая содержит способы и средства решения поставленных задач. Типовая методика испытаний должна содержать следующие положения:

- цель испытаний с ссылками на соответствующие инструкции, технические задания, программы;
- название и характеристику объектов испытаний;
- способы и методы измерений, количество повторов опытов;
- условия монтажа аппаратуры и вспомогательных устройств, их тарировки, условия ввода в действие, режимы работы, измерительные схемы;
- перечень стендов, приборов и приспособлений, их метрологические и динамические характеристики;
- режимы испытаний характеристику внешних и внутренних сред, данные по регулировкам, чередованию и программированию режимов;
- время и пробег по этапам;
- перечень и количество операций управления и обслуживания (торможения, поворотов, открывания дверей, переключения передач и т. п.);
- дорожные и климатические условия испытаний;
- протяжённость дорог каждого типа;
- время года (число, месяц);
- условия технических обслуживания и ремонтов;
- способы обработки полученных данных;
- техническую документацию на испытания (перечень, порядок заполнения);
- оценочные параметры, по которым даётся заключение;
- связь между результатами стендовых и дорожных испытаний.

2.4 Виды испытаний тракторов

На стадии производства проводят:

- *квалификационные испытания* образцов установочной серии (первой промышленной партии) при наличии решения министерства (ведомства)-изготовителя о ее выпуске;

- приемосдаточные, *периодические кратковременные* (60- и 480-часовые), *периодические длительные государственные* (для сельскохозяйственных тракторов) или периодические длительные, а также сертификационные и эксплуатационные (подконтрольная эксплуатация) испытания серийных образцов;

- приемосдаточные, периодические кратковременные (60- и 480-часовые), периодические длительные государственные (для сельскохозяйственных тракторов), периодические длительные государственные и (или) периодические длительные (для лесопромышленных и промышленных тракторов), а также сертификационные и эксплуатационные (подконтрольная эксплуатация) испытания серийных образцов;

- *сертификационные испытания* с определением сертифицируемых характеристик (показателей), утверждаемых в установленном порядке.

Отремонтированные образцы трактора подвергают приемосдаточным периодическим длительным, эксплуатационным (подконтрольная эксплуатация) и типовым испытаниям; необходимость проведения типовых испытаний определяет головное ремонтное предприятие.

По согласованию между разработчиком (изготовителем) и заказчиком (потребителем) предварительные испытания отдельных моделей тракторов могут быть проведены по программе приемочных испытаний.

При получении положительных результатов проведенные испытания могут быть оформлены как приемочные государственные испытания.

По согласованию с потребителем (заказчиком) не проводят периодические кратковременные (60-часовые) испытания серийных образцов трактора четвертого и последующих годов выпуска при условии полного завершения отработки технологии и достижения стабильного качества изготовления трактора.

Количество образцов, представляемых на испытания:

- при приемочных испытаниях сельскохозяйственных тракторов, разрабатываемых по заказу МСХ РФ на средства государственного бюджета;

- при приемочных испытаниях тракторов других назначений и при испытаниях остальных видов устанавливаются разработчиком

(изготовителем) по согласованию с заказчиком (при наличии) исходя из программы испытаний и обеспечения достоверности их результатов.

Исследовательские (поисковые) проводятся с макетными образцами с целью обоснования параметров, конструктивных схем, компоновки, схем агрегатирования перспективного трактора; обоснование набора машин (технологического оборудования) к трактору; отработка технических требований и включение их в исходные требования потребителя и в техническое задание на разработку трактора. Проводятся исследовательскими организациями отрасли тракторостроения или потребителя (заказчика), организациями-разработчиками.

Доводочные проводятся организациями-разработчиками на опытных образцах проводятся с целью оценки влияния вносимых в конструкцию трактора изменений для достижения заданных значений показателей ее качества.

Предварительные испытания проводятся на опытных образцах с целью оценки экономической эффективности трактора с набором машин (технологическим оборудованием). Проводят испытательные организации отрасли тракторостроения и организация-разработчик.

Приемочные государственные испытания проводятся на опытных образцах с целью оценки экономической эффективности трактора с набором машин (технологическим оборудованием), а также выработки рекомендаций по отнесению трактора к категории качества. Для сельскохозяйственных и промышленных тракторов проводят головные организации по государственным испытаниям, а для тракторов остальных типов - головные организации по государственным испытаниям или специализированные испытательные организации потребителя (заказчика) при участии организации-разработчика и изготовителя под руководством приемочной комиссии.

Эксплуатационные (опытная эксплуатация) – опытная партия - получение дополнительной (к результатам приемочных испытаний) информации по эксплуатационно - технологическим показателям и надежности в различных эксплуатационных условиях. Проводят специализированные испытательные организации потребителя при участии организации-разработчика.

Квалификационные - образцы установочной серии (первой промышленной партии) - оценка экономической эффективности трактора с набором машин (технологическим оборудованием), а также выработки рекомендаций по отнесению трактора к категории качества. Проводит предприятие-изготовитель с участием организации- разработчика.

Приемосдаточные - серийные или отремонтированные образцы - оценка при приемочном контроле соответствия требованиям технических условий на изготовление или ремонт и поставку потребителю.

Периодические кратковременные. Проводятся на серийных образцах с целью оперативного контроля качества и выявления производственных недостатков при изготовлении, включают 60-ти часовые и 480-ти часовые испытания.

Периодические длительные государственные. Испытанию подлежат серийные образцы с целью получения объективной информации для аттестации трактора, в том числе по показателям надежности и для оценки эффективности мероприятий по устранению ранее выявленных недостатков. Проводят головные организации по государственным испытаниям и (или) специализированные испытательные организации потребителя (заказчика) с участием предприятия-изготовителя.

Периодические длительные. Испытания серийных образцов проводится с целью получения объективной информации для аттестации трактора, в том числе по показателям надежности и для оценки эффективности мероприятий по устранению ранее выявленных недостатков, а отремонтированных образцов – для контроля соответствия показателей трактора нормативно-технической документации на ремонт и стабильность качества ремонта. В первом случае проводит предприятие-изготовитель с приглашением, при необходимости, потребителя (заказчика), во втором - головные организации по государственным испытаниям, специализированные испытательные организации потребителя (заказчика) с участием головного ремонтного предприятия или головное ремонтное предприятие.

Типовые - серийные образцы с реализованными конструктивно-технологическими мероприятиями - оценка эффективности и целесообразности вносимых изменений в конструкцию или технологический процесс. Проводят испытательные организации отрасли тракторостроения и организации-разработчики или специализированные испытательные организации потребителя (заказчика) с участием организации-разработчика.

Сертификационные – серийные образцы - определение показателей трактора в соответствии с нормативно-технической документацией для составления сертификата на трактор. Проводит головной НИИ отрасли тракторостроения.

Эксплуатационные (подконтрольная эксплуатация) - серийные или отремонтированные образцы - оценка надежности серийных (от-

ремонтированных) образцов трактора в условиях эксплуатации у потребителя. Проводят по серийным образцам:

- с начала эксплуатации до гарантийного срока - специализированные организации потребителя (заказчика);
- с начала эксплуатации до исчерпания моторесурса - предприятие-изготовитель;
- по отремонтированным образцам - головное ремонтное предприятие.

Испытания на соответствие требованиям экспорта - серийные образцы с конструктивными изменениями по требованию потребителя

Программа предварительных, приемочных государственных, периодических и сертификационных испытаний, как правило, включает следующее:

1. Первичная техническая экспертиза:

- проверка комплектности трактора;
- комплектность прилагаемых к трактору запасных частей, инструментов, принадлежностей, материалов, технической и сопроводительной документации;
- отсутствие (наличие) видимых повреждений отдельных деталей и сборочных единиц, арматуры, декоративных изделий, уплотнений и обшивок, течей в местах соединений и сальниковых уплотнений;
- качество выполнения сборки, сварных швов, окраски и т.д.;
- наличие пломб в местах, подлежащих опломбированию;
- заполнение заправочных емкостей.

2. Опробование работы двигателя на холостом ходу:

- исправность системы пуска;
- показания приборов, контролирующих работу системы охлаждения и смазки и системы электрооборудования при работе двигателя без нагрузки на минимальной и максимальной частотах вращения;
- отсутствие (наличие) стуков и шумов, свидетельствующих о неисправности.

3. Опробование трактора на холостом ходу:

- правильность действия органов управления и средств сигнализации;
- отсутствие стуков и шумов в системах и агрегатах при работе без нагрузки;

4. Обкатка двигателя и трактора в соответствии с технической документацией на трактор.

5. Определение конструктивных параметров технической характеристики трактора:

- линейных и угловых размеров трактора;
- вместимости емкостей;
- конструктивной (сухой) и эксплуатационной массы;
- распределение эксплуатационной массы по осям колесного трактора;
- координат центра тяжести при эксплуатационной массе;
- среднего условного давления движителей на почву;
- ширины колеи;
- радиусов поворота трактора: минимального, габаритного и дорожного просвета.

6. Тормозные испытания:

- показатели работы на ВОМ;
- максимальная мощность при регламентированной частоте вращения колчатого вала двигателя и соответствующий ей удельный расход топлива;
- показатели работы в зависимости от частоты вращения и на частичных нагрузках под воздействием регулятора при положении органов управления регулятором частоты вращения, соответствующем полной подаче топлива;
- показатели при стандартной или регламентированной для работы с агрегируемыми машинами частоте вращения хвостовика ВОМ;
- оценочный удельный расход топлива по методике ГОСТ 18509.

Агротехнические испытания

Определение линейных размеров, массы и вместимости емкостей - по ГОСТ 23734. Габаритные размеры, колею, базу и дорожный просвет измеряют при всех предусмотренных конструкцией трактора значениях базы, колеи и дорожного просвета. Если регулирование указанных параметров бесступенчатое, то определяют их пределы. Базу колесного трактора определяют как расстояние между двумя вертикальными плоскостями, проходящими через центры передних и задних колес в положении управляемых колес, соответствующем движению трактора по прямой линии (в случае, если трактор оборудован задним тандемом, центром заднего колеса считается среднее положение между двумя осями тандема.) Колею определяют как расстояние между вертикальными плоскостями средин гусениц или колес, установленных на одной оси в положении управления колес, соответствующем движению трактора по прямой линии.

Вертикальная плоскость колеса или гусеницы в сборе находится на одинаковом расстоянии от двух плоскостей, проходящих через наружные кромки колеса или гусеницы. При наличии сдвоенных колес вертикальная плоскость находится на одинаковом расстоянии от двух плоскостей, проходящих через наружные кромки сдвоенных колес.

При измерении дорожного просвета трактор должен быть полностью заправлен, укомплектован балластными грузами и возимым инструментом, а на сиденье должен быть установлен груз массой 75 кг. Для колесных тракторов давление в шинах колес должно соответствовать нормам, установленным ГОСТ 7463. 5

Статическую нагрузку, создаваемую массой трактора в агрегате с сельскохозяйственными машинами в транспортном положении на отдельное колесо или гусеничный движитель, при эксплуатационной массе, включающей массу балластных грузов, определяют взвешиванием на весах или расчетом на основании взвешивания. При взвешивании сельскохозяйственные машины или транспортные средства, находящиеся в агрегате с трактором, должны быть заправлены технологическими материалами.

Определение пусковых качеств двигателя, установленного на тракторе, проводят с целью проверки возможности пуска двигателя при температурах и в условиях, регламентированных ГОСТ 20000, ГОСТ 19677 и нормативной документацией на конкретный трактор и двигатель. Перед определением пусковых качеств трактор должен быть выдержан при температуре, заданной техническими условиями, не менее 15 ч.

Аккумуляторные батареи при электростартерной системе пуска должны соответствовать 3 ГОСТ 7057-2001 ГОСТ 959, быть частично разряжены в течение 5 ч током силой, равной 0,05 емкости, или в течение 2,5 ч током силой, равной 0,1 номинальной емкости.

Продолжительность пуска, число и продолжительность попыток, а также интервалы между ними должны соответствовать ГОСТ 18509 и техническим условиям на конкретный трактор.

Пуск считается произведенным, если после отключения пускового устройства двигатель работает не менее 10 с.

Определение пусковых качеств двигателя проводят в начале, середине и в конце испытаний трактора на надежность с целью проверки возможности пуска двигателя при разной степени износа его деталей.

Оценку агрегатируемости проводят с целью определения возможности агрегатирования трактора с сельскохозяйственными маши-

нами (орудиями) и транспортными средствами, предназначенными для работы с данным трактором, а также трудоемкости составления, отсоединения и переналадки агрегата.

Возможность агрегатирования оценивают по расположению присоединительных деталей и соответствию размеров сопрягаемых элементов трактора и сельскохозяйственной машины или транспортного средства, а также по качеству выполнения технологической операции агрегатом.

Трудоемкость составления машинно-тракторного агрегата, его приведения в рабочее или транспортное положение и отсоединения сельскохозяйственных машин и транспортных средств от трактора определяют по ГОСТ 24055 и ГОСТ 24059.

Энергетические возможности трактора для обеспечения работы с агрегатируемой сельскохозяйственной машиной определяют по степени использования мощности двигателя X по формуле

$$\lambda = \frac{N_{c.исп.}}{N_{c.max}},$$

где $N_{c.исп.}$ - мощность, используемая при выполнении сельскохозяйственной операции, кВт; $N_{c.max}$ - максимальная мощность двигателя, определяемая по ГОСТ 30747, кВт.

Используемую мощность двигателя определяют по результатам непосредственных измерений. Допускается определять используемую мощность двигателя по регуляторной характеристике двигателя при положении рычага управления регулятором, соответствующем полной подаче топлива и частоте вращения вала двигателя на данной операции.

Определение вписываемости испытываемого трактора в междурядья проводят измерением агротехнического просвета защитной зоны и абриса проходимости в соответствии с рисунком 6.

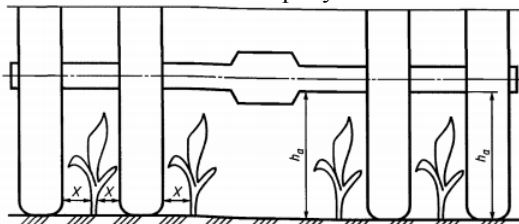


Рисунок 6 - Оценка эксплуатационно-технологических показателей:

h_a - агротехнический просвет; X - защитная зона

Эксплуатационно-технологическую оценку проводят в соответствии с ГОСТ 24055 и ГОСТ 24057. 4 ГОСТ 7057-2001

Определение показателей надежности тракторов проводят при эксплуатационных и (или) ускоренных испытаниях. Надежность тракторов при эксплуатационных испытаниях определяют по наработке не менее 4000 моточасов, при ускоренных испытаниях - по наработке, эквивалентной не менее 800 моточасов.

Сбор и обработка информации при испытаниях, классификация отказов по группам сложности, определение приспособленности к техническому обслуживанию, ремонту и хранению, выбор номенклатуры и расчет показателей надежности, техническая экспертиза, оценка надежности и отчетность - по действующей нормативной документации.

Эксплуатационные испытания проводят на типичных для испытываемых тракторов основных работах и зонах испытаний. При этом должны быть предусмотрены следующие работы:

- пахота, лущение, дискование, сплошная культивация, посев, уборочные работы с машинами, требующими привода от вала отбора мощности (далее - ВОМ) или через гидропривод, транспортные работы (обязательно только для колесных тракторов) - для тракторов общего назначения;

- сплошная культивация, междурядная обработка пропашных культур, транспортные и уборочные работы, пахота, посев и посадка, работа с машинами, требующими привода от ВОМ или через гидропривод, - для универсально-пропашных тракторов.

Продолжительность испытаний тракторов на работах, перечисленных выше, не менее 75 % общей продолжительности испытаний, в том числе не менее 10 % - с машинами, требующими привода от ВОМ или через гидропривод.

Режимы испытаний трактора должны подбираться из условий выполнения установленного объема испытаний при следующих нагрузках в процентах от номинальной мощности двигателя:

- для колесных тракторов общего назначения при средней нагрузке 80 % и более - 70 % общего времени (не менее), при средней нагрузке от 50 до 80 % - до 25 % общего времени, при средней нагрузке до 50 % - до 5 % общего времени;

- для универсально-пропашных тракторов при средней нагрузке 70 % и более - 35 % общего времени (не менее), при средней нагрузке от 40 до 70 % - до 60 % общего времени, при средней нагрузке от 30 до 40 % - до 15 % общего времени;

- для гусеничных тракторов общего назначения при средней нагрузке от 85 % и более - 85 % общего времени (не менее), при средней нагрузке от 60 до 85 % - до 15 % общего времени.

Ускоренные испытания допускается проводить на надежность с использованием загрузочных устройств, имитирующих реальные процессы нагружения. Объем имитационной части испытаний должен составлять не более 50 % регламентированного объема испытаний.

Определение проходимости.

Испытания на проходимость трактора и бульдозера проводят методом преодоления склона, брода, а также в условиях, соответствующих приложению К, на низшей передаче с нагрузкой на крюке, установленной в технических условиях на конкретную модель трактора, и (или) без нее.

Испытания на склоне следует проводить при подъеме, спуске и движении с правым и левым креном. При этом трактор или бульдозер устанавливают на склоне с заданным углом с работающим двигателем и в течение 5 мин выдерживают на тормозах. Допускается определять работоспособность трактора и бульдозера на стенде с изменяющимся углом наклона.

Таблица 1

Условия испытаний на проходимость

Условия испытаний	Характеристика фона, на котором проводятся испытания тракторов по видам проходимости		
	Ограниченной	Повышенной	Высокой
Глубина размокшего грунта, см.	До 5	10-15	20-25
Несущая способность на заболоченном лугу, кг/см ²	-	0,9-1,1	0,5-0,7
Пашня боронованная:			
глубина вспашки, см.	15-20	20-25	25-30
влажность, %	20-30	50-60	до 70
Глубина снежного покрова (см.) при плотности снега 0,2-0,4 г/см ³	20-25	30-40	50-60
Песок	Сухой, уплотненный или влажный	Сухой, разрыхленный на глубину, см.	
		30-40	40-50

При испытании трактора и бульдозера на проходимость при преодолении склона определяют их работоспособность. При этом трактор устанавливают на склоне с заданным углом с работающим двигателем и в течение 5 мин выдерживают на тормозах. Допускается определять работоспособность трактора и бульдозера на стенде с изменяющимся углом наклона. При проведении испытаний на работоспособность фиксируют показания приборов, регистрирующих давление и температуру масла в двигателе и температуру воды, а на машине проверяют работоспособность навесных орудий. Трактор считается работоспособным при заданном угле склона, если показания приборов не ниже установленных эксплуатационной документацией, а бульдозер считается работоспособным, если у него сохраняется также работоспособность навесных орудий.

Трактор и бульдозер при преодолении брода должны двигаться на низкой передаче при положении регулятора частоты вращения двигателя, соответствующем полной подаче топлива. Водоем, служащий для испытания по преодолению брода, должен иметь песчаное дно или дно, не уступающее по плотности песку, плавные входы и выходы, не превышающие угол наклона 15° . Длина водоема должна быть не менее двух длин трактора. Глубина погружения:

- 0,6 м - для тракторов класса 4 и ниже;
- 0,8 м – для классов до 50-го включительно;
- 1,2 м – для класса 75.

Оценка герметичности - по наличию воды в агрегатах и узлах.

2.5 Подготовка испытаний тракторов

Предназначенный для тестирования трактор должен быть отобран производителем по согласованию с испытательной станцией из производственной серии. Трактор, как правило - серийный образец, строго соответствующий описанию и предоставленным заводом - производителем техническим условиям. Тестирование опытной модели трактора разрешается в исключительных случаях с последующим подтверждением в отчете испытательной станции соответствия серийных моделей прошедшему испытанию трактору. В отчете должно указываться, как был отобран трактор.

Трактор должен быть новым, производитель до начала испытаний в сотрудничестве с испытательной станцией, под свою ответственность, в соответствии с принятыми инструкциями должен провести обкатку. Если процедура является практически неосуществимой в свя-

зи с тем, что трактор является импортированной моделью, испытательная станция может самостоятельно провести обкатку при условии получения документально подтвержденных полномочий производителя или присутствия его представителя, ответственного за обкатку. Настройки и регулировка карбюратора или топливного насоса, регулятора оборотов должны соответствовать спецификации, предоставленной производителем. В период до проведения испытаний изготовитель может внести корректировки в соответствии со техническими условиями. Эти корректировки не должны изменяться во время испытаний. В Протоколе испытаний должны быть указаны место и продолжительность проведения обкатки.

Изделие предоставляют на испытания не позднее чем за 15 дней до наступления агротехнических сроков выполнения работ с документацией. С опытным образцом изделия в испытательную организацию предоставляют следующую техническую документацию:

- комплект сборочных чертежей изделия и его составных частей;
- монтажные, электрическая, гидравлическая, пневматическая схемы (отдельно может быть представлено руководство по эксплуатации);
- принципиальные схемы - технологическая, кинематическая, электрическая;
- копию технического задания или заменяющей его нормативный документ;
- проект технического условия;
- протокол предварительных (заводских) испытаний с заключением о соответствии изделия требованиям ТЗ;
- руководство по эксплуатации, включающее техническое описание и инструкцию по эксплуатации, техническому обслуживанию, монтажу, пуску, регулировке и обкатке изделия на месте его применения по ГОСТ 2.601, ГОСТ 27388;
- графики характеристик двигателей внутреннего сгорания, электродвигателей, насосов, компрессоров и других изделий в соответствии со стандартами на методы испытаний;
- перечень изменений, внесенных в конструкцию изделия по сравнению с ранее испытанным образцом;
- проект цены изделия на момент проведения испытаний;
- проект оптовой цены изделия;
- строительно-монтажную документацию;
- технический ресурс изделия.

По требованию испытательной организации должна предоставляться карта микрометража основных изнашиваемых деталей.

С серийными образцами в испытательную организацию предоставляют следующую документацию:

- технический паспорт;
- технические условия;
- руководство по эксплуатации, включающее техническое описание и инструкцию по эксплуатации, техническому обслуживанию, монтажу, пуску, регулировке и обкатке изделия на месте применения по ГОСТ 2.601, ГОСТ 27388;

- мероприятия по устранению недостатков, ранее выявленных при испытаниях и хозяйственной проверке;

- перечень конструктивно-технологических изменений сборочных единиц и деталей с пояснительной запиской;

- комплектуючную ведомость и упаковочный(ые) лист(ы);

- отпускную цену на момент проведения испытаний.

По требованию испытательной организации предприятие, поставившее изделие на приемочные испытания, должно предоставить каталог деталей и сборочных единиц по ГОСТ 2.601 и чертежи на любые детали в течение 10 дней со дня получения запроса (ГОСТ Р 54783-2011).

Изделие принимают специалисты испытательной организации при участии представителя разработчика (изготовителя). При приемке изделия проверяют комплектность его поставки в соответствии с технической документацией.

Досборку или монтаж изделия, поступившего отдельными упаковочными местами, проверку и оценку его сохранности при транспортировании, а также определение трудоемкости сборочных работ проводят по действующей нормативной документации [11].

Предварительную оценку безопасности конструкции выполняют внешним осмотром изделия в процессе приемки. При этом должно быть проверено:

а) наличие:

- видимых течей рабочих жидкостей через уплотнения, повреждений деталей, арматуры, декоративных изделий;

- блокировок, средств сигнализации;

- ограждения опасных узлов и механизмов;

- надписей по технике безопасности;

- мест и устройств для зачаливания;

- устройств, предохраняющих деформацию кабины изделия при опрокидывании;

- лестниц, площадок для ног и ограждений сидений;

б) безопасность входа и выхода с рабочего места;

в) уровень заполнения емкостей рабочими жидкостями.

Работоспособность блокировок, средств сигнализации и ограждений проверяют на холостом ходу.

По результатам предварительной оценки безопасности к испытаниям не допускают изделия, в конструкции которых имеются несоответствия требованиям безопасности, представляющие реальную угрозу для жизни и здоровья обслуживающего персонала.

Подготовка трактора к испытаниям включает следующее.

При подготовке изделия к испытаниям необходимо соблюдать следующие требования:

- техническое состояние изделия должно отвечать требованиям ТЗ (или ТУ) и руководству по эксплуатации;

- изделие должно быть сагрегатировано с соответствующими энергетическими средствами, удовлетворять требованиям безопасности;

- энергетические средства и электроприводы сельскохозяйственных агрегатов должны соответствовать нормативам, установленным технической документацией на конкретные типы изделий;

- техническое и технологическое обслуживание агрегатов следует проводить персоналом с использованием технических средств, предусмотренных руководством по эксплуатации;

- до начала испытаний изделие должно быть обкатано и отрегулировано в соответствии с руководством по эксплуатации.

Продолжительность обкатки должна соответствовать требованиям руководства по эксплуатации, но составлять не менее 0,5 ч основного времени, если в руководстве время не указано.

2.6 Виды испытаний оборудования

Испытания рабочего и вспомогательного оборудования автомобилей и тракторов являются важнейшим методом контроля их технического состояния, как в процессе отработки новых изделий, так и в процессе их длительной эксплуатации. Испытаниям могут подвергаться отдельные агрегаты, узлы систем или целые системы в собранном виде.

В зависимости от поставленных целей испытания подразделяются на научно-исследовательские, опытные и серийные.

Научно-исследовательские испытания обычно предшествуют всем другим видам испытаний. Цели этих испытаний могут быть различными, но их главная задача сводится к изучению и анализу происходящих в агрегатах или системе явлений и процессов, определению различных характеристик, а также изучению факторов, влияющих на надежность и долговечность.

Проведение научно-исследовательских испытаний является обязательным условием при разработке принципиально новых конструкций агрегатов и узлов гидравлических систем. Такие испытания, как правило, проводятся в научно-исследовательских институтах, лабораториях высших учебных заведений и конструкторских организациях.

Результаты научно-исследовательских испытаний дают возможность уточнить и дополнить выдвинутые теоретические положения и методы расчета, определить рабочие параметры и характеристики, определить нагрузки, действующие на элементы оборудования, и решить многие другие вопросы. На основе проведения таких испытаний могут быть также разработаны технические требования на проектируемые агрегаты и системы. В отдельных случаях материалы испытаний могут послужить основой для создания новых методов расчета и теоретических обобщений.

Опытные испытания представляют собой второй этап в создании новых конструкций. Целью опытных испытаний являются отработка и доводка новых агрегатов и систем оборудования. В процессе этих испытаний используются результаты, полученные при научно-исследовательских испытаниях.

В соответствии со своей основной целью опытные испытания могут подразделяться на **доводочные, лабораторные, государственные и эксплуатационные**.

Доводочные испытания могут проводиться по двум направлениям: отработка агрегатов и отдельных узлов систем (в лабораторных условиях) и отработка оборудования на опытной машине. При проведении таких испытаний стараются воспроизвести реальные условия работы оборудования, которые можно ожидать в процессе длительной эксплуатации машины.

После окончания опытных испытаний, как правило, удается выполнить отладку рабочих процессов, отработку конструкции агрегатов или узлов, проверить правильность выбора материалов и техноло-

гии изготовления, определить предварительный срок службы тех или иных агрегатов, довести параметры и характеристики агрегатов и системы до соответствующих техническим требованиям. Зачастую при этом возникает необходимость в проведении специальных испытаний по программам, учитывающим те или иные условия эксплуатации, например, низкие или высокие температуры окружающей среды.

После успешного проведения доводочных и лабораторных испытаний приступают к **опытным испытаниям** на машине в реальных условиях. Цель испытаний - выявление недостатков конструкции, неисправностей и отказов, которые устраняются до поступления изделий в серийное, производство.

В процессе **государственных испытаний** специальная комиссия проверяет соответствие характеристик и параметров испытываемого объекта установленным для него техническим требованиям; при этом возможны доработки испытываемого объекта, улучшающие его характеристики.

После окончания государственных испытаний и положительного заключения государственной комиссии по испытываемому объекту проводятся **эксплуатационные испытания**. Эксплуатационные испытания проводят на машинах, для которых предназначено оборудование, и в условиях их использования.

Серийные испытания проводятся на заводах-изготовителях. Различают следующие виды серийных испытаний: **сдаточные, контрольные, длительные стендовые и эксплуатационные**.

Сдаточные испытания - проверяются основные параметры изделия, правильность сборки и соответствие техническим требованиям.

В процессе **контрольных испытаний**, которые, как правило, проводятся выборочно, проверяются более тщательно основные параметры и характеристики оборудования. Периодичность этих испытаний и их объем зависят от назначения изделий, а в ряде случаев согласовывают с заказчиком.

Длительные стендовые испытания делятся на три вида:

- 1) ресурсные испытания до гарантированного срока службы;
- 2) испытания за месячную программу.

Длительность этих испытаний устанавливается до 50 % гарантированного ресурса.

- 3) испытания до разрушения элементов оборудования.

Эти испытания проводятся по согласованию с заказчиком и по специально утвержденным программам и методикам. В процессе дли-

тельных испытаний определяются надежность серийных изделий и их срок службы. По результатам испытаний разрабатываются предложения по улучшению испытанных конструкций.

Эксплуатационные испытания носят длительный характер и проводятся эксплуатирующими организациями в реальных условиях работы машины. Все замечания по техническому состоянию изделий, а также пожелания по улучшению конструкции и повышению надежности систематизируются и отсылаются на завод и в конструкторское бюро для изучения и реализации их в производстве на последующих сериях.

В связи с повышенным вниманием к вопросам надежности и долговечности различных технических изделий серьезное внимание уделяется длительным испытаниям для определения фактического ресурса изделий.

Различные виды таких испытаний проводятся уже давно на серийных заводах и в конструкторских организациях, однако они не всегда достигают желаемой цели, так как в большинстве случаев не учитывают реальные условия эксплуатации. К тому же с увеличением сроков службы агрегатов возникают затруднения с выполнением длительных испытаний. Даже при круглосуточной работе для проведения таких испытаний нужно более двух месяцев.

2.7 Рациональная организация испытаний

Для сокращения сроков и затрат на ОКР необходима, так называемая, «рациональная организация испытаний» (РОИ). Под этим термином понимается такой комплекс организационных и технических решений, который обеспечивает в заданные сроки получение всесторонней информации о показателях испытываемых изделий и выработку обоснованных рекомендаций по доработке их конструкций при минимально возможных финансовых и трудовых затратах [3, 4, 9].

Критериями РОИ и совершенства той или иной системы испытаний по "доводке" конструкции новых изделий должны быть:

- календарная длительность всего комплекса испытаний;
- степень «доведенности» конструкции изделия к моменту начала его производственного выпуска (серийного или массового);
- трудоёмкость и себестоимость проводимых испытаний.

Система испытаний изделий, состоящих из небольшого числа элементов, обычно несложна и нетрудоёмка. К таким изделиям относятся: подшипники, пружины, рычаги, тяги, кронштейны и т. п. Экс-

плуатационные режимы нагружения таких изделий, как правило, легко воспроизводятся даже в условиях стендовых условиях.

Значительно более трудоёмкой является система испытаний многоэлементных изделий (коробки передач, подвески, рулевые управления, ведущие мосты, несущие системы и т. п.). Условия эксплуатации таких агрегатов очень разнообразны и трудновоспроизводимы. Именно поэтому «доводка» конструкции автомобилей должна производиться в плане разнообразных испытаний и исследований с учётом требований построения многофакторных экспериментов.

Несмотря на существенные сдвиги в деле проведения экспериментальных исследований, никакая, даже самая совершенная, система «доводочных» испытаний в настоящее время не может обеспечить выявление и устранение всех недостатков новых автомобилей до начала их производства. Поэтому доработка конструкции в процессе производственного выпуска неизбежна. Однако, конструктивная «доведенность» автомобилей на ранних этапах должна обеспечивать минимум испытаний выпускаемых образцов текущего производства.

Основными способами осуществления рациональной системы испытаний автомобилей должны быть:

- использование теоретических основ РОИ;
- применение обоснованного комплекса типов испытаний, обеспечивающих получение достаточно полной и достоверной информации;
- использование методов испытаний, обеспечивающих максимально возможное сокращение сроков получаемой информации;
- рациональная последовательность проведения различных экспериментов;
- привлечение наиболее квалифицированного состава испытателей;
- использование наиболее целесообразного комплекса испытательных стендов, оборудования и приборов;
- использование эффективной системы мероприятий по устранению недостатков и контроля за исполнением принятых решений.

Принципиальная схема испытаний и доводки конструкции новых или модернизированных автомобилей с применением РОИ показана на рисунке 7.

Впервые РОИ была разработана в авиастроении, где затраты на проведение испытаний вновь созданных образцов летательных аппаратов были очень большими. Затем РОИ стала внедряться в корабле-

строение, в настоящее время она используется в самых разных отраслях промышленности, в том числе и в автомобильной отрасли.

Рациональная организация испытаний базируется на специальных теоретических разработках и прикладных науках с использованием математической статистики и теории вероятностей. Причём РОИ может претерпевать значительные изменения в зависимости от объекта испытаний, поставленных целей, условий экспериментов и объёмов получаемой информации.

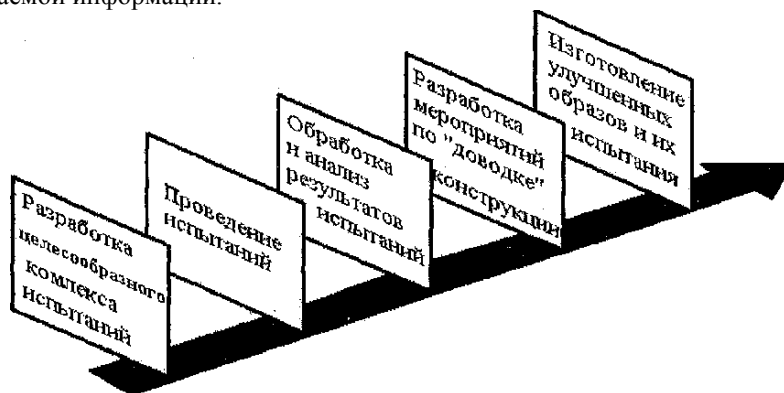


Рисунок 7 - Схема построения испытаний автомобилей с использованием РОИ

Но в любом случае применение РОИ гарантированно обеспечивает сокращение времени испытаний, трудовых и финансовых затрат. В России наиболее полная и качественная РОИ, предназначенная для испытаний различных автотранспортных средств, применяется на центральном автомобильном полигоне НАМИ в г. Дмитрове. Кроме того, собственные РОИ и (или) отдельные её аспекты разработаны и успешно используются на ведущих автомобильных предприятиях России (на ВАЗе в г. Тольятти, на ГАЗе в г. Нижнем Новгороде, на КамАЗе в г. Набережные Челны, на автозаводе УРАЛ в г. Миассе и на других предприятиях).

Контрольные вопросы:

1. Что такое испытания и для чего они необходимы?
2. Перечислите виды испытаний автомобилей.
3. Перечислите виды испытаний тракторов.
4. Перечислите виды испытаний оборудования.
5. Требования по подготовке автомобилей к испытаниям.

6. Требования по подготовке тракторов к испытаниям.
 7. В чем заключается суть рациональной организации испытаний?

3 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ

3.1 Понятие датчика

Выполнение разнообразных измерений – основной путь получения необходимой экспериментальной информации при испытаниях автомобилей и тракторов. Измеряются геометрические, кинематические, силовые, скоростные, тепловые, вибрационные, акустические и другие параметры. Подавляющее большинство измерений при испытаниях автомобилей и тракторов связано с необходимостью преобразования неэлектрических физических величин в электрический сигнал. Первичный преобразователь, расположенный на чувствительном элементе датчика или непосредственно на объекте измерения, преобразует сигналы разнообразной физической природы в электрические (рис. 8).

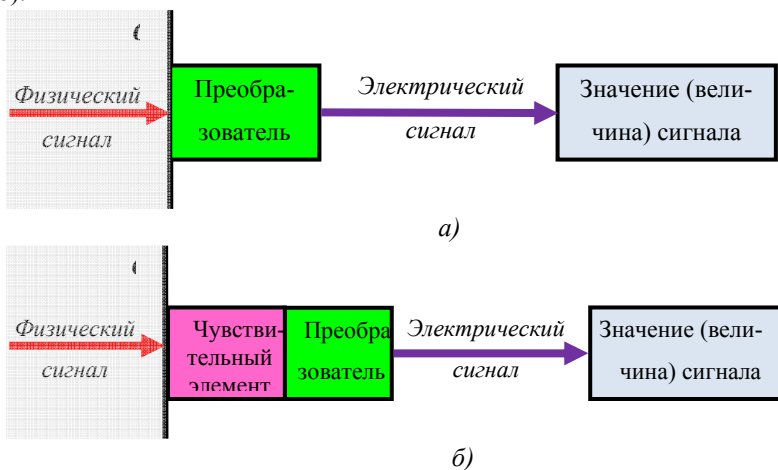


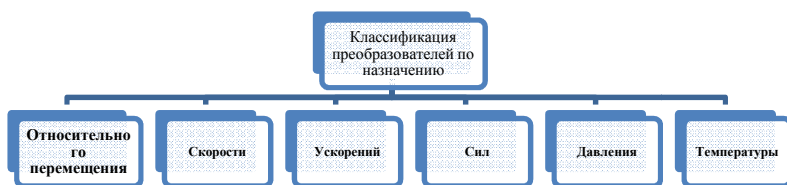
Рисунок 8 - Расположение и схемы работы преобразователей:

а - на исследуемом объекте; б - на чувствительном элементе датчика

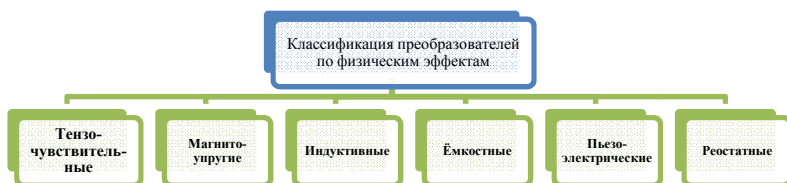
Для этой цели используются различные типы преобразователей (датчиков), представляющих собой совокупность ряда воспринимающих и преобразующих устройств, позволяющих входную физическую величину передать на выход в виде соответствующего электрического сигнала.

В основном преобразователи подразделяются по назначению (преобразователи перемещений, скоростей, ускорений, сил, давлений, температур и др.) (рис. 9, а), и по физическим эффектам, используемым для преобразования измеряемой величины в электрический сигнал (тензорезисторные, пьезоэлектрические, электромагнитные, термоэлектрические и др.) (рис. 9, б).

По принципу действия преобразователи подразделяются на три группы: *параметрические* (пассивные), *болومترические* и *энергетические* (активные) (рис. 10).



а)



б)

Рисунок 9 - Классификация преобразователей:
а - по назначению; б - по физическим эффектам



Рисунок 10 - Классификация преобразователей по принципу действия

У преобразователей первой группы под воздействием измеряемой величины меняется электрический параметр, связанный с эффектом, на основе которого работает преобразователь (омическое сопротивление, индуктивность, ёмкость и др.).

Параметрические преобразователи необходимо включать в электрическую схему с источником питания для получения сигнала, отражающего степень изменения параметра преобразования.

В датчиках второй группы измеряемая физическая величина преобразуется в выходной электрический сигнал опосредованно, то есть через какой-либо промежуточный эффект или элемент.

Третья группа преобразователей под воздействием измеряемой величины вырабатывает (генерирует) сигнал в виде ЭДС.

К преобразователям предъявляются следующие основные требования:

- линейная зависимость выходных параметров от входных;
- необходимая чувствительность;
- достаточная точность;
- стабильность характеристик;
- высокая перегрузочная способность (отношение предельного допустимого значения входной величины к номинальному значению);
- невосприимчивость к неизмеряемым параметрам;
- унифицированность и взаимозаменяемость;
- возможность использования в различных ИИС;
- направленность действия (малое влияние нагрузки в выходной цепи преобразователя на режим входной цепи);
- малые масса и габаритные размеры;
- экономичность в потреблении энергии.

Структура датчиков весьма разнообразна, однако с точки зрения результирующей погрешности и зависимости её от погрешностей от-

дельных преобразователей методы преобразования физической величины в электрическую подразделяются на два вида: метод прямого преобразования и метод уравнивающего преобразования.

Метод прямого преобразования характеризуется передачей информации только в одном (прямом) направлении – от входной величины X через цепочку различных измерительных преобразователей Π_1 , Π_2 , Π_3 к выходной электрической величине Y .

На схеме (рис. 11, а), иллюстрирующей метод прямого преобразования сигнала, промежуточные выходные величины обозначены через Y_1 , Y_2 .

Общая чувствительность в этом случае определяется произведением чувствительностей трёх составляющих. Датчики прямого преобразования обычно просты по конструкции, стабильны и надёжны в работе и поэтому их удобнее использовать при испытаниях автомобилей.

Метод уравнивания характеризуется тем, что используются две цепи преобразователей – цепь прямого преобразования, состоящая из преобразователей Π_1 , Π_2 , Π_3 , Π_4 и цепь обратного преобразования. На схеме (рис. 11, б). цепь прямого преобразования составлена преобразователями Π_1 и Π_2 , а обратного преобразования элементом β , с помощью которого создаётся величина X_y , однородная с входной преобразуемой величиной X и уравнивающая её, в результате чего на вход цепи преобразователей Π_1 и Π_2 поступает только переменная составляющая преобразуемой величины X .

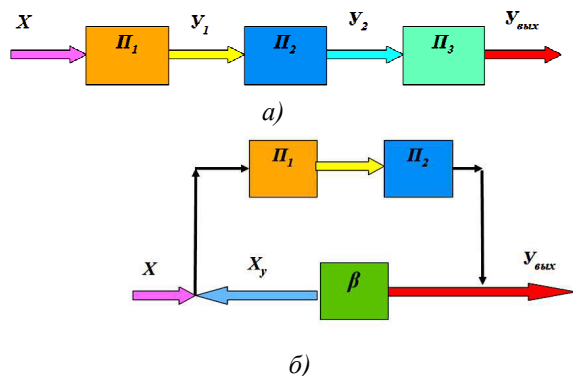


Рисунок 11 - Схемы построения датчиков:

а - методом прямого преобразования; б - методом уравнивания

Данные с датчиков передаются в виде сигналов. В общем случае различают аналоговые (непрерывные) и дискретные (прерывистые) сигналы.

На рисунке 12 показан условный вид аналогового сигнала, т.е. сигнала, который присутствует в любой момент времени t и может принимать любое количественное значение. А в допустимом диапазоне его изменения. На рисунке 12 показан условный вид дискретного сигнала. Здесь a - сигнал, дискретный по уровню и аналоговый по времени, т.е. сигнал, который присутствует в любой момент времени, но может количественно принимать только строго определенные значения; b - сигнал, аналоговый по величине, но присутствующий только в строго определенных моменты времени.

Если любому определенному количественному значению сигнала ставится в соответствие некоторый численный эквивалент, выраженный в цифровой, как правило, двоичной системе счисления, то этот эквивалент, существующий в виде физического сигнала, называется цифровым сигналом.

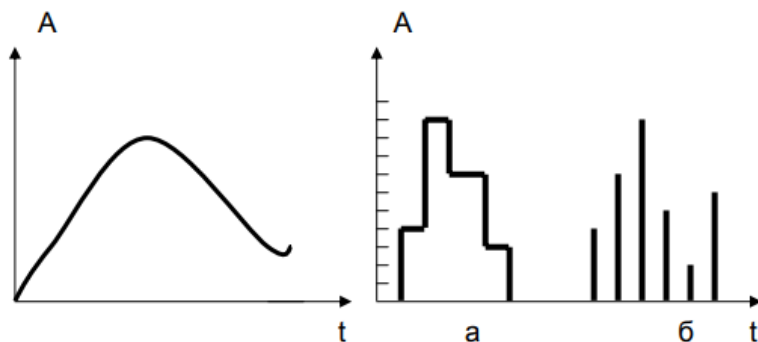


Рисунок 12 - Типы сигналов (пояснение в тексте)

Сигналы характеризуются следующими параметрами: длительностью – интервалом времени, в пределах которого сигнал существует; динамическим диапазоном – отношением наибольшей мгновенной мощности сигнала к той номинальной мощности, которую необходимо отличать от нуля при заданном качестве передачи; шириной спектра – диапазоном частот, в котором сосредоточена основная энергия сигнала. Вид обрабатываемых сигналов определяет схемотехнику устройств и систем, которые подразделяются на цифровые и аналоговые. В первом случае необходимо учитывать тип линии связи, скорость передачи данных, разрядность сообщений, расстояние между абонентами и др.

При обработке аналоговых сигналов следует учитывать их минимальное и максимальное значение, скорость изменения, уровень помех и пр. Преобразование сигналов из аналоговой формы в цифровую и обратно осуществляется специализированными устройствами, соответственно аналого-цифровыми и цифроаналоговыми преобразователями.

3.2 Свойства датчиков

Диапазон измеряемых значений (FS) - динамический диапазон внешних воздействий, который датчик может воспринять. Эта величина показывает максимально возможное значение входного сигнала, которое датчик может преобразовать в электрический сигнал, не выходя за пределы допустимых погрешностей.

Диапазон выходных значений (FSO) - алгебраическая разность между электрическими выходными сигналами, измеренными при максимальном и минимальном внешнем воздействии. В эту величину должны входить все возможные отклонения от идеальной передаточной функции.

Точность - очень важная характеристика любого датчика. Правда, когда говорят о точности датчика, чаще всего подразумевают его **неточность** или **погрешность измерений**. Под погрешностью измерений, как правило, понимают величину максимального расхождения между показаниями реального и идеального датчиков.

Реальная функция почти никогда не совпадает с идеальной. Даже когда датчики изготавливаются в идентичных условиях, из-за разницы в материалах, в мастерстве работников, ошибок разработчиков, производственных допусков и т.п., их передаточные функции всегда будут различаться друг от друга.

Погрешность датчиков может быть представлена в следующих видах:

1. Непосредственно в единицах измеряемой величины (А),
2. В процентах от значения максимального входного сигнала,
3. В единицах выходного сигнала.

Калибровка - установление констант зависимости изменения выходного сигнала от изменения измеряемого параметра.

Ошибка калибровки - это погрешность, допущенная производителем при проведении калибровки датчика на заводе. Эта погрешность носит систематический характер, и, значит, добавляется ко всем реальным передаточным функциям.

Гистерезис - это разность значений выходного сигнала для одного и того же входного сигнала, полученных при его возрастании и убывании. Типичной причиной возникновения гистерезиса является трение и структурные изменения материалов.

Нелинейность - максимальное отклонение реальной передаточной функции от аппроксимирующей прямой линии, выражается либо в процентах от максимального входного сигнала, либо в единицах измеряемых величин (например, в МПа или °С). В зависимости от способа проведения аппроксимирующей линии различают несколько типов линейаризации. Первый способ - проведение прямой через *конечные* точки передаточной функции (рис. 13, а). Для этого сначала определяются выходные значения, соответствующие наибольшему и наименьшему внешним воздействиям, а потом через эти точки проводится прямая линия (линия 1). При такой линейаризации ошибка нелинейности минимальна в конечных точках и максимальна где-то в промежутке между ними.

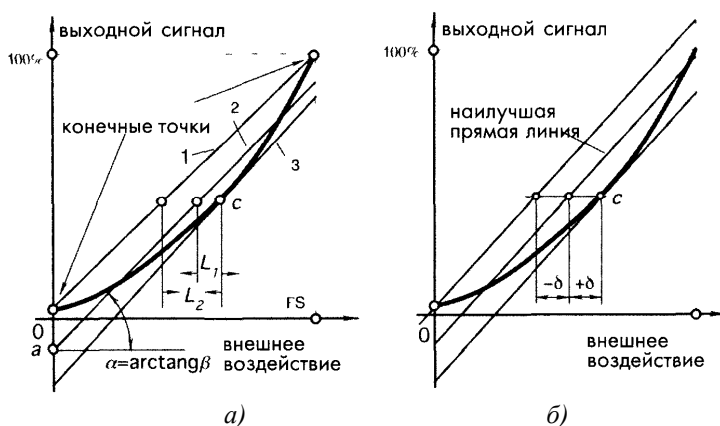


Рисунок 13 - Линейная аппроксимация нелинейной передаточной функции (а) и независимая линейаризация (б)

Второй способ линейаризации - *метода наименьших квадратов* (линия 2 на рис. 13, а). Для этого в широком диапазоне измеряемых величин (лучше в полном диапазоне) для ряда значений (*n*) внешних воздействий измеряются выходные сигналы. После чего, применяя формулу линейной регрессии, определяют значения коэффициентов *a* и *b*:

Метод *независимой линеаризации* («методом наилучшей прямой») (рис. 13, б) - заключается в нахождении линии, проходящей по середине между двумя параллельными прямыми, расположенными, как можно, ближе друг к другу и охватывающими все выходные значения реальной передаточной функции.

В зависимости от метода линеаризации аппроксимирующие линии будут иметь разные коэффициенты a и b .

Нелинейность или зона **насыщения** - когда при определенном уровне внешнего воздействия выходной сигнал датчика перестанет отвечать приведенной линейной зависимости (рис. 14).

Воспроизводимость - это способность датчика при соблюдении одинаковых условий выдавать идентичные результаты. Воспроизводимость результатов определяется по максимальной разности выходных значений датчика, полученных в двух циклах калибровки. Обычно она выражается в процентах от максимального значения входного сигнала.

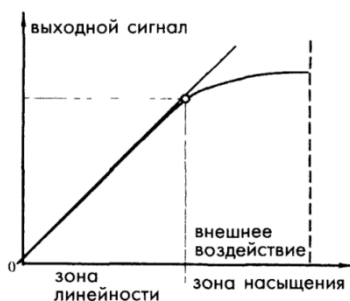


Рисунок 14 - Передаточная функция с насыщением

Причинами плохой воспроизводимости результатов часто являются: тепловой шум, поверхностные заряды, пластичность материалов и т.д.

Мертвая зона - это нечувствительность датчика в определенном диапазоне входных сигналов. В пределах этой зоны выходной сигнал остается почти постоянным (часто равным нулю).

Разрешающая способность - характеризует минимальное изменение измеряемой величины, которое может почувствовать датчик.

Выходной импеданс - характеристика, указывающая насколько легко датчик согласовывается с электронной схемой.

Сигнал возбуждения - это электрический сигнал, необходимый активному датчику для работы.

Динамическая характеристика - способность измерять параметр в зависимости от времени.

Динамической погрешностью - регистрирование значения внешних воздействий, отличающиеся от реальных.

Время разогрева - время между подачей на датчик электрического напряжения или сигнала возбуждения и моментом, когда датчик начинает работать, обеспечивая требуемую точность измерений.

Демпфирование - значительное снижение или подавление колебаний в датчиках.

Краткосрочная и долгосрочная стабильность (дрейф) - характеристики точности датчиков. Краткосрочная стабильность описывает изменения рабочих характеристик датчика в течении минут, часов и даже дней. Долгосрочная стабильность зависит от процессов старения, которые изменяют электрические, механические, химические и термические свойства материалов датчика

Надежность - способность датчика выполнять требуемые функции при соблюдении определенных условий в течение заданного промежутка времени.

Номенклатура и области применения датчиков промышленного и лабораторного изготовления постоянно расширяются. Выбор преобразователя определяется задачами исследования, конструкцией исследуемого узла, условиями испытаний, характером измеряемого процесса, а также методикой и программой опытов. Выбор преобразователей, измерительной и регистрирующей аппаратуры необходимо осуществлять с позиций современной информационной теории измерений, ибо измерительные средства принято рассматривать как информационную систему, что отвечает существу вопроса. Знание основных положений информационной теории измерений позволяет наиболее эффективно использовать применяемую аппаратуру и разработанные методики экспериментальных исследований.

В практике экспериментальных работ при проведении испытаний автомобильной и тракторной техники наиболее часто измеряются три группы физических величин (рис. 15):

1) механические величины (линейное и угловое перемещение, линейное и угловое ускорение, усилие, вибрацию, давление, перепад давлений жидкости и газа и др.);

2) электрические величины (напряжение, ток, активное и реактивное сопротивления, индуктивность, частота и амплитуда колебаний тока и напряжения и др.);

МЕХАНИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
<ul style="list-style-type: none"> • линейное и угловое ускорение • линейное и угловое перемещение • усилие • вибрация • давление • и др. 	<ul style="list-style-type: none"> • напряжение • ток • активное и реактивное сопротивление • индуктивность • частота и амплитуда колебаний • и др. 	<ul style="list-style-type: none"> • температура • теплопередача • теплонапряженность • теплоемкость • распределение тепловых полей • и др.

Рисунок 15 - Группы измеряемых физических величин при испытаниях автомобилей и тракторов

3) теплофизические величины (температура механизмов, жидкостей и газов, теплопередача, теплоёмкость и др.).

Перечисленные физические величины измеряются как в статическом, так и в динамическом режимах работы объекта испытаний. При измерении динамических параметров и характеристик требуется измерять ещё временные параметры.

Важным требованием, предъявляемым к датчикам, является возможность преобразования с необходимой точностью малых отклонений измеряемой величины при её больших абсолютных значениях.

Классификация преобразователей, используемых при различных испытаниях автомобилей и тракторов весьма разнообразна. В этой классификации приведены только основные группы преобразователей, которые включаются в состав измерительных систем, предназначенных для стендовых и дорожных испытаний автомобильной и тракторной техники.

Большинство из рассматриваемых датчиков универсальны, так как позволяют преобразовывать различные физические процессы в электрический сигнал.

3.3 Тензочувствительные датчики

Работа их основана на изменении активного сопротивления проводника под воздействием давления или механической деформации. Такое явление называется тензоэффектом. (тензо - с латинского "напряженный").

Входным сигналом для ТЧПр может быть растяжение, сжатие или другой вид деформации деталей оборудования, металлических

конструкций, выходным сигналом служит изменение сопротивления преобразователя.

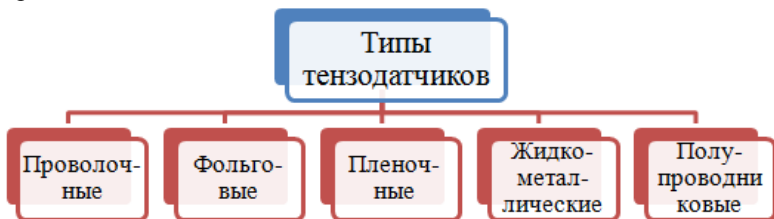


Рисунок 16 - Типы тензодатчиков

Тензочувствительные Пр представляют собой тонкую подложку, выполненную из бумаги или пленки и наклеенную на нее проволоку, очень малого сечения. В качестве воспринимающего элемента обычно используют константановую проволоку, имеющую независимое от температуры сопротивление, диаметром 0,02-0,05 мм.

Проволочные

Проволочные тензорезисторы (рис. 17) выпускаются в виде проводников, жестко связанных с бумажной или пленочной основой 2. Проводник 3 представляет собой зигзагообразно уложенную тонкую, обычно используют константановую проволоку, имеющую независимое от температуры сопротивление, диаметром 0,02-0,05 мм, к концам которой пайкой или сваркой присоединяются выводы (медные проводники 4). Проводники закрываются бумагой, пленкой или лаком 1. После наклеивания подложки тензорезистора на исследуемую деформируемую поверхность деформация этой поверхности передается проводникам и приводит к изменению их сопротивления.

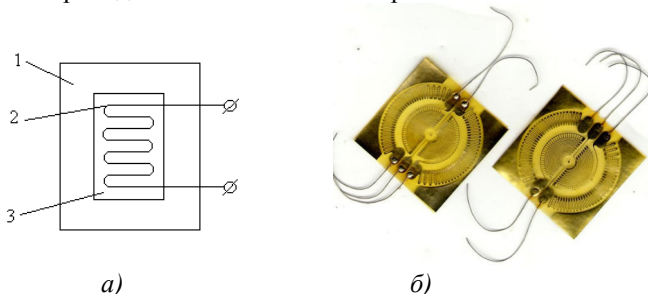


Рисунок 17 - Проволочный тензодатчик:

а - устройство: 1 - деталь, 2 - бумага, 3 - константановая проволока; б - внешний вид

Принцип работы проволочных тензодатчиков основан на свойствах материалов изменять свое электрическое сопротивление вследствие их механической деформации.

Известно, что сопротивление проволоки определяется соотношением

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где ρ - удельное сопротивление материала проволоки, l - длина, S - площадь поперечного сечения проволоки.

Основа проволочного тензометра наклеивается на поверхностный слой исследуемого объекта. Под действием давления окружающей среды на объект тензорезистор деформируется, в результате чего удлиняется или укорачивается длина l наклеенной на основу проволоки. Это приводит к изменению всех трёх величин ρ , l , S (т.к. $\rho = f(l)$ и $S = \psi(l)$), от которых зависит сопротивление R , что и вызывает, в конечном счете, изменение величины сопротивления тензорезистора.

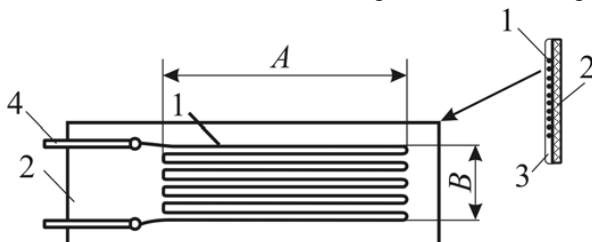


Рисунок 18 - Проволочный тензопреобразователь:

1 – проволока; 2 – подложка; 3 – защитная пленка; 4 – медные выводы

В зависимости от вида чувствительного элемента проволочные одноэлементные тензорезисторы подразделяют на пять групп:

- тензорезисторы общего назначения с плоской петлевой решеткой из натянутой проволоки $\varnothing 10...30$ мкм с базами от 2 до 100 мм и более (рис. 18);

- тензорезисторы с двухслойной петлевой решеткой из такой же проволоки, с базами $\varnothing 1...3$ мм, используемые для измерений при значительных градиентах измеряемых деформаций;

- тензорезисторы с плоской беспетлевой многопроволочной решеткой из тянутой проволоки $\varnothing 10...30$ мкм с базами от 3 до 200 мм и более для прецизионных измерений на металлических материалах и на участках со сложным распределением напряжений;

– тензорезисторы беспетлевые однопроволочные из тянутой проволоки $\varnothing 10...20$ мкм с базами от 10 мм и выше для измерений на металлических и неметаллических материалах;

– тензорезисторы беспетлевые однопроволочные из жилы литого микропровода $\varnothing 2...6$ мкм с базами от 1 до 3 мм для измерения в зонах со значительными градиентами деформаций.

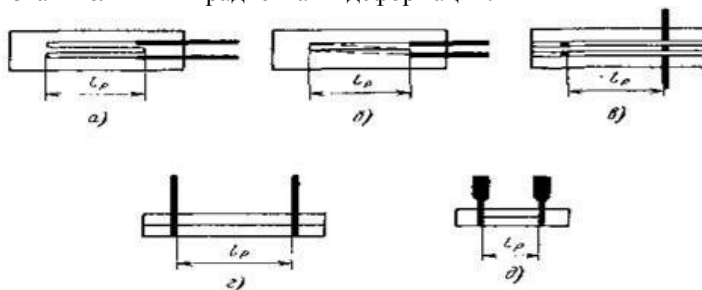


Рисунок 19 – Проволочные тензорезисторы:

а, б – с многовитковой петлевой решеткой; в – с многовитковой беспетлевой решеткой; г, д – одно проволочные

В случаях, когда в одной точке необходимо измерить деформации в нескольких направлениях, применяют многоэлементные тензорезисторы (розетки), образованные из двух, трех или четырех линейных тензочувствительных элементов, объединенных общей основой (рис. 20).

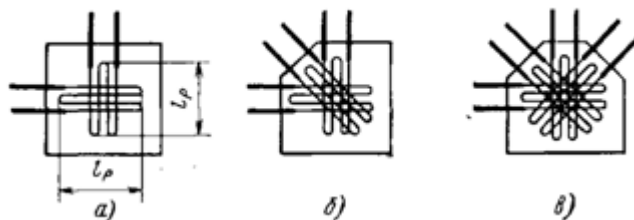


Рисунок 20 – Проволочные много элементные тензорезисторы (розетки) с различным числом решеток и разными углами между осями решеток:

а – две решетки под углом 90°; б – три решетки под углом 45°; в – четыре решетки под углом 45°

Беспетлевые тензорезисторы имеют более высокие технико-метрологические характеристики благодаря оптимальной схеме решетки и лучшим условиям передачи измеряемой деформации на ее активную часть. Беспетлевые тензорезисторы свободны, в частности, от поперечной чувствительности, влиянию которой подвержены тензорезисторы с петлевой решеткой. Разброс значений чувствительности и ползучести, а также влияние поперечной обрезки основы беспетлевых тензорезисторов существенно меньше, чем петлевых.

Фольговые

У фольговых тензорезисторов чувствительный элемент выполнен из фольги толщиной 3...6 мкм.

Технология изготовления фольговых тензочувствительных измерительных преобразователей является следующей: на ленте металла толщиной 4-12 мкм травлением выбирается часть металла таким образом, чтобы оставшаяся часть образовывала решетку с выводами, что иллюстрируется рисунком 2.4. При такой технике изготовления можно получить преобразователь, имеющий меньшие габариты (длина базы может быть порядка 0,6...10 мм, ширина решетки 1...5 мм), что является преимуществом. Форма решетки может быть различной. Наиболее распространенными являются следующие формы решетки [3]: четверть мост, полумост, мост, розетка, цепочка.

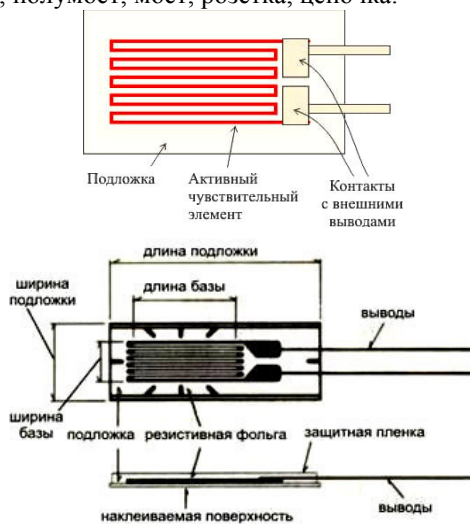


Рисунок 21 - Фольговый тензометрический датчик

Толщина фольговых тензорезисторов меньше проволочных и составляет 30...50 мкм. Основными преимуществами фольговых тензорезисторов являются возможность образования тензорешеток любой формы и эффективный отвод тепла в процессе измерений, что позволяет получить больший выходной сигнал при одинаковых деформациях. Фольговые тензорезисторы малочувствительны к поперечным деформациям и допускают малобазное исполнение начиная от 0,3 мм и выше.

Тензорешетки отечественных фольговых тензорезисторов, как правило, изготавливают из константановой фольги (ТУ-ЦМО-03 № 96-67). Электромеханические свойства фольги в пределах одной партии по сравнению с константановой тензопроволокой отличаются меньшим постоянством, а ее термообработка менее эффективна, поэтому рабочий диапазон фольговых тензорезисторов не превышает $\pm 3000...5000$ еод, а температурный - 75...575 К. Технология изготовления фольговых тензорешеток обычно основывается на использовании фотохимических процессов и в наибольшей степени приспособлена для массового производства.

Фольговые тензорезисторы разделяют на следующие типовые модификации в зависимости от формы тензорешеток (рис. 22):

- одноэлементные прямоугольные для линейных измерений;
- двух- или трехэлементные прямоугольные или розеточные для измерений на участках с плоским напряженным состоянием;
- специальные, используемые в качестве тензопреобразователей в мембранных чувствительных элементах;
- в виде цепочек малобазных одно- или двух- элементных тензорешеток на общей основе для измерения деформаций в зонах концентрации напряжений.



Рисунок 22 - Типы фольговых тензочувствительных датчиков

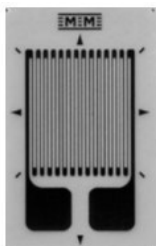
КОВ

ТЧ преобразователь наклеивают на измеряемую деталь, таким образом, чтобы ось линейного расширения детали совпадала с продольной осью ТЧП. При расширении измеряемого объекта, увеличивается длина ТЧП, соответственно его сопротивление изменяется.

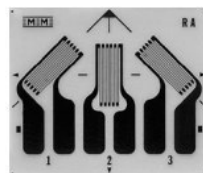
Достоинством таких приборов является линейность, простота конструкции и установки. К недостаткам можно отнести невысокую чувствительность.



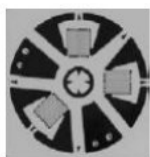
Проволочный тензорезистор



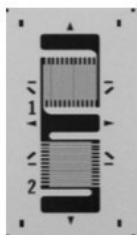
Фольговый тензорезистор



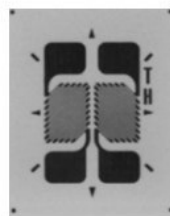
Розеточный тензорезистор



Розеточный тензорезистор



Тензорезистор для измерения деформаций в продольном и поперечном направлениях



Тензорезистор для измерения деформаций сдвига и кручения

Рисунок 23 - Виды тензорезисторов

Пленочные

В последнее время распространение получил еще один вариант производства приклеиваемых тензодатчиков, который заключается в вакуумной возгонке тензочувствительного материала с его последующей конденсацией на подложку, напыляемую непосредственно на деталь. Тензосопротивления такого вида называются пленочными. Их небольшая толщина (15-30 мкм) предоставляет значительные преимущества в случаях измерения деформаций в динамических условиях

при высоких температурах, где исследование деформации является специализированной областью.

Большое количество пленочных тензопреобразователей выполняется на основе висмута, титана, кремния или германия и выглядят они как единственная проводящая полоска (рис. 24). Подобные преобразователи лишены недостатка, который заключается в уменьшении относительной чувствительности по сравнению с чувствительностью материала, из которого сделан преобразователь.

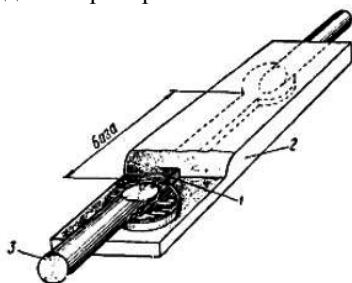


Рисунок 24 - Пленочный тензопреобразователь:

1 - тензочувствительная пленка; 2 - слой лака; 3 - выводной проводник.

Тензометрический коэффициент преобразователя, который был изготовлен на основе металлической пленки, составляет 2-4, а его сопротивление изменяется в пределах от 100 до 1000 Ом. Преобразователи, в основе которых полупроводниковая пленка, имеют коэффициент порядка 500-200, и благодаря этому они чувствительнее к прикладываемому напряжению. При этом отпадает надобность в использовании усилительных схем, поскольку напряжение полупроводникового тензометрического моста на выходе составляет около 1 В.

Недостатком является то, что сопротивление полупроводникового преобразователя зависит от прикладываемого напряжения и крайне нелинейно во всем диапазоне напряжений, а также имеет большую зависимость от температуры. Таким образом, хотя во время использования тензометра на основе металлической пленки требуется усилитель, его линейность вполне высока, а температурный эффект легко поддается компенсации.

Жидкометаллические

Сплавы, используемые для изготовления фольговых тензорезисторов, характеризуются предельной деформацией около $\pm 5\%$. Для

практических приложений, связанных с измерением больших деформаций, при которых возможны удлинения около 100 %, были разработаны жидкометаллические тензодатчики, которые состоят из резиновой трубки, наполненной ртутью или галлиево-индиево-оловянным сплавом. Трубке придают конфигурацию решетки и прикрепляют ее к образцу. При действии деформаций объем внутренней полости трубки остается постоянным, поскольку коэффициент Пуассона резины близок к 0,50. Сопротивление жидкометаллического тензодатчика при растягивающих деформациях увеличивается, поскольку длина трубки увеличивается, а диаметр (при постоянном объеме) уменьшается. Жидкометаллические тензодатчики из-за относительно большого диаметра трубки обладают очень малым электрическим сопротивлением и, кроме того, отличаются нелинейным откликом на возрастающие деформации.

Высокотемпературные датчики

Высокотемпературные тензорезисторы, предназначенные для использования при температурах 400...800° С, изготавливают в виде проволочной решетки 1, закрепленной с помощью специального жаропрочного цемента 2 в трубке 3 на фольге 4 из нержавеющей стали [4].

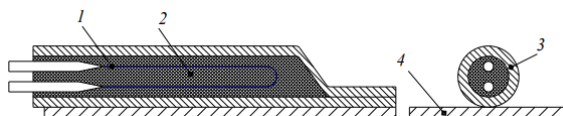


Рисунок 25 - Высокотемпературный датчик

Полупроводниковые тензорезисторы

Современные полупроводниковые датчики деформации - тензорезисторы по конструкции и техническим характеристикам отличаются от описанных ниже. Но принцип работы и основные параметры мало отличаются.

Основной элемент полупроводникового тензодатчика - сверхтонкая прямоугольная плёнка монокристалла кремния, прикреплённая для удобства обращения к подложке. Сопротивление кремния превосходит в 103 раз сопротивления константана, используемого в фольгированных датчиках. Поэтому в полупроводниковых тензодатчиках не применяется конфигурация решётки.

Применение полупроводниковых тензорезисторов вместо металлических в датчиках механических величин позволяет на один-два

порядка повысить чувствительность и величину выходного сигнала датчиков. Это дает возможность обходиться без усилительной аппаратуры, упрощает конструкцию датчиков, расширяет их рабочие диапазоны.

Наиболее перспективными в тензометрии являются полупроводниковые материалы на основе моносulfида самария SmS.

Основными материалами для изготовления полупроводниковых тензорезисторов в настоящее время являются кремний и германий, причем кремний вследствие его меньшей чувствительности к температуре получил большее распространение. Применяются также полупроводниковые соединения, например арсенид галлия GaAs и др.

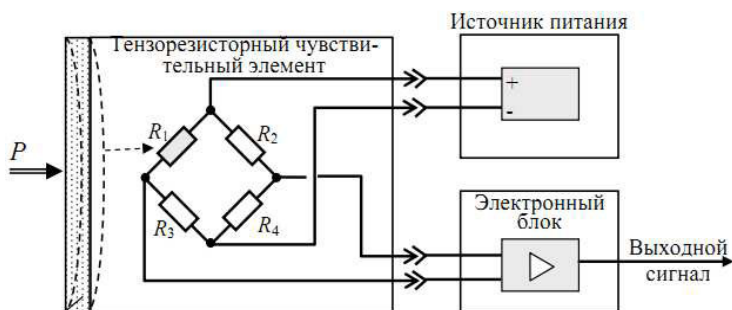


Рисунок 26 - Структурная схема тензорезисторного преобразователя давления

В зависимости от применяемых материалов полупроводниковые тензорезисторы можно разделить на две группы: монокристаллические и поликристаллические. К монокристаллическим тензорезисторам относятся тензорезисторы, полученные вырезанием из монокристалла; игольчатые кристаллы, полученные выращиванием из газовой фазы; эпитаксиальные пленки и дендриты. К поликристаллическим относятся тензолиты, представляющие собой искусственные смеси, например, угля (или сажи) и бакелитового лака.

Материалы для полупроводниковых тензорезисторов должны обладать возможно большим коэффициентом тензочувствительности (КТЧ) и наименьшим температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), а также обеспечивать стабильность параметров тензорезисторов.

Весьма ответственной операцией при изготовлении полупроводниковых тензорезисторов является создание контакта металл-полупроводник, который получается различными способами: пайкой,

вплавлением, сваркой, напылением, электрохимическим или химическим нанесением покрытий.

Определенный интерес представляют полупроводниковые тензорезисторы из дендритной ленты германия, получившие широкое распространение вследствие простой и доступной технологии изготовления. Дендритами принято называть древовидные, игольчатые или пластинчатые кристаллы сложного двойникового строения, образующиеся при кристаллизации в переохлажденном расплаве или из пересыщенной газовой фазы.

Дендритные тензорезисторы из германия отличаются пониженной механической прочностью по сравнению с тензорезисторами, полученными из монокристаллического слитка. К достоинствам дендритных тензорезисторов следует отнести простоту изготовления и относительно дешевизну (по сравнению с другими полупроводниковыми тензорезисторами дендритный - самый дешевый). Изготовление германиевого дендритного тензорезистора не требует специальной аппаратуры (например, станков для шлифовки и резки) и сводится к поперечной резке дендритной ленты корундовой иглой, отламыванию тензоэлемента и припаиванию к нему электрических выводов специальным припоем. Для изготовления тензорезисторов используется германиевая дендритная лента в основном с удельным сопротивлением $\rho=1\pm 0,2$ ом \cdot см. Параметры таких тензорезисторов сильно зависят от температуры.

Исследование тензорезистора из германиевой дендритной ленты позволяет выявить все особенности, связанные с применением полупроводниковых тензорезисторов в электрических цепях.

По конструктивным особенностям полупроводниковые тензорезисторы можно разделить на приклеиваемые и неприклеиваемые. Приклеиваемые полупроводниковые тензорезисторы могут использоваться как с подложкой, так и без подложки.

Полупроводниковые тензорезисторы без подложки отличаются формой сечения, материалом и способом осуществления омического контакта. Во многом конструкция их определяется технологией изготовления. Самый распространенный тип тензорезистора - брусок.

Тензорезисторы, полученные выращиванием из газовой фазы, представляют собой монокристаллические иглы диаметром 10 - 100 мкм. Конструкция такого тензорезистора с подложкой показана на рис. 27. Конструкция пленочного тензорезистора показана на рисунке 27б; тензорезисторы выполняются в виде одной проводящей полоски, которая покрывается слоем лака.

Основное применение полупроводниковые тензорезисторы находят в датчиках давления, усилий, напряжений. Весьма перспективно применение полупроводниковых тензорезисторов в акселерометрах.

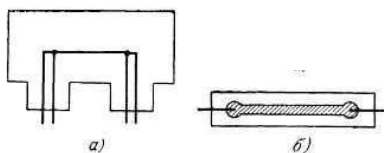


Рисунок 27 - Конструкции полупроводниковых тензорезисторов:

а - тензорезистор из игольчатых кристаллов с подложкой, б - пленочный тензорезистор

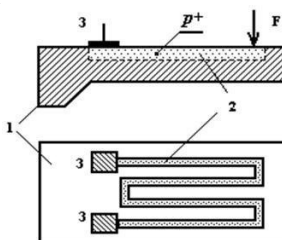


Рисунок 28 – Тензорезистор:

1-полупроводниковый кристалл; 2- дорожка тензорезиста с р-проводимостью; 3- электроды.

Применение тензорезисторов

Измерение силы

Тензорезистор, наклеенный на рабочее тело датчика, являющегося опорой для груза или прилагаемого усилия, может измерить силу, направленную на эту опору, или вес, лежащего на ней груза.

Измерение вибрации/ускорения

Тензорезистор, наклеенный на тонкую упругую пластину, позволяет измерять частоту, а также амплитуду вибрации и ускорения, воздействующих на эту пластину.

Измерение перемещения

Тензорезистор, наклеенный на упругий элемент, позволяет определить изгибающие усилие на этот упругий элемент, таким образом давая возможность измерить перемещение, вызвавшее это изгибающие усилие.

Измерение крутящего момента

Тензорезистор, наклеенный на карданный вал автомобильного двигателя, или торсионный вал бурильной машины, позволяет измерить силу трансмиссии, иными словами крутящий момент данного вала

Измерение давления

Тензорезистор, наклеенный на диафрагму (мембрану), позволяет определить давление воздуха или жидкости на эту диафрагму. Как правило, тензорезистор приклеивают на заднюю поверхность диафрагмы, чтобы избежать его повреждения за счет непосредственного давления воздуха или жидкости.

3.4 Магнитоупругие датчики

Действие магнитоупругих датчиков основано на использовании эффекта магнитной упругости, свойственного некоторым ферромагнитным сплавам металлов (например, железо-кремниевым трансформаторным сталям) и заключающегося в изменении магнитной проницаемости при воздействии деформирующих усилий сжатия или растяжения [1, 2].

Магнитоупругие датчики (рис. 29) бывают дроссельного и трансформаторного типа, причем первые могут контролировать обе деформации, а вторые - только усилия сжатия.

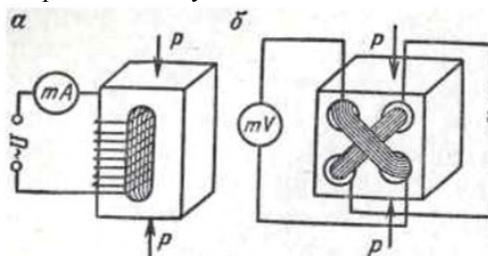


Рисунок 29 – Магнитоупругие датчики:

а - дроссельного типа; б - трансформаторного типа

Датчик дроссельного типа (рис. 29, а) представляет собой электромагнит переменного тока с замкнутым магнитопроводом, к сердечнику которого приложено деформирующее усилие, что вызывает изменение магнитной проницаемости и магнитного потока, а следовательно, приводит к изменению электрического сопротивления катушки датчика. Для питания катушки необходимо стабилизированное напряжение, так как колебание напряжения приводит к изменению подмаг-

ничивания, магнитной проницаемости, а значит, и сопротивления катушки датчика.

Датчик трансформаторного типа (рис. 29, б) имеет две обмотки, размещенные в отверстиях сердечника. К первичной обмотке подводят напряжение питания переменного тока, а со вторичной снимают наведенную э.д.с, значение которой определяют усилием сжатия, прилагаемым к сердечнику. При отсутствии механического усилия взаимоиндуктивность обмоток такова, что э.д.с. на выходной обмотке равна нулю. Магнитоупругие датчики используют для контроля усилий в широких диапазонах в различных общепромышленных установках (прессы, прокатные станы и др.), а также на шахтах для контроля посадки клетей на кулаки, загрузки скипов. Достоинствами магнитоупругих датчиков являются простота устройства и надежность в работе, устойчивость к воздействиям ударов, вибраций, влажной, запыленной и агрессивной сред, а недостатком - изменение свойств и характеристик с течением времени.

Действие магнитоупругих датчиков основано на использовании эффекта магнитной упругости, свойственного некоторым ферромагнитным сплавам металлов (например, железо-кремниевым трансформаторным сталям) и заключающегося в изменении магнитной проницаемости при воздействии деформирующих усилий сжатия или растяжения.

Принцип действия магнитоупругих датчиков основан на *магнитоупругом эффекте* - физическом явлении, проявляющемся в виде изменения магнитной проницаемости ферромагнитного материала в зависимости от механических напряжений в нем. Магнитоупругие датчики используются для измерения силовых параметров: усилий, давлений, крутящих и изгибающих моментов, механических напряжений и т. п.

Конструктивно магнитоупругие датчики представляют магнитопровод с одной или несколькими обмотками. Магнитное сопротивление сердечника

$$R_M = \frac{1}{s \cdot \mu},$$

где l и s - длина и площадь сечения сердечника.

Если к сердечнику приложено механическое усилие F , то магнитная проницаемость μ изменится. Следовательно, изменятся и магнитное сопротивление сердечника, и индуктивность обмотки на сердечнике. Как видим, есть аналогия с индуктивными датчиками. В ин-

дуктивных датчиках также происходит изменение магнитного сопротивления, но за счет длины или сечения воздушного зазора. В магнитоупругих датчиках зазор не нужен, сердечники могут быть замкнутыми.

Так же как и индуктивные датчики, магнитоупругие датчики могут быть использованы в виде одинарных (рис. 30, а), трансформаторных (рис. 30, б), дифференциально-трансформаторных (рис. 30, в).

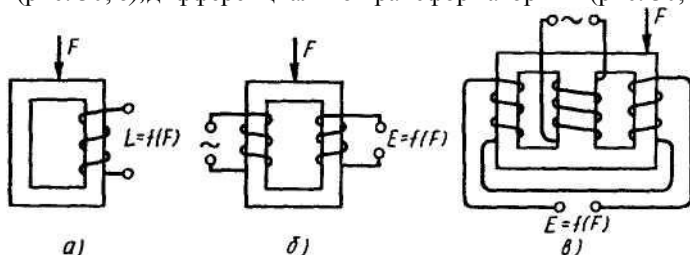


Рисунок 30 - Схемы магнитоупругих датчиков

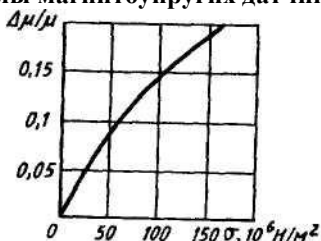


Рисунок 31 - Зависимость относительной магнитной проницаемости от механического напряжения

Зависимость магнитной проницаемости от механических напряжений имеет нелинейный характер. Связано это как с нелинейностью кривой намагничивания, так и с нелинейной зависимостью деформаций от усилия. Нелинейность магнитоупругого эффекта выражена очень сильно. Например, в слабых магнитных полях магнитная проницаемость под действием механических напряжений возрастает, а в сильных полях - уменьшается. Однако при определенных значениях напряженности магнитного поля H в сердечнике можно получить близкую к линейной зависимость изменения магнитной проницаемости $\Delta\mu$ сердечника от относительной деформации $\Delta l/l$ или нормального механического напряжения σ в зоне линейных деформаций. Наиболее заметен магнитоупругий эффект в пермалловых (железосокобальтовых и железоникелевых) сплавах. На рисунке 31 показана зависимость от-

носительной магнитной проницаемости $\Delta\mu/\mu$ от изменения механического напряжения σ . Относительная деформация $\Delta l/l$ в зоне упругих деформаций связана с механическим напряжением σ через модуль упругости E :

$$\frac{\Delta l}{l} = E \cdot \sigma$$

Чувствительность магнитоупругого датчика определяется по формуле

$$S_\sigma = \frac{\Delta\mu/\mu}{\Delta l/l}$$

она может достигать значений 200—300. Зависимость индуктивности от механического напряжения σ для магнитоупругого датчика по рисунку 29, а показана на рисунке 32.

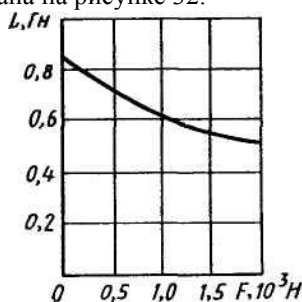


Рисунок 32 - Зависимость индуктивности магнитоупругого датчика от силы сжатия

В магнитоупругих датчиках, используемых в тензомерах, магнитопровод имеет отверстия, в которые наматываются обмотки. На рисунке 33 показан магнитоупругий датчик с взаимно перпендикулярными обмотками. Первичная обмотка, проходящая через отверстия 1 и 2, при отсутствии механической нагрузки ($F=0$) создает магнитный поток Φ_0 , не сцепленный с витками вторичной обмотки, проходящей через отверстия 3 и 4.

Под действием усилия F в основном изменяется магнитная проницаемость в направлении сжатия, что вызывает поворот вектора магнитной индукции на угол α и одновременно изменение магнитного потока Φ_F . Этот поток уже пересекает плоскость вторичной обмотки, на выходе которой появляется ЭДС E_2 .

Если до приложения усилия магнитный материал был изотропен (имел одинаковые магнитные свойства во всех направлениях), то

при наличии усилия материал становится анизотропным. Угол поворота α вектора магнитной индукции достигает $10\text{--}12^\circ$.

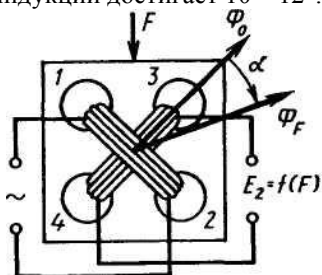


Рисунок 33 - Тензометрический магнитоупругий датчик с взаимно перпендикулярными обмотками

К достоинствам магнитоупругих датчиков следует отнести высокую чувствительность и возможность измерения больших усилий (до нескольких тысяч тонн). В то же время магнитоупругие датчики имеют и следующие серьезные недостатки:

- 1) наличие температурной погрешности, вызванной влиянием температуры окружающей среды на магнитные свойства сердечника;
- 2) наличие погрешности, вызванной влиянием гистерезиса (как магнитного, так и механического, связанного с остаточной деформацией);
- 3) наличие погрешности, вызванной колебаниями напряжения питания.

Следует отметить, что в магнитоупругих датчиках имеет место и еще одно физическое явление - *магнитострикционный эффект*. Его действие обратное магнитоупругому эффекту: ферромагнитное тело, помещенное в магнитное поле, изменяет свои геометрические размеры, т. е. в нем появляются механические деформации.

В переменном магнитном поле и деформации будут переменными. А так как знак деформации не зависит от направления магнитного поля, то частота колебаний деформации будет в два раза выше частоты переменного тока. На этом принципе работают, например, магнитострикционные излучатели ультразвуковых колебаний.

3.5 Индуктивные датчики

Принцип действия основан на изменении амплитуды колебаний генератора при внесении в активную зону датчика металлического,

магнитного, ферромагнитного или аморфного материала определенных размеров. При подаче питания на конечный выключатель в области его чувствительной поверхности образуется изменяющееся магнитное поле, наводящее во внесенном в зону материала вихревые токи, которые приводят к изменению амплитуды колебаний генератора. В результате вырабатывается аналоговый выходной сигнал, величина которого изменяется от расстояния между датчиком и контролируемым предметом.

Индуктивные датчики положения и скорости бывают самых разнообразных форм, размеров и конструкций. Можно сказать, что все индуктивные датчики работают по принципу работы трансформатора и физического явления, основанного на переменных электрических токах. Это явление впервые наблюдал Майкл Фарадей в 1830-х годах, когда обнаружил, что первый токопроводящий проводник может «индуцировать» ток во втором проводнике. Открытия Фарадея позволили создать электродвигатели, динамометры и, конечно же, индуктивные датчики положения и скорости. В число таких датчиков входят простые бесконтактные реле, датчики переменной индуктивности и сопротивления, синхронизаторы, резольверы, ротационные датчики перемещения и линейно-регулируемые дифференциальные трансформаторы (RVDT и LVDT).

Различные типы индуктивных датчиков

В простом **бесконтактном датчике** (иногда называемом бесконтактным реле) при подключении устройства к источнику электропитания в его катушке (цепи, контуре или обмотке) протекает переменный ток. При приближении к катушке проводящего или магнитопроницаемого материала, например стального диска, импеданс катушки изменяется (рис. 34).

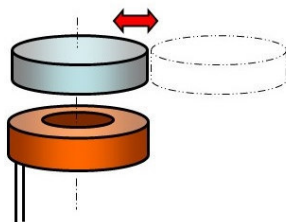


Рисунок 34 - Индуктивный бесконтактный датчик

Превышение порогового значения служит сигналом о наличии объекта. Бесконтактные датчики обычно используются для определения наличия металла, а их выходной сигнал часто используется для

управления переключателем. Эти датчики широко используются во многих областях промышленности, где проблематично использовать электрические контакты обычных переключателей, например там, где много грязи или воды. Даже в обычной автомойке используется множество индуктивных бесконтактных датчиков.

Индуктивные датчики *переменной индуктивности и сопротивления* обычно генерируют электрический сигнал, пропорциональный смещению проводящего или магнитопроницаемого объекта (обычно стального стержня) относительно катушки (рис. 35).

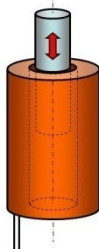


Рисунок 35 - Датчик переменной индуктивности

В линейных дифференциальных трансформаторах сердечник перемещается по линейному закону внутри трансформатора, состоящего из центральной, первичной и двух вторичных обмоток цилиндрической формы (рис. 36).

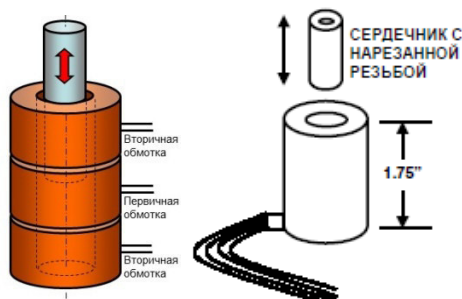


Рисунок 36 - Линейный регулируемый дифференциальный трансформатор

Первичная обмотка возбуждается источником переменного напряжения, которые меняются с изменением положения магнитного сердечника внутри обмотки. Внутри сердечника нарезается резьба для крепления немагнитного стержня, который затем крепится к измеряе-

мой поверхности детали. Когда сердечник находится в центре, напряжения на вторичных обмотках равны и противоположны по знаку, а выходное напряжение равно нулю. При смещении сердечника от центра, напряжение во вторичной обмотке, в сторону которой смещается сердечник, возрастает, а в другой - уменьшается. В результате выходное напряжение изменяется линейно в зависимости от положения сердечника. Диапазон измеряемого перемещения составляет от 100 мк до 25 см.

Для измерения угла поворота детали и ее вращения используются *сельсины* и *синус-косинусные вращающиеся трансформаторы*.

Сельсины представляют собой роторы с одной обмоткой, которые вращаются внутри неподвижных статоров. У сельсинов статор имеет три обмотки расположенные под углом 120° одна относительно другой и соединенных звездой (рис. 37, б). У синус-косинусных вращающихся трансформаторов статор содержит две обмотки, расположенные под углом 90° друг к другу (рис. 37, в) [10].

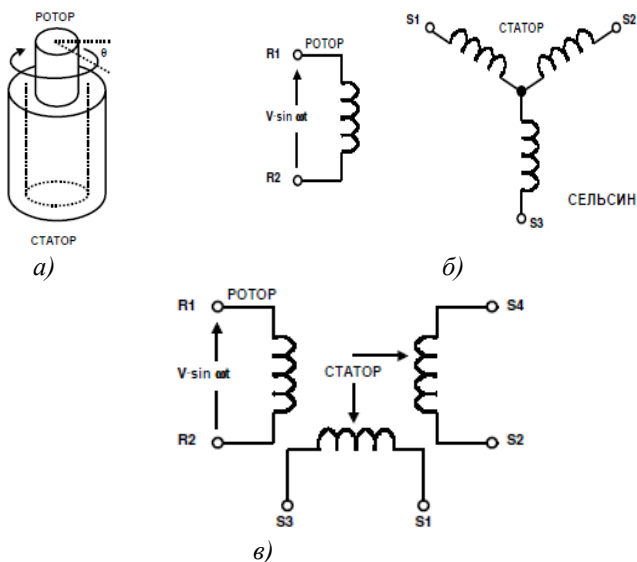


Рисунок 37 - Общий вид датчика (а), обмотка статора сельсина (б), обмотка статора синус-косинусного вращающегося трансформатора (в)

Принцип работы заключается в следующем. При подаче переменного напряжения на обмотку ротора, величина напряжения, наведенного на любой статорной обмотки будет пропорциональна синусу угла между осями катушки статора и катушки ротора.

У сельсина на обмотках будет

$$S_1 \text{ до } S_3 = V \cdot \sin \omega t \cdot \sin \Theta;$$

$$S_3 \text{ до } S_3 = V \cdot \sin \omega t \cdot \sin(\Theta + 120^\circ);$$

$$S_3 \text{ до } S_1 = V \cdot \sin \omega t \cdot \sin(\Theta + 240^\circ).$$

у синус-косинусного вращающегося трансформатора

$$S_1 \text{ до } S_3 = V \cdot \sin \omega t \cdot \sin \Theta;$$

$$S_4 \text{ до } S_2 = V \cdot \sin \omega t \cdot \sin(\Theta + 90^\circ) = V \cdot \sin \omega t \cdot \cos \Theta.$$

Диапазон угловых точностей данных датчиков составляет от 5 до 0,5 угловых минут (1 угловая минута = 0,0167).

Для измерения линейного перемещения используются **индуктосины**.

Линейный индуктосин состоит из двух частей, связанных между собой магнитным полем. Одна часть - масштабная линейка, изготовленная из стали, алюминия или пружинной ленты с изолирующим покрытием, фиксируется (на клей) к одной из осей неподвижной детали исследуемого изделия, другая - ползун, перемещается вдоль масштабной линейки с связана с деталью, положение которой будет изменяться (рис. 38). На масштабной линейке и ползуне наклеены печатные платы с одинаковой гребенчатой формой с шагом 0,2, 0,4 или 2 мм и сдвигом относительно друг друга на 1/4 периода.

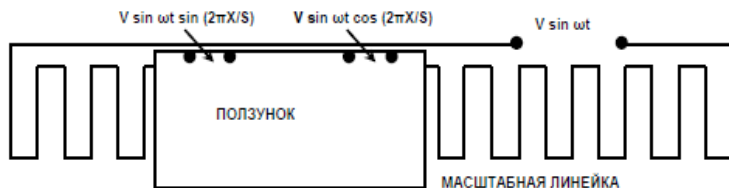


Рисунок 38 - Устройство линейного индуктосина

При подачи напряжения синусоидальной формы на масштабную линейку, такое же напряжение появится на обмотках ползуна. При перемещении ползуна напряжение на его обмотках будет меняться пропорционально синусу и косинусу смещения относительно одного зуба масштабной линейки.

Существенным преимуществом индуктивных датчиков является то, что связанные схемы обработки сигналов не нужно располагать в непосредственной близости от чувствительных катушек. Это позволя-

ет размещать чувствительные катушки в неблагоприятных условиях эксплуатации, где другие методы измерения (например, магнитные или оптические) невозможны, поскольку для них относительно чувствительная кремниевая электроника должна находиться в точке измерения.

Применение

Индуктивные датчики известны своей надежностью при работе в сложных условиях. Следовательно, часто именно их сразу выбирают тогда, когда необходимо обеспечить безопасность или высокую надежность работы. Такие требования широко распространены в военной, аэрокосмической, железнодорожной и тяжелой промышленности.

Причина высокой репутации датчиков связана с фундаментальными законами физики и принципами работы, которые, как правило, не зависят от:

- подвижных электрических контактов;
- температуры;
- влажности, воды и наличия конденсата;
- посторонних предметов, например грязи, жира, твердых частиц и песка.

Преимущества и недостатки

Особенности конструкции основных элементов управления (катушек обмотки и металлических деталей) обеспечивают чрезвычайную надежность большинства индуктивных датчиков. Учитывая их солидную репутацию, возникает очевидный вопрос: «Почему индуктивные датчики не используются чаще?» Причина в том, что их физическая прочность является одновременно их преимуществом и недостатком. Индуктивные датчики отличаются точностью, надежностью и стабильностью, но при этом являются большими, громоздкими и тяжелыми. Большой расход материала и необходимость тщательной намотки катушек обуславливают дороговизну производства датчиков, особенно высокоточных приборов, требующий прецизионной намотки. Помимо простых бесконтактных датчиков, более сложные индуктивные датчики стоят слишком дорого для использования в широко распространенных коммерческих или промышленных сферах применения.

В ряде ЭСАУ-Д в качестве датчиков частоты вращения и углового положения коленчатого вала двигателя вместо датчика Холла используются активные магнитоэлектрические (индуктивные) датчики.

- Модель индуктивного датчика показана на рисунке 39.

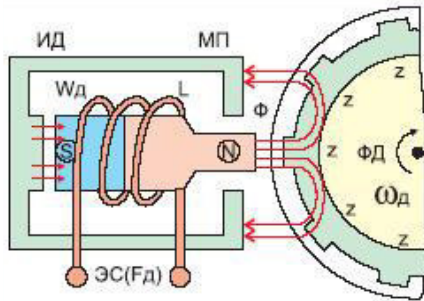


Рисунок 39 - Модель индуктивного датчика

Как видно из рисунка, основными составными частями такого датчика являются катушка индуктивности L с постоянным магнитом NS (преобразователь) и зубчатый диск $ФД$, зубцы Z которого выполнены из ферромагнитного материала (чувствительный элемент). Спецификой индуктивного датчика является конструктивная разобщенность его элементов (диска и индуктивного преобразователя). Таким образом, индуктивный датчик $ИД$ представляет собой только половину преобразователя неэлектрической величины (круговой частоты $Wд$ коленвала) в электрический сигнал (в частоту $F_д$ - следования электрических импульсов). Другая половина — зубчатый диск $ФД$.

Принцип действия индуктивного датчика основан на первом законе электромагнитной индукции и заключается в том, что увеличение или уменьшение (изменение) магнитного потока Φ через витки $Wд$ катушки индуктивности L вызывает возникновение в них (в витках) электродвижущей силы (ЭДС) $Eд=Wд\Phi/dt$. Согласно приведенной модели (см. рис. 5а) для реализации описанного принципа в реальном индуктивном датчике его катушка L насажена на постоянный стержневой магнит NS . Один полюс магнита (например, северный N) выступает в сторону зубцов Z ферромагнитного диска $ФД$, а другой (южный S) упирается в цилиндрический магнитопровод $МП$. Магнитопровод $МП$ и выступающий торец (магнитный шуп N) постоянного магнита совместно с зубцами Z ферромагнитного диска $ФД$ образуют рабочий воздушный зазор датчика. При вращении диска $ФД$ (коленвала $ДВС$) величина рабочего воздушного зазора постоянно изменяется от минимума, когда зубец находится под магнитным шупом датчика (соответствует чертежу рисунка), до максимума, когда под шуп попадает впадина между зубцами. Изменение рабочего зазора вызывает изменение его магнитного сопротивления, а значит и магнитного потока Φ через

витки W_d катушки L. Это и приводит к появлению знакопеременной ЭДС, точка перемены знака (нулевая точка) которой соответствует середине вершины (центру) зубца. Нулевая точка может быть легко зафиксирована с помощью несложной обработки ЭДС E в электронной схеме. Это позволяет достаточно точно определять угловое положение каждого зубца диска (а значит и коленвала) относительно точки начала отсчета. Стандартная форма сигнала индуктивного датчика показана на рис. 2е.

Индуктивный датчик устанавливается так, чтобы его магнитный щуп находился в непосредственной близости (0,5...1,5 мм) к ферромагнитным зубцам диска, а сам диск располагается либо на переднем, либо на заднем торце коленвала. Такой индуктивный датчик иногда называется датчиком оборотов двигателя (ДОД), так как он позволяет определять частоту W_d вращения коленвала двигателя по частоте F,-следования генерируемых им импульсов. Кроме того, с его помощью можно измерять угол поворота коленвала между двумя характерными событиями, сосчитав между ними число импульсов датчика. В последнем случае индуктивный датчик называется датчиком угловых импульсов (ДУИ).

Так как зубчатая (стартерная) вечная шестерня маховика двигателя выполняется из ферромагнитного материала, то ее (шестерню) часто используют в качестве зубчатого диска индуктивного датчика. В таком случае для определения точки начала отсчета устанавливается второй (дополнительный) индуктивный датчик, генерирующий один импульс за один оборот коленвала. Ферромагнитным возбудителем дополнительного датчика является стальной штырь, ввернутый в маховик сбоку в определенном месте (рис. 5 б). Это место соответствует точке положения коленвала, от которой до верхней мертвой точки (ВМТ) первого поршня остается столько угловых градусов, сколько предусмотрено микропроцессором в данной цифровой ЭСАУ-Д для проведения вычислений угла опережения зажигания (обычно 45...60°). Такое устройство называется датчиком начала отсчета (ДНО) и используется совместно с датчиком угловых импульсов (ДУИ).

Но функции датчика начала отсчета может выполнять и сам датчик угловых импульсов, если его возбудителем является зубчатый диск с пропуском одного или двух зубцов в том месте, где устанавливается стальной штырь для ДНО (рис. 40). Такой датчик называется индуктивным датчиком коленчатого вала (ДКВ).

Индуктивные датчики следующего поколения.

Датчик угла поворота коленчатого вала двигателя размещается в корпусе распределителя зажигания и состоит обычно из двух катушек и двух роторов - магнитов.

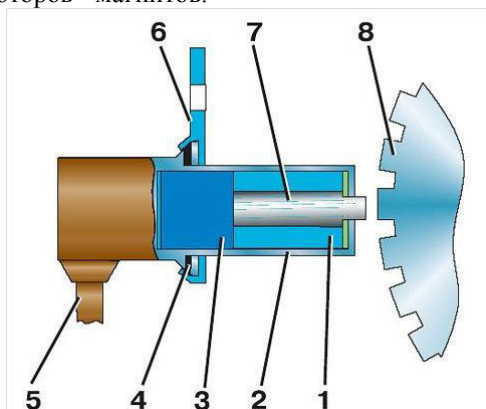


Рисунок 40 - Датчик угла поворота коленчатого вала двигателя:

1 – обмотка датчика; 2 – корпус; 3 – магнит; 4 – уплотнитель; 5 – привод; 6 – кронштейн крепления; 7 – магнитопровод; 8 – диск синхронизации

Одна пара катушка-ротор выдает сигнал G угла поворота коленчатого вала, другая - сигнал Ne скорости вращения коленчатого вала двигателя (рис. 40).

Датчики частоты вращения коленчатого вала двигателя используются для:

- измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- определения положения коленчатого вала (или положения поршней двигателя).

Частота вращения коленчатого вала рассчитывается по частоте сигналов, поступающих от этого датчика. Выходной сигнал датчика является одной из важнейших величин электронной системы управления двигателем.

Датчик установлен оппозитно ферромагнитному триггерному колесу 7 (рис. 41), от которого он отделен воздушным зазором.

В датчике находится сердечник 4 из электротехнического железа (полюсный штифт), окруженный обмоткой 5. Полюсный штифт соединен с постоянным магнитом 1. Магнитное поле воздействует на этот полюсный штифт и поступает на триггерное колесо.

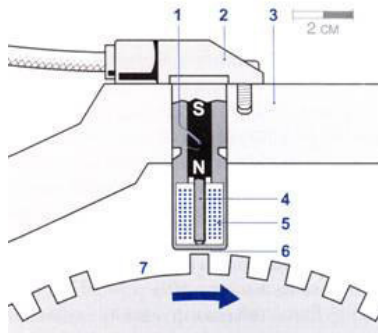


Рисунок 41 – Индуктивный датчик частоты вращения коленчатого вала:

1 – постоянный магнит; 2 – корпус датчика; 3 – блок цилиндров двигателя; 4 – полюсный штифт; 5 – обмотка; 6 – воздушный зазор; 7 – триггерное колесо с зазором-меткой

Уровень магнитного потока, проходящего через обмотку, зависит от положения датчика относительно триггерного колеса (зазор или зуб). Магнитный поток рассеяния концентрируется на зубе, что ведет к усилению полезного потока, проходящего через обмотку. Напротив, зазор ослабляет этот поток. При вращении триггерного колеса происходит изменение магнитного потока, что, в свою очередь, индуцирует в обмотке электромагнита синусоидальное выходное напряжение (рис. 42), пропорциональное скорости изменения этого потока и, следовательно, частоте вращения коленчатого вала.

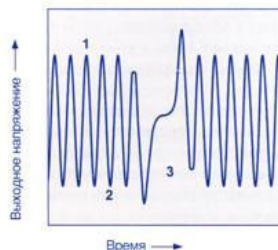


Рисунок 42 – Характеристика сигналов индуктивного датчика частоты вращения коленчатого вала:

1 – напряжение при прохождении зуба; 2 – напряжение при прохождении зазора; 3 – напряжение при прохождении зазора-метки

Амплитуда напряжения переменного тока сильно возрастает по мере повышения частоты вращения триггерного колеса (от нескольких мВ до значений > 100 В). Для генерирования сигнала достаточного уровня необходима частота вращения величиной как минимум 30 мин^{-1} .

Количество зубьев триггерного колеса зависит от условий его применения. В системах управления двигателем с регулированием с помощью электромагнитных клапанов обычно используются триггерные колеса с 60-ю зубьями, при этом два зубца пропущены (7, рис. 29). Следовательно, это колесо имеет $60 - 2 = 58$ зубьев. Очень большой зазор между зубьями предназначен для отметки определенного положения коленчатого вала и служит как установочная метка для синхронизации блока управления.

В другом варианте исполнения триггерного колеса имеется всего по одному зубу на каждый цилиндр двигателя. Например, в четырехцилиндровом двигателе это четыре зуба, т. е. за один оборот этого колеса генерируются четыре импульса.

Геометрические размеры зубьев и полюсов должны соответствовать друг другу. Электронная схема оценки данных в блоке управления преобразует синусоидальное напряжение с очень разной амплитудой в прямоугольное напряжение с постоянной амплитудой. Этот сигнал подвергается обработке в микроконтроллере блока управления.

Индуктивные энкодеры

Емкостные энкодеры, как все емкостные преобразователи очень чувствительны к изменению влажности окружающей среды, что сильно влияет на линейность преобразователя. Поэтому фирма Sylvak в 2003 году выпустила индуктивный энкодер и стала устанавливать их на электронные штангенциркули, индикаторы и другие приборы.

Индуктивный энкодер, в отличие от емкостного, работает в магнитном поле и поэтому не чувствителен к влажности и другим загрязнениям шкалы.

Индуктивный энкодер состоит из шкалы (линейки) и считывающего устройства, которое перемещается над шкалой с небольшим зазором h . Шкала, похожая на лестницу, состоит из серии замкнутых петель, расположенных с шагом T , токи которых направлены встречно. На считывающем устройстве на двух сторонах платы нанесена последовательность из трех чередующихся плоских зигзагообразных основных обмоток и трех чередующихся зигзагообразных съемных обмоток с шагом H . Две плоские зигзагообразные обмотки взаимодействуют через подвижную петлю (рис. 43).

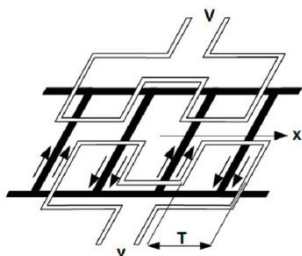


Рисунок 43 - Принцип действия индуктивного энкодера

Напряжение V через первую обмотку индуцирует ток i в петле, который непосредственно индуцирует напряжение v во второй обмотке. Если петля сдвигается на один шаг T , индуцированный ток реверсируется (поворачивается по часовой стрелке), но напряжение обмотки v имеет ту же полярность снова (два реверса): связь (v/V) становится зависимой от x с периодом T .

Шкала состоит из серии замкнутых петель с шагом T , токи которых направлены встречно. Токи, создаваемые в первой зигзагообразной обмотке, усиливают друг друга в соседних петлях, а также напряжения во второй зигзагообразной обмотке.

Основой измерения является шкала, более длинная, чем обмотки. Внешние электромагнитные поля, не вызывая замкнутых токов в петле, поэтому на напряжение, индуцированное на второй обмотке, они не оказывают воздействия. Две обмотки сдвинуты на $T/4$ шага шкалы. Если шкала смещается влево или вправо, разность фаз с опорным сигналом также смещается со скоростью периода, и отслеживается перемещение любой длины.

У индуктивных энкодеров значительно меньше шаг электродов, чем у емкостных, от 1 до 2 мм, что облегчает изготовление обмоток и позволяет увеличить зазор h . Обычно h составляет от 0,1 до 0,2 шага T .

Выходной сигнал индуктивных энкодеров после низкочастотной фильтрации представляет собой синусоиду с фиксированной амплитудой, фазовый сдвиг которой линейно зависит от перемещения шкалы.

В микросхеме, установленной в считывающем устройстве выходной сигнал интерполируется и преобразуется в цифровые показания, отображаемые на дисплее.

Дискретность цифровой индикации приборов с индуктивными энкодерами составляет 0,01; 0,001; 0,0001 мм.

Ёмкостные и индуктивные энкодеры выпускает фирма Sylvac (Швейцария), Mitutoyo (Япония), Tesa (Швейцария) и др.

3.6 Ёмкостные датчики

Ёмкостным датчиком называют преобразователь параметрического типа, в котором изменение измеряемой величины преобразуется в изменение ёмкостного сопротивления.

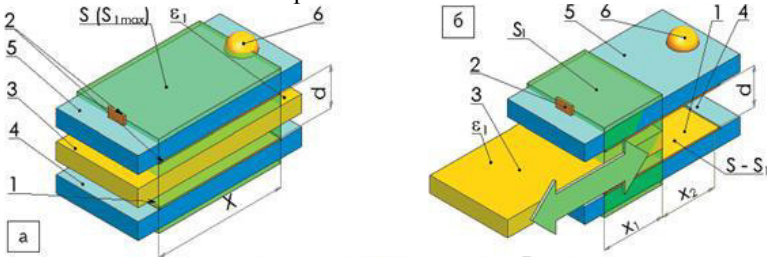


Рисунок 44 - Линейный ёмкостной датчик расстояний x_1 и x_2 , физические принципы которых основаны на изменении ёмкости при изменении диэлектрической проницаемости $C(\epsilon)$:

a, б - 1, 2 — верхняя и нижняя обкладки конденсатора, зафиксированные на постоянном расстоянии d , с максимальной площадью перекрытия S и полной длиной перекрытия X ; 3 — слой диэлектрика с диэлектрической проницаемостью ϵ_1 ; 4, 5 — зафиксированные печатные платы; б - пайка обкладки на плате; а - датчик в исходном состоянии при $x_1 = X$ и $x_2 = 0$; б - датчик с $x_1 \leq X$ и ненулевым x_2 ; S_1 - переменная площадь перекрытия обкладок диэлектриком 3 (с диэлектрической проницаемостью ϵ_1) в пределах детектируемого расстояния x_1 ; $(S - S_1)$ - переменная площадь перекрытия обкладок воздушным диэлектриком (с диэлектрической проницаемостью $\epsilon \approx 1$) в пределах переменного расстояния $x_2 = X - x_1$

Ёмкостный датчик, измерительный преобразователь неэлектрических величин (уровня жидкости, механические усилия, давления, влажности и др.) в значения электрической ёмкости. Конструктивно ёмкостный датчик представляет собой конденсатор электрический плоскопараллельный или цилиндрический. Различают **ёмкостные датчики**, действие которых основано на изменении зазора между пластинами или площади их взаимного перекрытия, деформации диэлектрика, изменении его положения, состава или диэлектрической проницаемости. Наиболее часто ёмкостные датчики применяют для измере-

ний меняющихся давления или уровня, точных измерений механических перемещений и т. п. (рис. 44, 45).

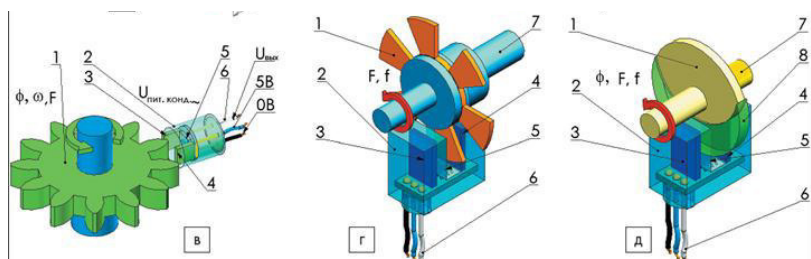


Рисунок 45 - Конструкции емкостных датчиков, физические принципы которых основаны на изменении емкости при изменении диэлектрической проницаемости $S(\epsilon)$:

в - емкостной датчик зубчатого ротора типа «открытый конденсатор»: ϕ , ω , F - абсолютный и частотные сигналы датчика: ϕ - сигнал абсолютного угла положения ротора; F , ω (или f) - частота ротора и следования детектируемых элементов, соответственно; 1 - ротор (из металла или диэлектрика); 2 - корпус датчика; 3, 4 - выступающие обкладки плоского конденсатора; 5 - схема питания конденсатора переменным напряжением и обработки сигнала; 6 - проводные терминалы датчика (в трехпроводной частотной схеме подключения, работающей на постоянном напряжении); г - угловой емкостной датчик-прерыватель: 1 - ротор-крыльчатка (из металла или диэлектрика); 2 - корпус датчика; 3, 4 - обкладки плоского конденсатора; 5 - схема питания и обработки сигнала; 6 - проводные терминалы датчика (в трехпроводной частотной схеме подключения, работающей на постоянном напряжении); 7 - вращающийся вал; F , f - частотные сигналы датчика; д - угловой емкостной датчик абсолютного положения - прерыватель: 1 - ротор с материалом, изменяющим емкостную связь (из металла или диэлектрика); 2 - корпус датчика; 3, 4 - обкладки плоского конденсатора; 5 - схема питания и обработки сигнала; 6 - проводные терминалы датчика (в трехпроводной аналоговой или частотной схеме подключения, работающей на постоянном напряжении); 7 - вращающийся вал; 8 - материал, изменяющий емкостную связь; ϕ , F , f - абсолютный и частотные сигналы датчика.

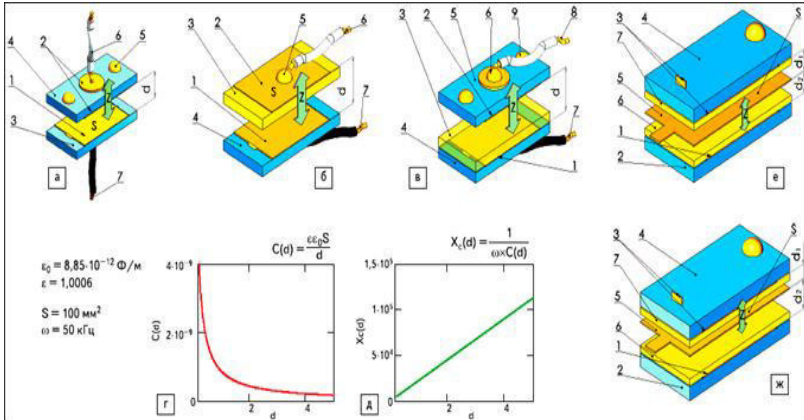


Рисунок 46 - Конструкций емкостных датчиков, физические принципы которых основаны на изменении емкости при изменении расстояния между обкладками $C(d)$:

а - линейный емкостной датчик расстояния d (в направлении оси Z) с воздушным диэлектриком и постоянной площадью перекрытия S : 1 - нижняя обкладка конденсатора; 2 - подвижная верхняя обкладка конденсатора; 3 - зафиксированная печатная плата; 4 - подвижная печатная плата; 5 - пайка; 6, 7 - терминалы конденсатора; б - линейный емкостной датчик расстояния d (в направлении оси Z) с постоянной площадью перекрытия S и дополнительным подвижным защитным диэлектрическим слоем: 1 - зафиксированная нижняя обкладка конденсатора; 2 - подвижная верхняя обкладка конденсатора; 3 - слой диэлектрика; 4 - печатная плата; 5 - пайка; 6, 7 - терминалы конденсатора; в - линейный емкостной датчик расстояния d (в направлении оси Z) с постоянной площадью перекрытия S : 1 - нижняя обкладка конденсатора; 2 - подвижная верхняя обкладка конденсатора; 3 - фиксированный защитный слой диэлектрика; 4 - печатная плата; 5 - подвижная печатная плата или изолирующий материал; 6 - пайка обкладки и терминалов; 7, 8 - терминалы конденсатора; 9 - пайка обкладки; г, д - характеристики датчика расстояния d : г - изменение емкости; д - изменение импеданса; е, ж - дифференциальный емкостной датчик расстояний d_1 и d_2 (в направлении оси Z) 1 - нижняя обкладка; 2 -- нижняя печатная плата; 3 - верхняя обкладка; 4 - верхняя печатная плата; 5 - подвижная средняя обкладка; 6 и 7 - слои диэлектрика; S - площадь перекрытия обкладок; е - датчик в исходном (нулевом) положении; ж - датчик в смещенном состоянии.

Датчики угловых перемещений

Емкостные измерительные преобразователи угловых перемещений подобны по принципу действия емкостным датчикам линейных перемещений, причем датчики с переменной площадью также более целесообразны в случае не слишком малых диапазонов измерения (начиная с единиц градусов), а емкостные датчики с переменным угловым зазором могут с успехом использоваться для измерения малых и сверхмалых угловых перемещений. Обычно для угловых перемещений используют многосекционные преобразователи с переменной площадью обкладок конденсатора. В таких датчиках один из электродов конденсатора крепится к валу объекта, и при вращении смещается относительно неподвижного, меняя площадь перекрытия пластин конденсатора. Это в свою очередь вызывает изменение емкости, что фиксируется измерительной схемой.

Датчик продольного ускорения расположен в правой части центрального тоннеля пола ближе к стойке. Он требуется только для полноприводных моделей. На автомобилях с одним ведущим мостом система вычисляет продольное ускорение с использованием данных от датчика давления в тормозной системе, датчиков частоты вращения колес и данных, получаемых от системы управления двигателем. На полноприводных автомобилях с муфтой Haldex передние и задние колеса жестко соединены. Значение фактической скорости автомобиля, определяемое с использованием значений частоты вращения отдельных колес, не всегда является точным в некоторых условиях, если, например, сцепление колес с дорогой недостаточно, а муфта Haldex включена.

Измеренное значение продольного ускорения используется как подтверждение теоретического значения скорости автомобиля.

При отсутствии данных от датчика продольного ускорения расчет фактической скорости полноприводных автомобилей при неблагоприятных дорожных условиях становится невозможным. В этом случае функции ESP и TCS становятся неработоспособными. Функция EBD остается работоспособной.

Конструкция и принцип действия этого датчика аналогичны датчику бокового ускорения (рис. 47). Этот датчик устанавливается под углом 90° по отношению к датчику бокового ускорения. Он состоит из двух одноименно заряженных пластин и подвижно закрепленной между ними пластины с противоположным зарядом, которая перемещается при ускорении/замедлении автомобиля. Работа датчика основана на зависимости емкости конденсатора от расстояния между пла-

стинами. Одновременно это расстояние соответствует разности потенциалов между пластинами: чем ближе пластины друг к другу, тем больше напряжение. По его изменению определяется перемещение подвижной части датчика.

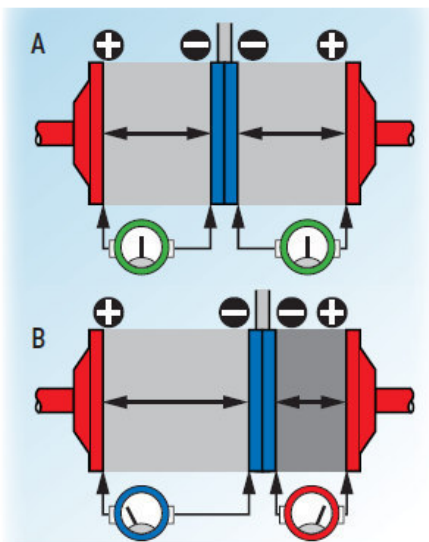
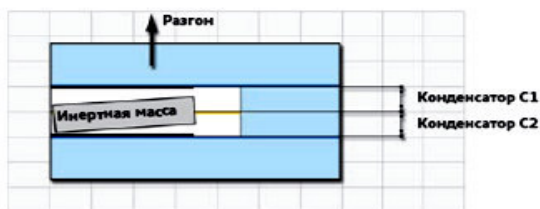
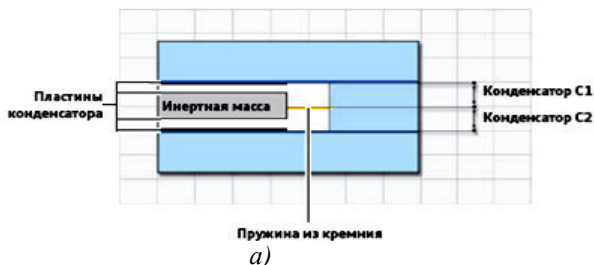


Рисунок 47 – Принцип работы датчика ускорения объемно-конденсаторного типа:

A – равноускоренное движение; B – замедление

Датчик продольного ускорения пластино-конденсаторного типа устанавливается под углом 90° по отношению к датчику бокового ускорения.

Одна из пластин является неподвижной. Вторая пластина может перемещаться под воздействием сил инерции. При воздействии ускорения на подвижную пластину расстояние между двумя пластинами уменьшается и становится равным s_1 , а емкость конденсатора при этом увеличивается и становится равной C_1 (рис. 48 б). В случае снижения инерционности пластина отходит обратно под действием пружины. Емкость конденсатора снова уменьшается.



б)

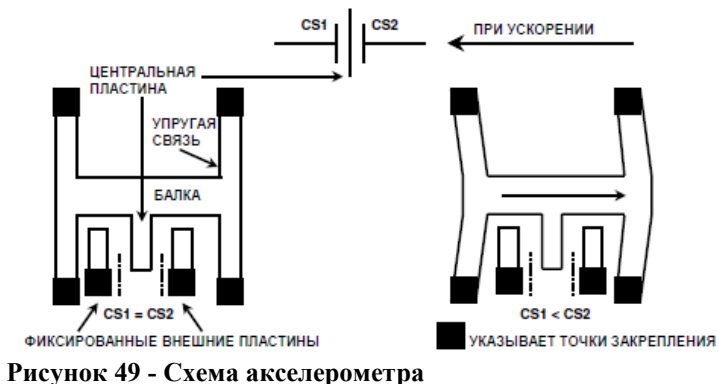
Рисунок 48 - Датчик продольного ускорения пластино-конденсаторного типа:

а - принципиальная схема; б - принцип работы

Акселерометры

Для измерения угла крена, сил инерции, ударови вибраций используются **акселерометры**. Акселерометры емкостного типа представляют собой элемент поверхностного микрообработанного датчика. Изготовление осуществляется осаждением поликремния на вспомогательный оксидный слой, который затем стравливается, оставляя элемент датчика в свободно подвешенном состоянии. Электрической основой датчика является дифференциальный конденсатор, который образован центральной пластиной, являющейся частью подвижной балки, и двумя фиксированными внешними пластинами (рис. 49).

При подаче на фиксированные пластины конденсатора дифференциального напряжения и отсутствии воздействия на датчик, величины двух конденсаторов одинаковы. При приложении ускорения, масса балки вызывает ее смещение в сторону одной из фиксированных пластин с удалением от другой пластины, возникает рассогласование емкостей, и оно дает выходной сигнал на центральной пластине. С ростом ускорения и увеличения отклонения сигнал увеличивается.



Инклинометры

Инклинометр (датчик крена) представляет собой дифференциальный емкостной преобразователь наклона, включающий в себя чувствительный элемент в форме капсулы.

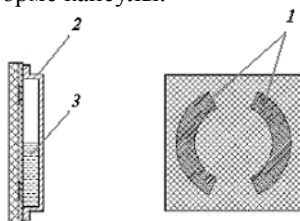


Рисунок 50 - Устройство емкостного инклинометра

Капсула состоит из подложки с двумя планарными электродами 1, покрытыми изолирующим слоем, и герметично закрепленным на подложке корпусом 2 (рис. 50). Внутренняя полость корпуса частично заполнена проводящей жидкостью 3, которая является общим электродом чувствительного элемента. Общий электрод образует с планарными электродами дифференциальный конденсатор. Выходной сигнал датчика пропорционален величине емкости дифференциального конденсатора, которая линейно зависит от положения корпуса в вертикальной плоскости.

Инклинометр спроектирован так, что имеет линейную зависимость выходного сигнала от угла наклона в одной – так называемой рабочей плоскости и практически не изменяет показания в другой (не-

рабочей) плоскости, при этом его сигнал слабо зависит от изменения температуры. Для определения положения плоскости в пространстве используется два, расположенных под углом 90° друг к другу инклинометра.

Малогабаритные инклинометры с электрическим выходным сигналом, пропорциональным углу наклона датчика, являются сравнительно новыми приборами. Их высокая точность, миниатюрные размеры, отсутствие подвижных механических узлов, простота крепления на объекте и низкая стоимость делают целесообразным использовать их не только в качестве датчиков крена, но и заменять ими угловые датчики, причем не только на стационарных, но и на подвижных объектах.

3.7 Пьезоэлектрические датчики

Работа пьезоэлектрического датчика основана на физическом явлении, которое называется *пьезоэлектрическим эффектом*. Этот эффект проявляется в некоторых кристаллах в виде появления на их гранях электрических зарядов разных знаков при сжатии кристалла в определенном направлении. Слово «пьеzo» по-гречески означает «давление». В зависимости от значения силы сжатия или растяжения; меняется количество зарядов, а следовательно, и разность потенциалов, замеренная между гранями. Пьезоэлектрические датчики относятся к генераторному типу. Широко известны пьезоэлектрические звукосниматели: игла звукоснимателя воспринимает все изменения глубины звуковой дорожки и передает их на пьезокристалл. Выходное напряжение с пьезокристалла усиливается, и через динамик мы слышим записанные звуки. Появление зарядов на гранях в зависимости от сжатия называется *прямым пьезоэффектом*. Существует и *обратный пьезоэффект*: при подаче напряжения на грани кристалла изменяются его размеры (он сжимается или разжимается). Обратный пьезоэлемент (наряду с магнитострикционным) нашел применение в ультразвуковых генераторах. А основанные на прямом пьезоэффекте пьезоэлектрические датчики используются в автоматике для измерения давлений, вибраций, ускорений, других параметров быстропротекающих процессов.

В качестве пьезоэлектрических используют обычно естественные материалы - кварц и турмалин, а также искусственно поляризованную керамику на базе титаната бария (BaTiO_3), титаната свинца

(PbTiO_3) и цирконата свинца (PbZrO_3). Можно использовать и другие материалы.

Пьезочувствительный элемент обычно вырезают из кристалла кварца в виде пластины (параллелепипеда), стороны которой параллельны осям кристалла (рис. 51, а).

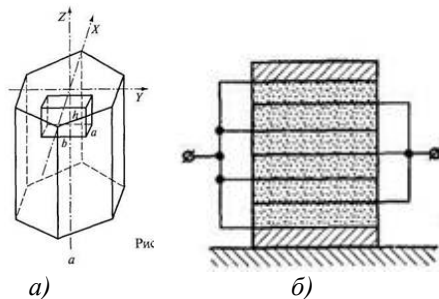


Рисунок 51 - Пьезочувствительный элемент (а) и пьезопреобразователь (б)

Устройство, реализующее пьезоэлектрический эффект, показано на рисунке 52 а и называется пьезоэлементом.

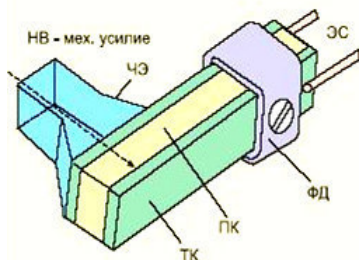


Рисунок 52 - Модель пьезодатчика (пояснения в тексте)

Суть пьезоэлектрического эффекта в том, что при механическом воздействии НВ на пластинку ПК пьезокристалла, которая с обеих сторон покрыта токопроводящей пленкой ТК и одним концом жестко закреплена в фиксирующем держателе ФД, на токопроводящих покрытиях ТК появляется разность электрических потенциалов (электрический сигнал ЭС), величина и форма которой пропорциональна степени прогиба пластинки под воздействием входного механического усилия НВ. Пьезокристаллический элемент может быть любой формы - прямоугольным бруском, плоской пластиной, круглой шайбой, труб-

чатым цилиндром, что определяется конструкцией опоры и местом приложения внешнего усилия к пьезоэлементу. Пьезоэлемент способен реагировать на самые разнообразные механические воздействия, начиная от одиночного удара и до высокочастотных ультразвуковых колебаний. Пьезоэлемент (преобразователь) совместно с конструктивным устройством для восприятия и передачи входного механического усилия (чувствительный элемент) образуют пьезоэлектрический датчик. Достоинствами такого датчика являются малые размеры, безынерционность и активный принцип действия (не требуется внешний источник электрической энергии).

На автомобиле пьезоэлектрические датчики применяются в ультразвуковых системах защиты стекол дверей от несанкционированного вскрытия, в системе предотвращения от соударений автомобиля с препятствием, но главное использование пьезоэлектрического датчика - в качестве датчиков ЭСАУ-Д. Таких датчиков два: измеритель абсолютного давления (разрежения) во впускном коллекторе двигателя (тензометрический датчик MAP нагрузки двигателя) и детонационный датчик.

Пьезоэлектрический преобразователь детонационного датчика (ДД) выполняется в виде шайбы, которая посредством стяжного болта и инерционной массы прижимается к полированной площадке на блоке цилиндров (рис. 53).

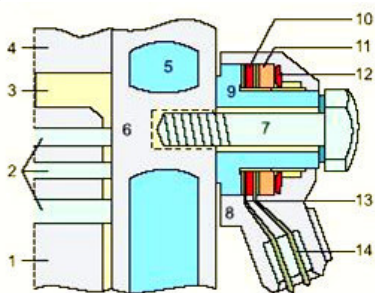


Рисунок 53 - Датчик детонации:

1 - поршень ДВС; 2 - поршневые кольца; 3 - камера сгорания; 4 - головка блока ДВС; 5 - рубашка охлаждения ДВС; 6 - блок цилиндров; 7 - крепежный болт; 8 - корпус датчика; 9 - прижимная втулка; 10 - пьезоэлемент; 11 - гравитационная (инерционная) масса; 12 - упругая шайба; 13 - контактные кольца; 14 - электрические контакты

Точка установки датчика определяется экспериментально на этапе конструктивной разработки двигателя (в жидкостной ванне определяются узлы ультразвуковых волн на блоке цилиндров и выбирается тот, который поближе к камере сгорания). Для отработанной модели блока место установки датчика детонации остается постоянным. Стандартная форма сигнала детонационного датчика показана на рис. 2 д. В электронном блоке такой сигнал сначала фильтруется, а затем амплитуда огибающей функции сравнивается с допустимым уровнем для сигнала детонации. При превышении заданного уровня авторегулятор зажигания корректирует угол опережения зажигания соответствующим образом.

Тензометрический датчик (МАП) абсолютного давления в отличие от детонационного является пассивным преобразователем. Под воздействием внешнего усилия в тензодатчике изменяется его внутреннее омическое сопротивление. Конструктивно тензодатчик представляет собой полупроводниковую микроструктуру, пьезоэлементом в которой является тонкая (около 0,2 мм) силиконовая пластина (рис. 54).

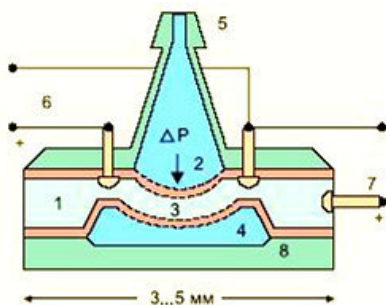


Рисунок 54 - Датчик разрежения:

1 - силиконовый полупроводниковый резистивный мост; 2 - вакуумная камера; 3 - силиконовая пластина-диафрагма; 4 - вакуумная термическая полость; 5 - корпус датчика; 6 - входные клеммы; 7 - выходные клеммы; 8 - подложка из тугоплавкого стекла

На этой пластине технологически сформированы четыре резистивных зоны (омические сопротивления), которые соединены между собой по мостовой схеме. В одну диагональ моста подается стабилизированное напряжение +5 В, а напряжение, снимаемое с другой диагонали есть линейная функция от абсолютного давления (разрежения) над силиконовой пластиной. Для того, чтобы тензодатчик имел тре-

буемую характеристику преобразования, под силиконовой пластиной создается герметизированная вакуумная полость (между пластиной и стеклянной подложкой). Остаточное давление в полости не превышает 0,1 бар, благодаря чему силиконовая пластина, как упругая диафрагма, прогибается в сторону вакуумной полости - при нормальном атмосферном давлении над пластиной, или полностью прогибается вверх при разрежении над пластиной - диафрагмой. Линейные размеры чувствительного элемента тензодатчика не превышают 2...3 мм. Подобно датчику Холла, тензодатчик выполняется на общей подложке с микросхемой для формирования сигнала. Такой датчик обычно устанавливается непосредственно в электронном блоке ЭСАУ-Д и соединяется с задрессельной зоной впускного коллектора с помощью тонкого вакуумного шланга. Но возможны и другие варианты установки датчика MAP.

3.8 Реостатные датчики

Реостатные датчики представляют собой резистор с изменяющимся активным сопротивлением. Входной величиной датчика является перемещение контакта, а выходной – изменение его сопротивления. Подвижный контакт механически связан с объектом, перемещение (угловое или линейное) которого необходимо преобразовать.

Наибольшее распространение получила потенциметрическая схема включения реостатного датчика, в которой реостат включают по схеме делителя напряжения. Напомним, что делителем напряжения называют электротехническое устройство для деления постоянного или переменного напряжения на части; делитель напряжения позволяет снимать (использовать) только часть имеющегося напряжения посредством элементов электрической цепи, состоящей из резисторов, конденсаторов или катушек индуктивности. Переменный резистор, включаемый по схеме делителя напряжения, называют потенциометром.

Обычно реостатные датчики применяют в механических измерительных приборах для преобразования их показаний в электрические величины (ток или напряжение), например, в поплавковых измерителях уровня жидкостей, различных манометрах и т. п.

Датчик в виде простого реостата почти не используется вследствие значительной нелинейности его статической характеристики $I_n = f(x)$, где I_n - ток в нагрузке.

Выходной величиной такого датчика является падение напряжения $U_{вых}$ между подвижным и одним из неподвижных контактов. Зависимость выходного напряжения от перемещения x контакта $U_{вых} = f(x)$ соответствует закону изменения сопротивления вдоль потенциометра. Закон распределения сопротивления по длине потенциометра, определяемый его конструкцией, может быть линейным или нелинейным.

Потенциометрические датчики, конструктивно представляющие собой переменные резисторы, выполняют из различных материалов - обмоточного провода, металлических пленок, полупроводников и т. д.

Реостатный датчик - это прецизионный (особо точный) реостат, движок которого перемещается под действием измеряемой величины. Входной величиной X датчика является линейное или угловое перемещение движка (отсюда и название датчика - датчик перемещений), выходной - изменение его сопротивления. На рисунке 55 схематически показаны некоторые варианты конструкций реостатных датчиков для линейного и углового перемещений. Датчики состоят из каркасов, на которые намотан провод, изготовленный из материала с высоким удельным сопротивлением, и токосъемного движка (контактной щетки), который касается провода.

Для обеспечения электрического контакта обмотка в месте касания зачищается от изоляции. Движок прижимается к обмотке за счет силы упругости. Далее будем рассматривать только датчики линейных перемещений. Все полученные результаты справедливы и для датчиков угловых перемещений.

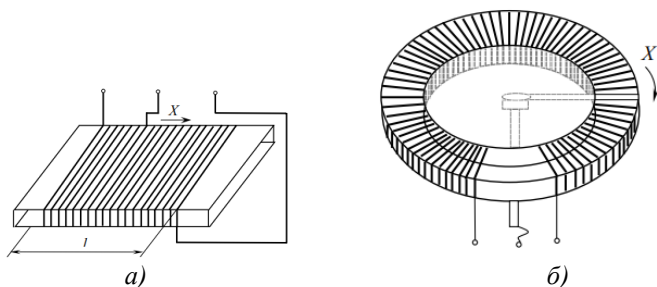


Рисунок 55 - Реостатные датчики перемещений:

а - линейного; б - углового

Далее реостатный датчик линейных перемещений будем условно изображать в виде переменного резистора, длина l которого соответствует длине обмотки реостата (рис. 55, а). Перемещение X обычно

привязывают к перемещению движка реостата относительно начала или середины его обмотки. Работа реостатного датчика основана на зависимости электрического сопротивления проводника от его длины. Если перемещение отсчитывать относительно крайнего вывода реостата, т.е. начала обмотки, то с увеличением пропорционально увеличивается число витков на участке обмотки, увеличивается длина провода, и сопротивление.

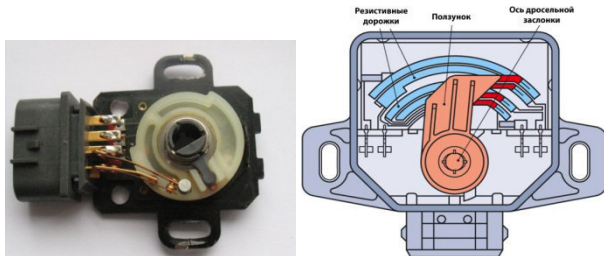


Рисунок 56 - Датчик угла открытия дроссельной заслонки

Одной из разновидностью реостатного датчика является датчик положения дроссельной заслонки.

Пленочно-резисторные имеют резистивные дорожки контактного типа, а бесконтактные датчики работают на основе магнитно-резисторного эффекта.

Контрольные вопросы:

1. С какой целью используются преобразователи сигнала?
2. Классификация преобразователей сигналов.
3. Перечислите свойства датчиков.
4. На чем основана работа тензочувствительных датчиков?
5. На чем основана работа магнитоупругих датчиков?
6. Принцип действия индуктивных датчиков.
7. Емкостные датчики, принцип работы и устройство.
8. Что такое пьезоэлектрический эффект?

4 ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ, ТРАКТОРОВ, МЕХАНИЗМОВ И СИСТЕМ

4.1 Условия подбора измерительных комплексов и систем

Современное измерительное оборудование - это сложный комплекс устройств, включающих в себя большое количество элементов и

отдельных приборов различной структуры и назначения, Средствами получения информации о характеристиках объекта (в виде сигналов, чисел, таблиц, осциллограмм, графиков и т. п.) служат измерительные приборы и информационно-измерительные системы [9, 15, 16].

Возрастающая сложность автомобильной техники, повышение требований к экологичности и качеству их работы, усложнение условий их эксплуатации привели к необходимости увеличения объёмов и скорости получения информации при испытаниях. Это потребовало ускоренного развития техники измерений, создания специализированного измерительного оборудования, универсальных и специализированных информационно-измерительных систем (ИИС), необходимости автоматизации процесса измерения и обработки результатов. Под ИИС понимается совокупность функционально объединённых измерительных, вычислительных и других технических средств для получения измерительной информации, её преобразования, обработки с целью представления потребителю в требуемом виде, либо автоматического осуществления некоторых логических функций (управление ходом комплекса испытаний или отдельным экспериментом, контроль за состоянием объекта испытаний или за самой ИИС и др.).

Основными условиями обеспечения высокого качества получаемой в процессе испытаний информации являются: правильный выбор метода измерений, правильное составление измерительных схем, точный подбор измерительного оборудования и обеспечение необходимых условий его работы, квалифицированное управление процессом измерения и обработки данных.

ИИС, как правило, имеют несколько каналов измерения и выполняют различные функции в зависимости от их назначения и конструктивного исполнения. Например, они могут фиксировать мгновенные значения измеряемых величин, могут выдавать среднее или суммарное значение за опыт, производить измерение, вычисление и выдачу измеряемых параметров (скорости движения, расхода топлива, нагрузки в трансмиссии и др.). ИИС могут быть дискретными (цифровыми) или аналоговыми. Дискретные ИИС выдают результаты в виде множества отдельных значений, которые обрабатываются компьютером по заданной программе и выдаются пользователю в любой удобной для него форме. Аналоговые ИИС выдают результат измерения в виде непрерывного сигнала на индикатор, указатель, осциллограмму, магнитную ленту или на электронный носитель информации.

Большинство ИИС построены по принципу электрических измерений неэлектрических величин, то есть преобразования физиче-

ских процессов в электрические сигналы, которые удобно дистанционно и синхронизировано измерять, преобразовывать, обрабатывать и фиксировать.

Типичная функциональная схема канала ИИС показана на рисунке 57.

В любом объекте испытаний или исследований выделяются чувствительные элементы 1, которые воспринимают изменяемую величину и выдают измерительное воздействие. Например, полусось воспринимает крутящий момент и выдаёт измерительное воздействие в виде деформации от скручивания. Измерительное воздействие от чувствительных элементов 1 передаётся преобразователям (датчикам) 2, в которых исследуемый физический процесс преобразуется в адекватное изменение электрического сигнала.

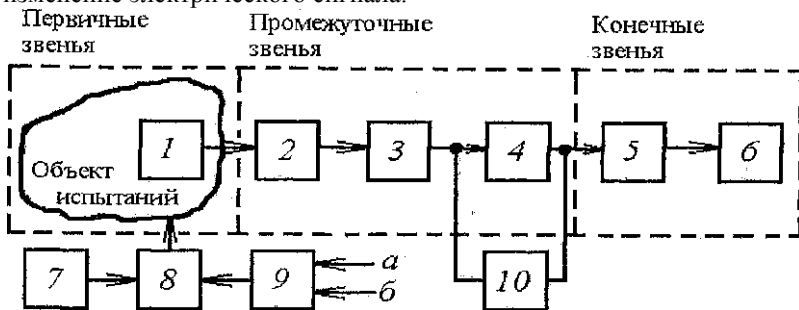


Рисунок 57 - Схема построения канала ИИС

Сигналы от датчиков 2 поступают по каналам связи 3 (кабели, токосъёмники, телерадиопередающие системы) в блок промежуточного преобразования 4, где производится компенсация постоянных составляющих, компенсация температурных и прочих воздействий, масштабирование, аналоговое или цифровое преобразование, кодирование и первичная обработка измеряемых величин (интегрирование, вычисление среднего значения и т. п.).

Блок промежуточного преобразования 4 может включать устройство 10, содержащее описание состояния объекта испытаний в виде образцовых значений сигналов и систему сравнения образцовых величин с контролируруемыми параметрами. Количественная оценка в этом блоке отображается на мониторе.

Выходная измерительная информация окончательно обрабатывается в конечных звеньях ИИС. В блоке 5 производится вычисление окончательного результата, интерпретация данных опыта, получение

вероятностных характеристик, статистических параметров и других полностью обработанных данных.

Конечный блок 6 (как правило встроенный компьютер) собирает, запоминает и хранит информацию в заранее заданном формате.

Для получения информации могут быть организованы внешние воздействия на объект испытаний с помощью специальных источников 8.

Работа всех блоков системы осуществляется через управляющее устройство 9, Которое действует либо в ручном (ввод «а»), либо в автоматическом (по специальным программам - ввод «б») режимах.

Блок питания 7 вырабатывает напряжение и частоту, необходимые для функционирования различных элементов ИИС.

Конечно, не во всякой ИИС требуется присутствие всех перечисленных блоков, В каждом конкретном случае количество блоков, состав выполняемых ими функций и связи между блоками должны устанавливаться особо. Описанная обобщенная схема с теми или иными изменениями справедлива для различных электрических, механических, гидравлических, пневматических и других измерительных систем, а также для отдельных приборов.

При составлении измерительной схемы, содержащей комплекс аппаратуры или отдельные приборы, необходимо не допускать искажения первоначально принятой и проверенной структуры ИИС, чтобы сохранить на весь период испытаний неизменными ее динамические характеристики и избежать дополнительных погрешностей измерения. Если аппаратура подбирается из отдельных приборов и устройств, то необходимо строго придерживаться принципа их сопоставимости по входным и выходным параметрам, так как от этого зависит точность измерений. При неправильно подобранной и соединённой моноблочной аппаратуре могут быть существенно искажены результаты опытов, вплоть до полной потери измеряемого сигнала. Поэтому сравнимость и достоверность получаемых результатов в любом случае зависят от тщательного анализа характеристик выбираемой аппаратуры и правильного составления всего измерительного комплекса.

Основными требованиями, предъявляемыми к измерительной аппаратуре и оборудованию при моноблочном их использовании, являются:

- заданная точность измерения параметров;
- ~ необходимое быстродействие;
- необходимая чувствительность;
- широкий диапазон измеряемых величин;

- возможность автоматической обработки результатов;
- простота и удобство наблюдения и фиксации процессов;
- дистанционность управления;
- широкие пределы измерения процесса;
- простота и удобство монтажа на автомобиле;
- длительность работа;
- виброустойчивость;
- стабильность показаний в реальных условиях испытаний при неизбежных вибрациях объекта исследований, колебаниях напряжения в энергосети, изменениях температуры и других внешних факторах;
- работа в широком диапазоне температур;
- высокая перегрузочная способность;
- малые габариты и вес;
- работа от различных источников питания;
- простота и удобство настройки и регулировки;
- безопасность в работе.

Выбор средств измерительной техники следует увязывать с требованиями точности, чувствительности, быстродействия, стабильности работы и характером проводимых испытаний, не ужесточая их без необходимости, так как в комплексе они не совместимы и нужно находить компромиссное решение.

При проведении дорожных испытаний возникает необходимость размещения измерительной техники непосредственно на автомобиле. Чаще всего аппаратура располагается в салоне легкового или в кабине грузового автомобиля. Объясняется это удобством непосредственного управления процессом измерения, когда невозможно использовать дистанционный привод. Вся необходимая аппаратура и вспомогательные устройства должны быть надёжно закреплены с учётом удобства работы оператора, а также виброизоляции, защиты от пыли, грязи и влаги.

Размещение измерительной техники не должно нарушать рабочее пространство водителя, требования безопасности и охраны труда.

Согласно ГОСТ 16 263-70 "Метрология. Термины и определения" под измерением понимается нахождение опытным путём с помощью технических средств значений физической величины, которые выбираются из принятой шкалы делений. Проще говоря, измерением называется процесс сравнения измеряемой величины с однородной величиной (мерой), принятой за единицу шкалы.

При измерении сложных процессов, быстротекущих явлений непосредственное сравнение со шкалой (с мерой) затруднительно. В

таких случаях измеряемые параметры преобразуются в другие величины (преимущественно в электрические) и сравниваются с новыми единицами измерения.

Измеряемая величина, определяемая функционированием объекта измерения, воздействует на первичный элемент, где происходит преобразование её в пропорциональный электрический сигнал. С выхода первичного преобразователя сигнал поступает последовательно в ряд промежуточных преобразователей, в которых выполняются дальнейшие масштабные, функциональные и другие преобразования с обработкой и вычислением конечного результата. Конечным элементом измерительной системы является устройство запоминания, хранения и выдачи (при необходимости) полученной информации.

Путь, который проходят электрические сигналы полезной информации в процессе своего преобразования, называется измерительным трактом, измерительным каналом или каналом информации.

В общем случае в процессе измерения определяется числовое значение X , показывающее во сколько раз или на сколько измеряемая величина A отличается от единицы измерения a

$$X = \frac{A}{a}; \quad X = A - a.$$

По способу получения числового значения X различаются *прямые, косвенные и совокупные* методы измерения.

Прямые измерения заключаются в непосредственном сравнении измеряемой величины с мерой, в том числе путём использования измерительных приборов, проградуированных в единицах измерения данной физической величины.

В практике измерений *прямые* методы осуществляются:

1) методом непосредственной оценки с помощью мер или измерительных приборов (например, длину - линейкой, давление - манометром, температуру - термометром и т. д.);

2) дифференциальным (разностным способом), когда числовое значение получают как разность между измеряемой и известной величинами (например, разность Давлений - дифференциальным манометром, пьезометром, разность силы тока - логотроном и т. д.);

4.2 Стендовые испытания

В процессе создания, доводки и текущего производства автомобилей и тракторов, их модернизации, улучшения конструктивных и эксплуатационных характеристик, постоянного контроля работоспо-

способности и повышения качества полнокомплектные машины, их агрегаты и системы подвергаются разнообразным испытаниям. Во время этих испытаний, которые подразделяются на два основных типа – дорожные (полигонные) и стендовые, определяются различные конструктивные и эксплуатационные параметры и характеристики автотранспортной техники. Стендовые испытания автомобилей и тракторов, их агрегатов и систем, узлов и деталей получают всё большее развитие и применение, а во многих экспериментальных работах постепенно заменяют натурные испытания в естественных эксплуатационных условиях при решении ряда сложных вопросов повышения технического уровня машин. При проведении натурных испытаний машин из-за большого количества неучитываемых внешних воздействий и побочных явлений часто невозможно получить точные количественные оценки – основу для выработки мероприятий по улучшению конструкций автомобилей.

Обычно во время работы сложных агрегатов и систем машин их технические характеристики (конструктивные и эксплуатационные параметры, прочностные свойства, изнашивание и усталость отдельных элементов, шумность работы, вибрации и др.) определяются наличием взаимосвязей между ними, поэтому только комплексные совместные испытания агрегатов в стендовых условиях дают достаточно полное представление о природе эксплуатационных недостатков и путях их устранения.

Современные стендовые испытания позволяют получать в необходимом объёме достоверные результаты при меньших финансовых, трудовых и временных затратах в оценке самых различных параметров и характеристик испытываемых объектов. Поэтому в настоящее время заметно возросла роль стендовых испытаний автомобилей, их агрегатов и систем как на стадии проектирования новых конструкций, так и при модернизации выпускаемых моделей. Испытания на стендах отличаются от других видов испытаний высокой стабильностью задаваемых и поддерживаемых условий нагружения, температурных воздействий, влажности, запыленности и других внешних факторов, влияющих на функционирование конструкций. Помимо этого в стендовых условиях обеспечивается высокая точность регулирования различных параметров и воздействий, а также возможность углубленных и длительных наблюдений за рабочими процессами в одинаковых условиях, в том числе в труднодоступных местах. Только стендовые испытания позволяют полностью автоматизировать весь цикл экспериментов. Кроме того, эти испытания позволяют обеспечивать повышенную точ-

ность не только измерения, но и обработки опытных данных с последующим их документированием и хранением.

Для получения достоверных результатов стендовых испытаний, сопоставимых по основным показателям с результатами испытаний в реальных условиях эксплуатации, должны соблюдаться два главных принципа. Во-первых, при стендовых испытаниях должны учитываться все наиболее существенные связи и силы взаимодействия машины с внешней средой, поэтому объект испытаний должен рассматриваться как обязательная составная часть взаимосвязанной динамической системы «машина – окружающая среда». Во-вторых, при стендовых испытаниях отдельных сборочных единиц должны учитываться, с одной стороны, их наиболее существенные связи с машиной, как системой более высокого иерархического уровня, а с другой – со сборочными единицами такого же уровня (например, коробки перемены передач – с муфтой сцепления и ведущим мостом, где выходные параметры муфты сцепления являются входными для испытываемой коробки передач, а выходные данные последней – входными для ведущего моста).

В тоже время отдельные виды, программы и условия стендовых испытаний и исследований часто лимитируются некоторыми довольно существенными технико-экономическими ограничениями. Например, имитационные стенды для испытаний полнокомплектных машин с высоким значением ресурса сами должны располагать надёжностью во много раз превышающей надёжность объектов испытаний (с учётом всех элементов машины).

Кроме того, проведение стендовых испытаний не должно оказывать разрушающего воздействия на капитальные строения и не вызывать вредного влияния на окружающую среду и обслуживающий персонал, в том числе не вызывать профессиональных заболеваний работников. Это всегда требует значительных затрат на создание специальных помещений, на изготовление и установку стендов с применением высокопрочных материалов, использования больших энергетических установок и эффективных амортизирующих устройств. Кроме того, нельзя забывать, что стенды, даже при наличии большого количества и разнообразия их типов, не могут конкурировать с дорожными испытаниями машин по объёму получаемой реальной информации особенно, когда в дорожных испытаниях могут одновременно участвовать десятки машин. Помимо этого, воспроизводство внешних воздействий имитируется на стендах приближённо, в ограниченных пределах и диапазонах.

Следует учитывать и большие затраты на периодическое обслуживание стендов, на необходимость их постоянной модернизации. Поэтому стендовые испытания, как правило, сочетаются с полигонными и дорожными, но преобладают на стадии доводки конструкций и используются для контроля номинальных характеристик агрегатов и систем, а также качества комплектующих изделий. В общем случае стендовые испытания классифицируются по видам и номенклатуре выполняемых работ, по этапам проведения, по целевому назначению, по условиям и объемам экспериментальных работ, по нагрузочным режимам и делятся на группы:

- испытания отдельных деталей;
- испытания отдельных узлов, агрегатов и систем;
- испытания полнокомплектных машин;
- испытания доводочные, функциональные, приёмочные, технологические, контрольные, сравнительные, аттестационные, приёмодаточные, ресурсные, усталостные, научно-исследовательские, климатические, специальные и различные определительные.
- испытания статические и динамические;
- испытания на эксплуатационных режимах и ускоренные;
- испытания на универсальных установках и на специализированных стендах;
- испытания с разрушением и без разрушения.

Как правило, стендовые испытания применяются в следующих случаях:

- 1) при невозможности воспроизведения статического или квазистатического нагружения в других видах испытаний;
- 2) при необходимости создания и длительного поддержания внешних условий, идентичных реальным эксплуатационным условиям (температуры, влажности, запылённости, уровня вибраций и др.);
- 3) при необходимости имитации нагрузочных процессов работы машины или её агрегатов и систем, близких к реальным эксплуатационным режимам в различных дорожно-эксплуатационных условиях;
- 4) при необходимости повторного и многократного воспроизведения исследуемых режимов работы с учётом реально возможных износ элементов агрегатов и всех сборочных единиц;
- 5) при исключении неучитываемых внешних воздействий;
- 6) при проведении ускоренных испытаний;
- 7) при возможно полной автоматизации испытаний;
- 8) при необходимости обеспечения соответствующей точности измерений и регистрации отдельных параметров;

9) при испытаниях узлов, агрегатов и систем по специальным программам и методикам или в специальных условиях;

10) при длительных испытаниях с повторяемыми характеристиками нагрузок в одинаковых условиях;

11) при поддержании постоянными амплитудно-частотных нагрузений;

12) при расчленении нагрузок по величине и характеру воздействия на объект испытаний в соответствии с программой их поэтапных изменений.

В любой конструкции эксплуатационная надёжность часто ограничивается отдельными узлами или деталями. Как было указано выше, повышение прочности и долговечности слабого звена ведёт к повышению надёжности всего узла, агрегата или системы. В этом случае эксплуатационную нагруженность отдельной детали или узла легче воспроизвести на стенде, причём более точно, чем при стендовых испытаниях целого агрегата или системы. Это позволяет довольно просто решать многие вопросы, связанные с повышением качества изделий, разработкой более совершенной технологии их изготовления, оценкой конструктивных характеристик, имитируя эксплуатационные режимы работы машины в целом. В этом проявляется несомненное преимущество стендовых испытаний.

Характеристики агрегатов и систем автомобилей определяются в основном режимами их работы и внешними воздействиями, главными из которых являются параметры рабочих процессов, нагрузки от двигателя, от макро- и микропрофиля дорог, от внешних условий, скоростные режимы движения, вибрационные факторы, взаимодействие со смежными механизмами др. Поэтому очевидно, что имитация на стендах такого разнообразия воздействий – задача весьма сложная. К испытательным агрегатным стендам предъявляется целый комплекс требований, определяющих их функциональные возможности:

1) точное выполнение заданной программы испытаний;

2) обеспечение стабильности условий и режимов испытаний;

3) выдача результатов с заданными точностью и быстродействием;

4) обеспечение полноты получаемой экспериментальной информации;

5) обеспечение возможности ручного и автоматического управления;

6) обеспечение длительности работы, превышающей долговечность самого объекта испытаний;

7) имитация реальных эксплуатационных режимов работы с максимально возможной достоверностью;

8) обеспечение безопасности жизнедеятельности в процессе испытаний;

9) возможность работы при различных температурных режимах.

Стенды, применяемые в настоящее время для испытаний агрегатов и систем автомобилей, обычно выполняются по схеме с прямым потоком мощности или по схеме с замкнутым контуром мощности. На стендах с прямым потоком мощности объект испытаний устанавливается, как правило, между балансирным электродвигателем и тормозным устройством (например, генератором).

Для создания и поддержания в процессе испытаний условий, соответствующих реально действующим в эксплуатации, мощностные возможности электродвигателя и тормозного устройства должны быть больше максимальной мощности, которой может нагружаться испытываемое изделие. Именно поэтому такие стенды в большинстве случаев громоздки, требуют больших площадей для размещения и обладают высокой стоимостью. Для повышения экономичности подобных стендовых установок часто используется явление рекуперации мощности. Установки такого типа для испытаний различных агрегатов трансмиссии (коробок передач, раздаточных коробок, коробок отбора мощности, главных передач и т.п.) широко применяются в практике мирового автомобилестроения в связи с тем, что при указанной схеме можно автоматизировать процесс испытаний путём установки довольно простых электронных программирующих устройств, позволяющих создавать различные сочетания крутящих моментов и угловой скорости при любой последовательности их чередования. В этом случае режимы стендовых испытаний максимально приближаются к реальным эксплуатационным, что даёт возможность более полно и объективно исследовать и анализировать параметры и характеристики не только отдельных деталей, но и узлов, агрегатов, систем, а также машин в целом.

Для испытаний агрегатов машин наиболее часто применяются стенды с замкнутым контуром мощности. При этом может быть использован двигатель значительно меньшей мощности, чем на стенде с прямым потоком мощности, и, кроме того, отпадает необходимость в тормозных устройствах. К недостаткам таких стендов следует отнести использование нагрузочных устройств с громоздкой дополнительной механической системой, которая подвержена износу и усталостному разрушению при длительных испытаниях. Кроме того, эта система

затрудняет программирование испытаний и не позволяет реализовывать чередование нагрузок с таким быстродействием, какое получают на стендах с прямым потоком мощности.

В современных стендах, применяемых для упрощенных испытаний на постоянных режимах, нагружение осуществляется более простым механическим устройством, а возникающий в контуре крутящий момент контролируется специальными приборами. В качестве такого контрольного прибора иногда используются специальные весы с циферблатом, показывающим реактивный момент на испытываемом агрегате.

В тех случаях, когда стенд оборудован системой, автоматически поддерживающей в заданных пределах циркулирующий в контуре крутящий момент, в качестве силоизмерителя можно использовать торсиометр, который выдаёт электрический сигнал, пропорциональный действующему крутящему моменту. Такие стенды чаще всего оборудуются электродвигателем, который перед пуском разобщается с установкой посредством фрикционной муфты типа автомобильного сцепления. После достижения электродвигателем номинальной угловой скорости сцепление плавно включает стенд. Маховые массы сглаживают колебания угловой скорости валов стенда, что позволяет устанавливать электродвигатель небольшой мощности и поэтому с небольшими габаритами и весом. Нагрузка на испытываемый агрегат выбирается обычно близкой к максимально возможной в условиях эксплуатации (например, равной максимальному крутящему моменту двигателя) и регистрируется суммарное число оборотов, которое испытываемый агрегат выдерживает до разрушения. При такой методике испытаний режим нагружения значительно отличается от реального эксплуатационного в сторону ужесточения. Поэтому при таких испытаниях нет строгого соответствия между характеристиками рабочих процессов в стендовых условиях и в условиях эксплуатации, что несомненно является недостатком подобных стендов.

Включение в конструкцию стенда с замкнутым контуром устройства со вспомогательным нагружающим электродвигателем и фрикционной муфтой позволяет широко менять режимы работы замкнутого контура и проводить эксперименты по заданной программе изменения нагрузок на объект испытаний. Одновременно можно по заданной программе изменять угловую скорость вращения и параметры амплитудно-частотных воздействий, что значительно расширяет возможности стенда с точки зрения диапазона его эксплуатационных

характеристик. Это особенно важно при автоматизации процесса испытаний на стенде.

4.3 Испытания тягово-скоростных свойств

4.3.1 Испытания тягово-скоростных свойств автомобиля

При испытаниях тягово-скоростных свойств автомобилей установлена следующая номенклатура показателей (ГОСТ 22576-90):

- скоростная характеристика «разгон–выбег»;
- характеристика разгона на высшей и предшествующей передачах;
- скоростная характеристика на дороге с переменным продольным профилем; максимальная скорость;
- условная максимальная скорость; время разгона на пути 400 и 1000 м;
- время разгона до заданной скорости.

АТС, предназначенное для испытаний, должно быть исправным, укомплектованным, заправленным ГСМ в соответствии с нормативно-технической документацией. Двигатель, трансмиссия и шины должны пройти надлежащую обкатку в соответствии с инструкцией предприятия-изготовителя и иметь пробег, включая обкатку, не менее 3000 км.

Износ шин на АТС не должен превышать 50 %. Шины не должны иметь повреждений. Давление в шинах должно отвечать требованиям предприятия-изготовителя. Давление измеряют и регулируют на "холодных" шинах. В процессе испытаний АТС регулирование давления не допускается.

Окна и вентиляционные люки при проведении испытаний должны быть закрыты, мягкий откидной верх или тент должен находиться в рабочем положении.

Агрегаты и механизмы (дополнительный ведущий мост, коробка отбора мощности и др.), не применяемые во время движения по дороге с усовершенствованным покрытием, должны быть выключены; при наличии демультипликатора должна быть включена его повышающая передача.

Устройство для подогрева воздуха системы питания, не имеющее автоматического управления, должно быть установлено в положении "Лето". Системы отопления салона (кабины) и кондицио-

нирования воздуха должны быть выключены. Допускается использование этих систем при сравнительных испытаниях зимой.

При испытаниях должна применяться:

- полная масса груза - для АТС полной массой свыше 3,5 т;
- половина массы груза, но не менее 180 кг - для АТС полной массой до 3,5 т включительно.

В качестве груза применяют негигроскопичные балласт или натуральные грузы для грузовых автомобилей и манекены или балласт (мешки с сыпучим наполнителем) для легковых автомобилей и автобусов. Распределение массы по осям (колесам) должно соответствовать требованиям технической документации.

Испытания тягово-скоростных свойств автомобилей делятся на стендовые и дорожные, которые дополняют друг друга.

При *стендовых* испытаниях может быть применен больший объем измерительной аппаратуры. При этом виде испытаний более оперативно получают результаты экспериментальных исследований, поскольку обработка данных с помощью вычислительных машин может вестись параллельно проведению эксперимента.

Дорожные испытания проводят при следующих условиях окружающей среды: скорость ветра не более 3 м/с; отсутствие осадков; температура окружающего воздуха от -5 до $+25$ °С.

Погрешности измерительной аппаратуры должны составлять для датчиков скорости ± 1 , времени и пути $\pm 0,5$. Перед проведением испытаний определяют весовые показатели автомобиля, коэффициенты сопротивления качению и сцепления шин с дорогой. Непосредственно перед началом испытаний все агрегаты автомобиля должны быть прогреты пробегом в течение 0,5...1 ч, а в период испытаний температура охлаждающей жидкости и масла должна поддерживаться в установленных пределах.

Измерительный участок дороги для определения максимальной скорости должен быть горизонтальным, прямолинейным, с цементно- или асфальтобетонным покрытием, длиной не менее 1 км (допускаются неровности не более 0,5 % на участках до 50 м) (рис. 58).

Испытательные заезды проводят на высшей передаче в двух противоположных направлениях, за исключением испытаний на дороге с переменным продольным профилем (рис. 58). Скорость устанавливают до начала измерительного участка не менее чем за 200 м. Условную максимальную скорость определяют по времени прохождения последних 400 м при разгоне автомобиля (автопоезда) с места на пути 2000 м.

Характеристику «разгон–выбег» определяют путем разгона с места до наибольшей скорости на пути 2 км и выбега до остановки. Скоростную характеристику разгона на высшей (предшествующей) передаче определяют при разгоне с минимальной установившейся скорости на данной передаче путем резкого и полного нажатия на педаль подачи топлива и удержания ее в таком положении до конца разгона.

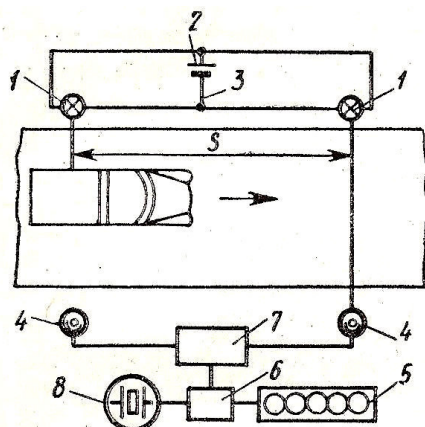


Рисунок 58 - Схема измерения максимальной скорости движения автомобиля:

1 - лампы освещения; 2 - источник тока; 3 - фотоэлементы; 4 - импульсные счетчики; 5 - блок управления импульсными счетчиками; 6 - триггер управления блоком импульсных счетчиков; 7 - кварцевый генератор

При определении скоростной характеристики на дороге с переменным продольным профилем испытательный участок должен быть длиной 13...15 км, иметь один подъем и один спуск длиной по 500...700 м с уклоном 4,5 %. Радиусы кривых в плане – не менее 1 км. Пробег осуществляется с наиболее высокой скоростью, но не превышающей допустимую (в том числе на спусках). На подъемах не допускается чрезмерное падение скорости.

Время разгона на участках 400 и 1000 м определяют путем измерения при разгоне с места, а время разгона до заданной скорости – путем записи параметров разгона с места. Для легкового автомобиля заданная скорость составляет 100 км/ч (27,7 м/с), для микроавтобуса и

автомобиля малой грузоподъемности – 80 км/ч (22,2 м/с), для автобуса, грузового автомобиля и автопоезда – 60 км/ч (16,68 м/с).

Тяговые свойства определяют на динамометрической дороге полигона. Дорога максимально защищена от ветра. Тяговые свойства проверяются на подъемах различной величины уклона (рис. 59, б)



а)



б)

Рисунок 59 - Динамометрическая дорога полигона НАМИ:
а - прямой отрезок; б - подъемы разного уклона

Аппаратура для дорожных испытаний. При испытаниях тягово-скоростных свойств автомобилей широко применяют цифровую аппаратуру. По информации датчика получают данные о пути, скорости, ускорении и времени движения автомобиля при различных программах испытаний.

В качестве источника первичной информации обычно используют прибор «пятое колесо» (рис. 60, 61), на валу которого установлен фотоэлектрический или индукционный датчик. Базовая платформа 2 пятого колеса крепится к буферу или раме автомобиля зажимом 1. На платформе расположен карданный шарнир 4, одна из вилок которого связана с дышлом 5. Прижимание колеса к дороге обеспечивается пружиной 3 между дышлом и опорной платформой. С валом колеса связан датчик 6 импульсов.

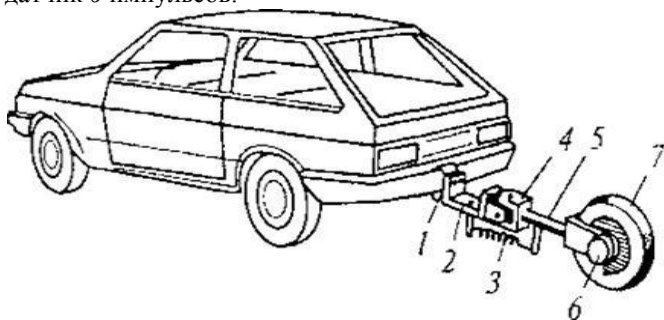


Рисунок 60 - Прибор «пятое колесо»:

1 – зажим; 2 – базовая платформа; 3 – пружина; 4 – карданный шарнир; 5 – дышло; 6 – датчик импульсов; 7 – колесо

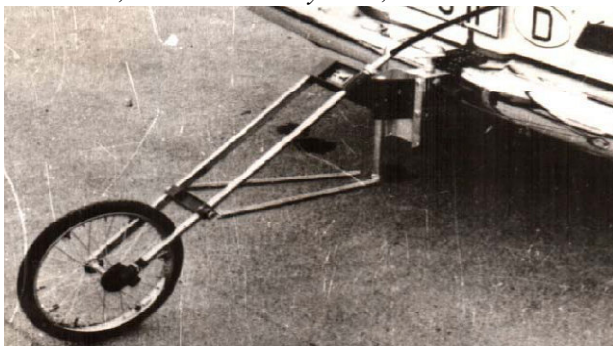


Рисунок 61 - Прибор «пятое колесо» фирмы Peiseler

Сигналы от датчиков импульсов поступают к цифровой регистрирующей аппаратуре, где происходит их фиксирование и обработка.

Стенды для испытаний. Для испытания тягово-скоростных свойств автомобиля в лабораторных условиях используют стенды роликового или барабанного типа.

На *роликовом стенде* (рис. 62) сопротивление качению значительно больше сопротивления качению по дороге из-за значительной деформации шин в зоне контакта с опорной поверхностью.

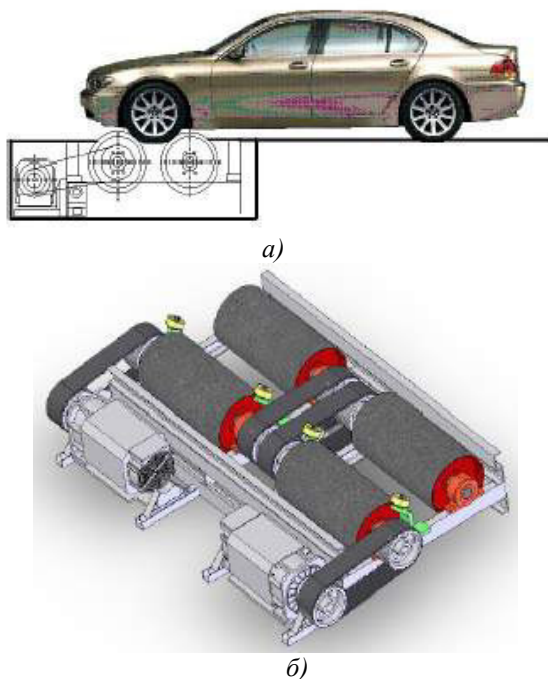
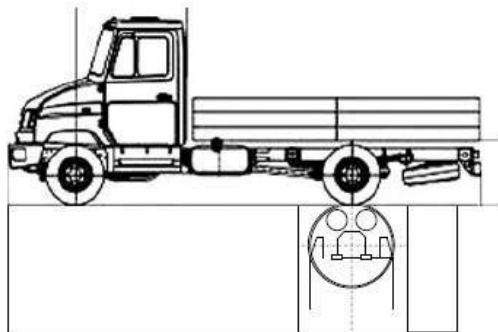


Рисунок 62 - Стенды для испытаний тягово-скоростных свойств автомобиля:

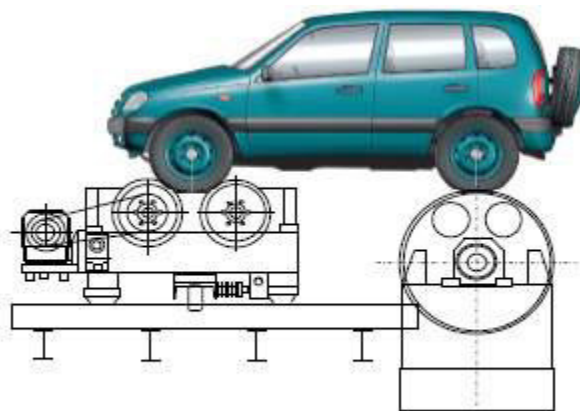
а – роликовый; б – устройство роликового стенда

На *барабанном стенде* (рис. 63, а) условия качения шины меньше отличаются от условий качения по плоской дороге. Чем больше диаметр барабана, тем условия качения ближе к условиям эксплуатации.

На стендах должно имитироваться полное сопротивление движению автомобиля. В основу работы стендов положен принцип обратимости движения, т. е. испытуемый автомобиль неподвижен, а «дорога» движется под ним со скоростью, зависящей от режима работы двигателя и включенной передачи.



а)



б)

Рисунок 63 - Стенды для испытаний тягово-скоростных свойств автомобиля:

а - барабанный; б - комбинированный для исследований полноприводных автомобилей

При испытаниях на установившихся режимах движения, для которых могут применяться роликовые стенды, нагрузка на автомо-

биль создается гидравлическим или индукторным тормозом либо балансирующим генератором (рис. 64).

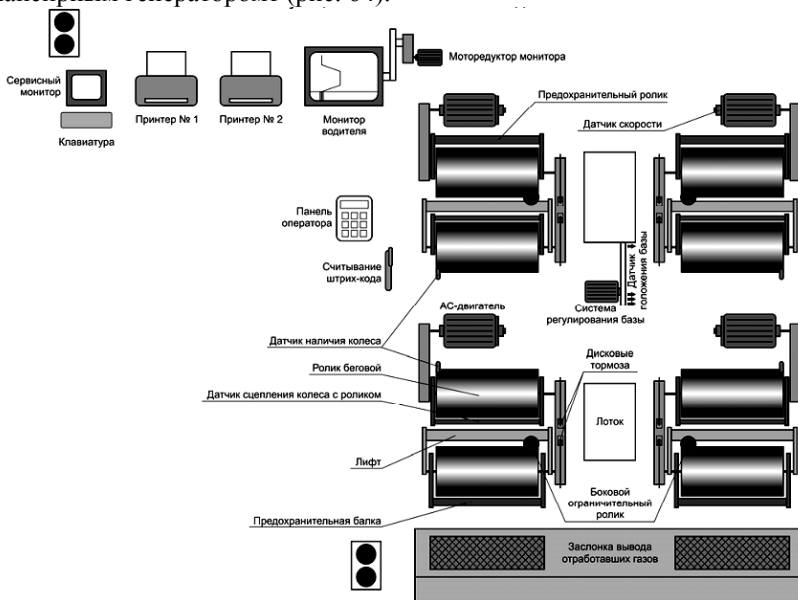


Рисунок 64 – Функциональная схема стенда

Испытания автомобиля *на неустановившихся режимах* осуществляются в основном с помощью электрических генераторов, работающих в режиме тормоза. При испытаниях на неустановившихся режимах движения в каждый момент разгона автомобиля сопротивление движению, развиваемое тормозом на беговых барабанах, должно быть равным сопротивлению, преодолеваемому автомобилем в реальных дорожных условиях. Моделирование закона нагружения такой функциональной зависимости осуществляется с помощью электронно-вычислительной машины.

Испытания на стенде имитируют реальные условия движения автомобиля. С помощью измерительной аппаратуры определяют показатели тягово-скоростных свойств автомобиля.

В условиях полигона максимальную свободную силу тяги на буксирном крюке определяют у автомобилей, предназначенных для работы с прицепом, прицепными системами и в первую очередь у полноприводных автомобилей на горизонтальном участке дороги с твер-

дым ровным покрытием (асфальтобетон, цементобетон), имеющим высокий коэффициент сцепления.

При опыте испытуемый автомобиль буксирует другой автомобиль равного или большего веса или динамометрический прицеп. Потребное для буксировки усилие изменяют путем торможения буксируемого автомобиля двигателем с включением одной из промежуточных или низших передач, а в случае необходимости тормозом-замедлителем (при его наличии) или рабочим тормозом. При использовании динамометрического прицепа его колеса затормаживаются имеющимся на прицепе тормозом, обычно гидродинамическим. Для определения усилия в сцепке применяют тяговый динамометр с записывающим устройством.

После установки и проверки аппаратуры испытуемый автомобиль при включенной нижней передаче начинает буксировать ведомый с постепенным повышением его силы сопротивления и соответствующим возрастанием силы тяги путем увеличения подачи топлива у ведущего автомобиля вплоть до максимальной. Сила тяги на крюке регистрируется самопишущим динамометром в виде зигзагообразной кривой, отражающей постепенное увеличение силы тяги и рывки, вызываемые проскальзыванием колес по опорной поверхности и крутильными колебаниями в трансмиссии автомобиля. Наивысшая точка средней кривой, проведенной на полученной записи, определяет максимальную силу тяги. Повторением опыта убеждаются в достоверности полученного результата. В протоколе отмечают, чем ограничивается максимальная сила тяги и при какой скорости она достигнута.

Минимальную устойчивую скорость автомобиля при испытаниях определяют на двух последовательно расположенных участках по 100 м каждый с расстоянием между ними 200-300 м.

До въезда на первый участок скорость движения автомобиля уже должна быть постоянной.

На промежуточном участке скорость увеличивают до 5-7 м/с путем резкого открытия дроссельной заслонки. Перед входом на второй участок скорость опять снижают.

Максимальную скорость автомобиля определяют при прохождении участка (обычно длиной 1 км) на высшей передаче с полностью открытой дроссельной заслонкой. Для улучшения обтекаемости в период выезда вентиляционные люки и окна должны быть закрыты. Заезд ведут в двух противоположных направлениях.

Скорость, которую автомобиль развивает после разгона с места с переключением передач и при полном открытии дроссельной за-

слонки, определяют на горизонтальном участке длиной 400 м, где автомобиль должен двигаться с постоянной скоростью после разгона на пути длиной 1600 м.

Приемистость автомобиля определяют при разгоне с места и с хода. Разгон с места с переключением передач ведут при полном открытии дроссельной заслонки до достижения требуемой скорости. Разгон на различных передачах производят с заданной начальной скорости до максимальной. При движении на прямой передаче проводят также испытания на приемистость автомобиля путем резкого разгона с начальной скорости 4 м/с до скорости, составляющей 80 % от максимальной на этой передаче.

Прибором для измерения скорости автомобиля может служить тахогенератор, установленный непосредственно на колесе автомобиля или на «пятом» прицепном измерительном колесе (рис. 65).

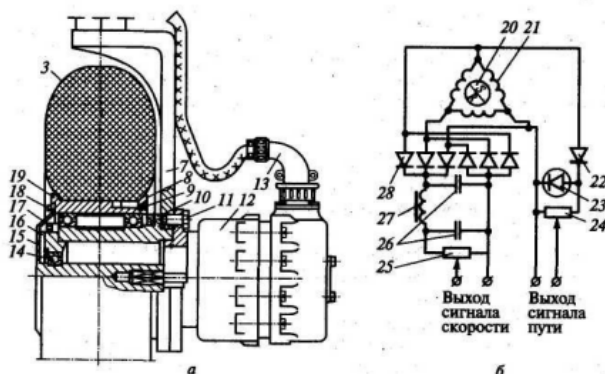


Рисунок 65 - Элементы прибора для определения скорости автомобиля и пройденного им пути:

а - схема привода тахогенератора от пятого колеса, б - измерительная схема формирования электрических сигналов скорости и числа оборотов колеса; 3 - пятое колесо; 7-платформа; 8- запорное устройство; 9 - стопорное кольцо; 10 - прижимная шайба; 11 - болт; 12- тахогенератор; 13 - штепсельный разъем; 14- подшипник; 15- крышка; 16- ось; 17- гайки; 15-подшипник наружный; 19 - диск колеса; 20- якорь тахогенератора; 21 - обмотки тахогенератора; 22 и 28 - диоды; 23- стабилитрон; 24 и 25 - потенциометры; 26 - конденсаторы; 27- катушка индуктивности

Вращение якорю тахогенератора передается от диска колеса через валик, связанный с крышкой 15 и установленный в оси 16 на подшипнике 14. Вывод электрического напряжения осуществляется кабелем, подключаемым к тахогенератору посредством штепсельного разъема 13. При вращении якоря 20 (см. рисунок 65 б) в секциях обмотки 21 возникает электрическое напряжение, сдвинутое по фазе в каждой обмотке на 120° . Амплитуда и частота этого напряжения зависят от частоты вращения якоря. В определенных пределах зависимость выходного напряжения от частоты вращения якоря линейна.

Переменный ток тахогенератора выпрямляется шестью полупроводниковыми диодами 28, которые одним выводом попарно-встречно подключены к выводам секций, а другими одноименными концами соединены по три вместе. На выходе выпрямителя формируется постоянное, но пульсирующее напряжение. Это напряжение сглаживается фильтром, состоящим из катушки индуктивности 27 и двух конденсаторов 26. Пульсации напряжения во внешней цепи уменьшаются. Для регулировки напряжения, подаваемого на регистрирующий прибор, на выходе фильтра включен потенциометр 25. От общего провода фильтра и движка потенциометра выходное напряжение подается на регистратор. При большом сопротивлении потенциометра-регулятора амплитуды выходного сигнала конденсаторы 26 фильтра разряжаются во внешнюю цепь медленно. Это может привести к тому, что после остановки автомобиля конденсаторы еще сохранят заряд и регистрирующий прибор будет фиксировать какое-то напряжение. Поэтому для каждого конкретного испытания параметры тахогенератора, емкости фильтра и сопротивления нагрузки должны быть тщательно согласованы. Это позволит уменьшить постоянную времени фильтра и избежать ошибок при регистрации скорости движения автомобиля. При каждом обороте якоря тахогенератора в каждой из его обмоток возникают электрические синусоидальные импульсы, сдвинутые по фазе. К одной из фазовых обмоток тахогенератора подключают полупроводниковый диод 22, вследствие чего в выходной цепи возникают импульсы тока, амплитуда которых зависит от угловой скорости вращения якоря. Для формирования импульсов постоянной амплитуды выходную цепь диода шунтируют полупроводниковым стабилизирующим диодом 23 (стабилитроном). Параллельно стабилитрону подключают потенциометр 24, служащий делителем напряжения для регулировки амплитуды выходного сигнала. На выходе такой схемы образуются электрические импульсы прямоугольной формы (один импульс за оборот якоря), которые могут быть поданы на реги-

стрирующий прибор для записи. Если колесо автомобиля вращается с большой угловой скоростью, то частота следования импульсов велика, подсчитать их на осциллограмме практически невозможно. В этом случае импульсы записывают не за каждый оборот колеса, а через оборот с помощью релейного или триггерного делителя.

Линейные ускорения автомобиля измеряют акселерометрами - датчиками (см. рис. 66), имеющими инерционную массу 3, установленную в корпусе 1 на пружинах 2, и пневматический демпфер, состоящий из цилиндра 7, соединенного с корпусом, и поршня 8. С инерционной массой жестко связан движок 4 потенциометра 6. Если автомобиль движется без ускорения, натяжение пружин 2 одинаково, и инерционная масса 3 находится в среднем положении.

Если автомобиль движется с ускорением, направленным вдоль измерительной оси АВ, то инерционная масса смещается, растягивая пружины. Смещение массы при постоянном ускорении, пропорциональное этому ускорению, вызывает перемещение движка потенциометра 6, вследствие чего изменяется величина электрического сигнала на выходе. Мостовые измерительные схемы для акселерометра состоят из двух потенциометров 5 и 6. Потенциометр 5 служит для балансировки измерительного моста при нейтральном положении инерционной массы. На крайние точки потенциометров подается питание от батареи, а с движков снимается выходной электрический сигнал.

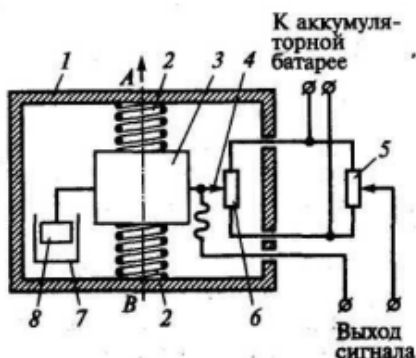


Рисунок 66 - Схема акселерометра для измерения линейных ускорений автомобиля

1 - корпус; 2 - пружина; 3 - инерционная масса; 4-двигок; 5 и 6-потенциометры; 7-цилиндр; 8-поршень

В последние годы используются жидкостные и электронные акселерометры (рис. 67).

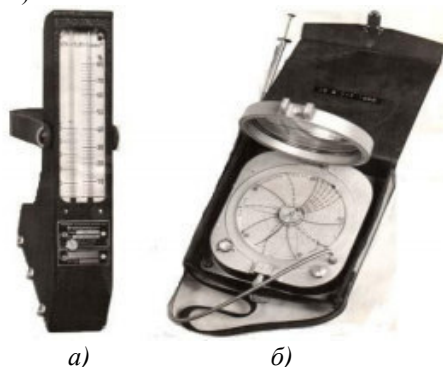


Рисунок 67 - Акселерометры:
а – жидкостный, б – электронный

У гидравлического акселерометра нижняя часть сосуда заполнена ртутью, верхняя маслом, одна шкала – ускорение, вторая – замедление. При ускорении ртуть, как тяжёлая жидкость, смещается и вытесняет подкрашенное масло в указательную трубку ускорений, при замедлении ртуть смещается в другую сторону и вытесняет масло в трубку замедления. В электронных акселерометрах используется принцип тензометрирования. В них на изгибаемой балке с тензодатчиками расположен грузик, который изгибает балку при ускорении в одну сторону, а при замедлении – в другую. Датчики, включённые в измерительную систему, выдают сигнал, адекватный измеряемой величине (ускорению или замедлению).

Тяговые характеристики автомобилей при оценке их динамических качеств определяются в соответствии с действующими нормативными документами, они строго регламентированы и проводятся по общепринятым методикам.

При определении силы тяги измеряют крутящий момент на полуоси ведущего моста. Под действием момента полуось скручивается, при этом угол закручивания пропорционален приложенному крутящему моменту. Для измерения крутильной деформации применяют тензометрические датчики (тензодатчики) (рис. 68).

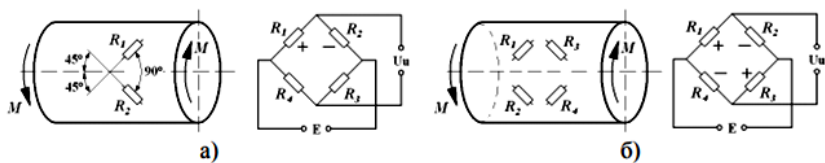


Рисунок 68 - Схемы наклейки тензорезисторов для измерения крутящего момента:

а - двух тензорезисторов; б - четырех тензорезисторов

Относительные перемещения измеряют с помощью тонких колец или пластин, изготовленных из высокоуглеродистой стали (рис. 69). Для увеличения диапазона измерения кольцо или пластину соединяют с подвижными деталями при помощи пружин.



Рисунок 69 - Схема датчика крутящего момента на полуоси автомобиля

Сила, действующая на кольцо, зависит от величины перемещения и жесткости пружины. Тензорезисторы датчика устанавливают с наружной и внутренней стороны кольца диаметрально противоположно. Один из тензодатчиков, направление петель решетки, которого совпадает с линией закручивания полуоси, растягивается, и его сопротивление увеличивается. Сопротивление другого тензодатчика, который сжимается, уменьшается. Отношение изменения сопротивления тензодатчика к изменению длины проводника в зависимости от материала проволоки (нихром, константан, адванс, элинвар) равно 1,9-3,5. Изменение сопротивления датчиков приводит к изменению тока в электрической цепи. Это изменение тока регистрируется.

Относительные перемещения измеряют с помощью тонких колец или пластин, изготовленных из высокоуглеродистой стали (рис. 69). Для увеличения диапазона измерения кольцо или пластину соединяют с подвижными деталями при помощи пружин. Сила, действующая на кольцо, зависит от величины перемещения и жесткости пружины

4.3.2 Определение тормозных свойств автомобилей

Безопасность автомобилей в значительной степени определяется их тормозными свойствами. Разработаны правила, регламентирующие методику проведения испытаний тормозов в лабораторных и дорожных условиях, и требования, предъявляемые к тормозным свойствам автомобиля.

При оценке тормозных свойств учитывают тип автомобиля (транспортного средства). В зависимости от назначения автомобиля подразделяют на три категории:

- М - для перевозки людей;
- N - для перевозки грузов;
- О - прицепы и полуприцепы.

В зависимости от полной массы или числа мест для сидения каждая категория имеет подкатегории.

Тормозные системы рассматривают как рабочую, запасную (аварийную), стояночную и вспомогательную. Критериями оценки эффективности рабочей и запасной тормозных систем являются тормозной путь и замедление, стояночной - уклон, на котором должен удерживаться автомобиль или автопоезд, а вспомогательной - постоянная скорость, которая должна поддерживаться при движении на спуске определенной крутизны и длины.

Испытания тормозных свойств автомобиля проводят на стендах и в дорожных условиях (кроме проверки вспомогательной тормозной системы) при работающем и отсоединенном от трансмиссии двигателе, а также отключенных приводах дополнительных ведущих мостов и разблокированных трансмиссионных дифференциалах (при наличии указанных агрегатов в конструкции АТС).

При испытаниях на стенде тормозные свойства должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51709-2001 (табл. 2).

Перед дорожными испытаниями проверяют состояние шин. Если износ протектора (по высоте) превышает 50 %, шины заменяют и обкатывают при пробеге, составляющем не менее 500 км. Весовая нагрузка, действующая на автомобиль, в зависимости от вида испытаний может быть полной, соответствующей номинальной грузоподъемности, и частичной от масс водителя и испытателя.

На автомобиль устанавливают приборы для измерения пути и скорости, усилия на тормозной педали, замедления, термопары для измерения температуры тормозных механизмов и другие приборы.

Таблица 2

Нормативы эффективности торможения АТС при помощи рабочей тормозной системы при проверках на роликовых стендах

Наименование вида АТС	Категория АТС	Усилие на органе управления, Н	Удельная тормозная сила, не менее
Пассажирские и грузопассажирские автомобили	M ₁	490	0,53
	M ₂ , M ₃	686	0,46
Грузовые автомобили	N ₁ , N ₂ , N ₃	686	0,46
Прицепы с двумя и более осями	O ₁ , O ₂ , O ₃ , O ₄	686	0,45
Прицепы с центральной осью и полуприцепы	O ₁ , O ₂ , O ₃ , O ₄	686	0,41

Вспомогательными испытаниями определяют пути свободного выбега, характеристику тормозного привода (зависимость давления в приводе от усилия, действующего на педали тормоза).

Методика проведения испытаний по определению эффективности тормозов. Для дорожных испытаний тормозов выбирают участок сухой, чистой горизонтальной дороги с уклонами не более 0,5 % с твердым ровным покрытием. Желательно, чтобы коэффициент сцепления на этой дороге был не ниже 0,72-0,75. Метеорологические условия должны быть следующие: скорость ветра не более 3 м/с в любом направлении, температура воздуха 5-30 °С, отсутствие атмосферных осадков в виде дождя, снега и туман.

Непосредственно перед тормозными испытаниями все узлы автомобиля прогревают при движении со скоростью (0,8-0,9) V_{max} в течение 1 ч или более.

Испытания тормозов проводят на режимах типа «0», «I» и «II». Для автомобилей, тормозная система которых имеет ограничитель давления или антиблокировочную систему (АБС), дополнительно проводят испытания в режиме торможения на повороте и в режиме изменения ряда (переставка). Рабочую тормозную систему испытывают на всех режимах, а запасную - только на режиме типа «0».

На режиме типа «0» оценивают эффективность холодных тормозов. Автомобиль разгоняют до скорости, которая больше начальной

скорости торможения на 3-5 км/ч. Перед началом торможения температура тормозных механизмов не должна превышать 100° С. Водитель отключает двигатель от трансмиссии и при достижении начальной скорости быстро нажимает на педаль тормоза с усилием, зависящим от типа автомобиля. Торможение производится до полной остановки. При заносе автомобиля водитель исправляет траекторию, только если это угрожает безопасности движения. В случае отклонения продольной оси автомобиля от направления движения на угол более 8°, а также при выходе автомобиля из полосы шириной 3,5 м устраняют причины заноса и заезд повторяют. Заезды проводятся не менее 3 раз в каждую сторону.

Испытания типа «I» состоят из двух этапов: предварительного, для нагрева тормозов и основного, для оценки эффективности работы нагретых тормозов. Нагрев достигается многократным торможением со скорости $0,8 V_{\max}$ до скорости $0,4 V_{\max}$ с установившимся замедлением 3 м/с^2 . Время между торможениями колеблется в пределах 45-60 с, а число торможений составляет 15-20 (в зависимости от категории и подкатегории автомобиля). На предварительном этапе тормозные механизмы нагреваются значительно, например в легковом автомобиле до 250-270° С, в грузовом средней грузоподъемности до 140-150° С, в тяжелом грузовом до 170- 200 °С. Этот этап можно проводить торможением на спуске крутизной 7% и длиной 1,7 км для поддержания постоянной скорости 40 км/ч.

Основной этап испытаний типа «I» проводят не позднее чем через 45 с после предварительного контрольным торможением, как и в испытаниях типа «0».

В испытательном режиме типа «II» при длительном торможении на затяжном спуске оценивают потери тормозного момента. Предварительный этап проводят при непрерывном торможении на спуске длиной 6 км и крутизной 6% со скоростью $30 \div 5 \text{ км/ч}$. Практика показывает, что трудно найти участок дороги, соответствующий этим требованиям. Поэтому более целесообразно на предварительном этапе использовать метод буксировки на горизонтальной дороге. Для этого применяют автомобиль-тягач с необходимым запасом тягового усилия и достаточным сцепным весом. Устройство сцепки должно иметь элемент для измерения усилия буксировки (рис. 70).

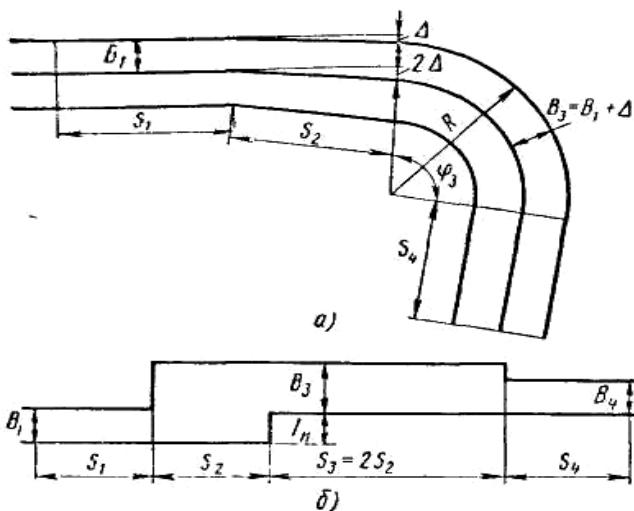


Рисунок 70 - Разметка участка дороги для тормозных испытаний:

а - на повороте; б - при изменении ряда (перестановка)

Необходимая величина этого усилия может быть определена из условия равенства сил, действующих на автомобиль при движении его под уклон и при буксировке.

Оценивают эффективность тормозов на основном этапе контрольным торможением, как при испытании типа «0», не позднее чем через 45 с. Для этого в буксирный прибор включают специальное устройство, которое позволяет расцепить автомобили на ходу без их остановки. На предварительном этапе тормоза сильно нагреваются (так, например, в тяжелых грузовых автомобилях до 280 °С), что приводит к значительной потере их эффективности.

Как показывают испытания, при применении метода буксировки получается значительно меньший разброс результатов, чем в случае нагрева тормозов на спусках.

Эффективность тормозов может снизиться не только за счет нагрева, но и за счет попадающей влаги при движении по мокрой дороге. Для оценки эффективности мокрых тормозов проводят следующие испытания. Предварительно определяют эффективность сухих тормозов трехкратным торможением с постоянным усилием на педали тормоза. Пропустив автомобиль через мелководный бассейн полигона,

начинают серию новых торможений, стараясь выдержать прежний тормозной момент. При этом увеличивают усилие, действующее на педаль тормоза. Циклы торможений повторяют до тех пор, пока усилие, действующее на педаль, не станет равным первоначальному. Число торможений, необходимых для этого, и является оценкой эффективности мокрых тормозов.

Таблица 3

Нормативы эффективности торможения АТС при помощи рабочей тормозной системы в дорожных условиях с использованием прибора для проверки тормозных систем

Наименование вида АТС	Категория АТС	Усилие на органе управления, Н	Тормозной путь АТС, м, не более
Пассажирские и грузопассажирские автомобили	M_1	490	15,8
	M_2, M_3	686	19,6
Легковые автомобили с прицепом без тормозов	M_1	490	15,8
Грузовые автомобили	N_1, N_2, N_3	686	19,6

Дополнительные испытания автомобилей, имеющих ограничители давления в тормозной системе или антиблокировочные системы, проводят при торможении на повороте, в режиме изменения ряда (переставка) и на дороге, на которой коэффициенты сцепления под левыми и правыми колесами различны. Для торможения на повороте дорогу размечают, как показано на рисунке 70 а. Автомобиль проходит участок S_1 прямолинейного движения, переходный S_2 , ширина которого изменяется от B_1 до $B_1 + \Delta$, криволинейный с углом φ , постоянным радиусом R и выходит на конечный прямолинейный участок дороги S_4 .

Торможение при изменении ряда проводят на участке, размеченном в соответствии с рисунком 70 б, также в четыре этапа. Первый участок пути, как и в предыдущем случае, является контрольным, на втором изменяют направление движения, на третьем (переходном) вводят автомобиль в новый ряд и, наконец, на четвертом контролируют прямолинейное движение. Испытания осуществляют с соединенным с трансмиссией двигателем и отключенным от нее, а также с пол-

ной нагрузкой и нагрузкой только от водителя и испытателя. За начальную скорость торможения принимают максимальную скорость, с которой автомобиль проходит заданный участок без заноса и опрокидывания.

Торможение с отключенным двигателем производят следующим образом. Автомобиль разгоняют до скорости несколько больше начальной (на 3-5 км/ч) и при входе на участок испытаний двигатель отключают. При достижении начальной скорости производят эффективное торможение. При торможении с двигателем автомобиль подходит к участку испытаний с заданной начальной скоростью и водитель, быстро перенося ногу с педали подачи топлива на тормозную педаль, производит торможение, не выключая передачи и сцепления. В протоколах этих испытаний кроме обычных параметров торможения фиксируют данные о блокировке колес и отклонении траектории движения от направления, заданного разметкой. На каждом режиме испытывают автомобиль не менее 6 раз.

Дополнительные испытания проводят на дороге, отвечающей общим требованиям на тормозные испытания типа «0». Но основные испытания типа «0» для автомобилей с ограничителем давления или антиблокировочной системой проводят на дороге как с высоким значением коэффициента сцепления (не ниже 0,7), так и с низким (не выше 0,3), а в ряде случаев и с разными значениями коэффициента сцепления на обеих сторонах автомобиля (например, слева 0,7, а справа 0,3).

Показателем эффективной работы вспомогательной тормозной системы является поддержание постоянной скорости 30 ± 2 км/ч на спуске длиной 6 км и крутизной 7 %. При этом допускается торможение двигателем с условием, что его частота вращения не будет превышать частоту вращения при максимальной мощности или по ограничителю. Не допускается использование других тормозных систем для повышения эффективности торможения. При испытании вспомогательной тормозной системы методом буксировки определяют усилие в сцепке на заданной скорости и сравнивают его с величиной, эквивалентной силам сопротивления при торможении на спуске.

Стояночную тормозную систему испытывают при холодных тормозах на крутых спусках. Автомобиль устанавливают на уклоне определенной крутизны и затормаживают стояночным тормозом. В заданном положении он должен удерживаться не менее 5 мин. Не допускается включать передачи для повышения эффективности действия тормоза.

Информация в процессе тормозных испытаний может быть получена непосредственно по приборам и записана на самописцы или осциллограф. Скорость автомобиля и тормозной путь определяют соответственно по тахогенератору и цифровому табло «пятого колеса», а температуру и максимальное замедление - термопарой и деселерометром. Более полная информация заключена в записи различных процессов. В этом случае можно не только определить значение какой-то величины, но и рассмотреть, как она изменяется во времени. Если одновременно записывают несколько процессов, то их можно сопоставить и получить дополнительную информацию.

Если одновременно с замедлением записать давление в системе или усилие на педали, то можно выделить участок длительностью τ_c , на котором происходит запаздывание срабатывания тормозного привода. Величина τ_c не должна превышать 0,2 с.

4.3.3 Испытания тягово-скоростных свойств тракторов

Тяговые испытания колесных тракторов следует проводить при комплектации шинами основного типоразмера, шинами, обладающими максимальной грузоподъемностью, а также спаренными шинами, если технической документацией на трактор предусмотрено применение шин нескольких типоразмеров и их спаривание. Тяговые испытания допускается проводить в одной из зон испытаний.

Тяговые испытания колесного трактора допускается проводить на треке с термокадамовым покрытием вместо бетонного (асфальтового).

Лабораторные испытания тракторов для определения тяговой характеристики трактора проводят на испытательных стендах (рис. 71).

Тяговая нагрузка определяется при прокручивании нагрузочных барабанов стенда от ведущих колес трактора на соответствующей передаче в трансмиссии. В этом случае электрическая машина, нагружающая барабан стенда, работает в режиме генератора, вырабатывая ЭДС, которая рекуперирована в общую электрическую сеть. С помощью жидкостного реостата в цепи генератора можно плавно менять нагрузку на ведущих колесах трактора. Крутящий момент на валу нагрузочного барабана измеряется на стенде КИ-8927 с помощью сельсинной передачи. Сельсин-датчик соединен зубчатой передачей с «подвижным» статором балансирующей электромашинки. Сельсин-

приемник установлен на пульте управления и оборудован стрелочным указателем величины крутящего момента.

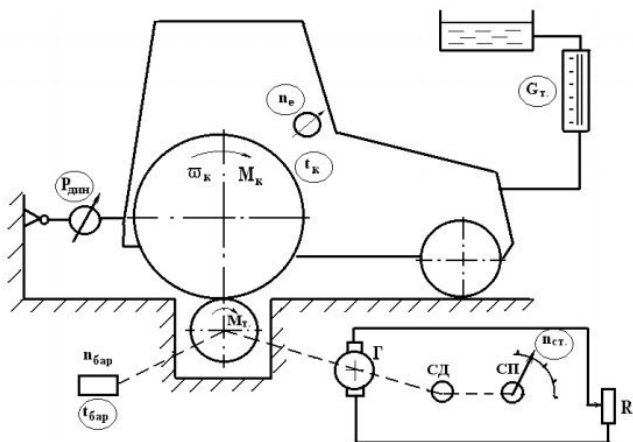


Рисунок 71 - Схема стэнда КИ-8927 для проведения стэндовых испытаний трактора:

Г – электромашина; *R* – нагрузочный реостат; *СД* – сельсин-датчик; *СП* – сельсин-приемник

Для выполнения замеров трактор устанавливается задними колесами на беговые барабаны стэнда и присоединяется к динамометру за крюк, крепится страховочными приспособлениями от несанкционированных перемещений в осевом направлении. При запуске двигателя прогревают трансмиссию, вращая барабаны с помощью ведущих колес трактора. Далее проводят замеры на соответствующих передачах. По полученным данным рассчитывают коэффициент буксования движителей трактора, теоретическую и действительную скорости движения, тяговую мощность и тяговый КПД, удельный тяговый расход топлива. Строится тяговая характеристика испытуемого трактора на разных передачах. Определяются номинальные тяговые усилия и коэффициент запаса тягового усилия на каждой передаче

Тяговые испытания трактора (динамометрирование) необходимы для определения динамических и экономических показателей, проводят на полевых участках. Фонами, на которых проводят тяговые испытания колесных и гусеничных тракторов, являются стерня колосовых культур и поле, подготовленное под посев (таблица 4). Кроме то-

го, для колесных тракторов обязательны испытания на треке с бетонным покрытием, для гусеничных - на глинистой укатанной дороге.

Таблица 4

Фоны для проведения тяговых испытаний тракторов

Виды фонов	Тип трактора	Влажность фона, %	Твердость фона	
			T, МПа	C _{вд}
Асфальт	Колесный	-	-	-
Глинистый трек	Гусеничный	8...15	4...6	5...12
Стерня колосовых	Колесный и гусеничный	8...22	1...1,5	1...3
Поле, подготовленное под посев	Колесный и гусеничный	8...22	0,1...0,7	0,5...1,5

Стерня должна быть высотой не более 15 см. Участок расчищают от пожнивных остатков, следят, чтобы на нем не было свальных и развальных борозд. Влажность почвы на глубине до 10 см должна быть в пределах 8-22 %, твердость - 1 - 1,5 МПа.

Поле под посев подготавливают вспашкой на глубину 20-22 см с последующей сплошной культивацией на глубину 8-12 см. Влажность почвы на глубине до 15 см во время испытаний должна находиться в пределах 8-22 %, а ее твердость - от 100 до 700 кПа.

Уклон участка для динамометрирования не должен превышать 2° в любом направлении. Уклон определяют эклиметром. Для отбивки прямых углов используют эскер.

Замеряют исходные данные тяговой характеристики на пути не менее 50 м при движении трактора со скоростью до 2,5 м/с, и не менее 100 м при скорости свыше 2,5 м/с. Участки пути для подготовительных зачетных проходов трактора отмечают вешками. Справа и слева от концевых вешек под прямым углом к направлению движения трактора ставятся дополнительные, которые позволяют во время опыта визировать момент прохождения трактором начала и конца зачетного участка.

Перед динамометрированием замеряют твердость почвы и ее влажность на глубине 5, 10 и 15 см. Описывают почвенный фон, вид почвы, предшествующую культуру и обработку и т. д. Подготавливают прибор для измерения расхода топлива за опыт, счетчики оборотов

ведущих колес, дистанционный тахометр, дистанционные и ртутные термометры и динамограф.

Для определения расхода топлива за опыт служат расходомеры. Простейший расходомер представляет собой цилиндр, в котором размещен поплавок с направляющим стержнем с указателем. Цилиндр соединяется с топливным баком двигателя трехходовым краном. Расход топлива за опыт при открытом кране фиксируется на шкале указателем стержня. Для удобства наблюдения за количеством израсходованного топлива за опыт мерный бачок ставят в кабине трактора или на динамометрической машине. Вместимость бачка должна обеспечивать измерение расхода топлива за опыт на пути 200 м.

При снятии тяговых характеристик с применением динамометрических лабораторий, оборудованных измерительно-информационными устройствами и приборами для тяговых испытаний с автоматической обработкой результатов, используются импульсные объемные дозирующие расходомеры ИП60М.

Для измерения числа оборотов ведущих колес трактора на них укрепляют автомобильные прерыватели-распределители, включаемые в цепь импульсных счетчиков СБ-1М/100.

Для измерения и фиксирования тягового усилия на крюке трактора служат динамометры и динамографы (рис. 72). Широко применяют гидравлические динамографы, состоящие из силового звена, гидравлической передачи, регистратора и привода. Силовое звено является элементом, воспринимающим измеряемое тяговое усилие на крюке.

При тяговых испытаниях загрузка трактора осуществляется с использованием дизельного трактора или специальной нагрузочной динамометрической машины (рис. 73).

В динамометрических машинах тяговое сопротивление создается установленными на них тормозами различных типов. До динамометрирования трактор проходит очередное техническое обслуживание, а если нужно, то и обкатку.

Сначала с двигателя трактора снимают регуляторную характеристику. Перед первым проходом на участке двигатель около часа прогревают с тем, чтобы его работа была устойчивой. Испытания ведут последовательно на всех передачах. Для каждой передачи проводят 12-14 опытов, в том числе 5-6 с недогрузкой, четыре для выявления максимальной тяговой мощности и 3-4 на режимах перегрузки.

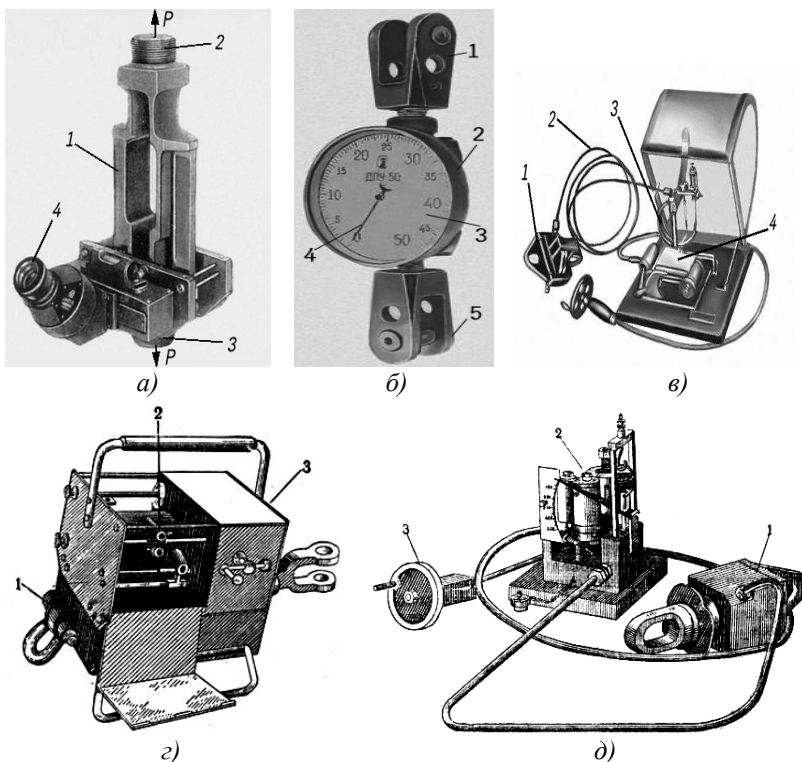
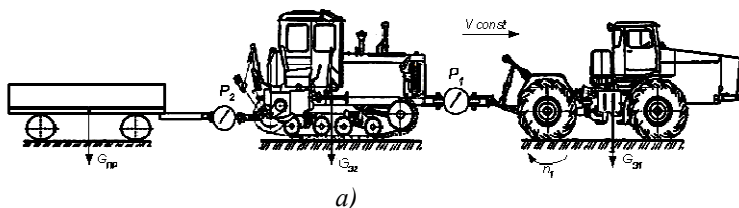
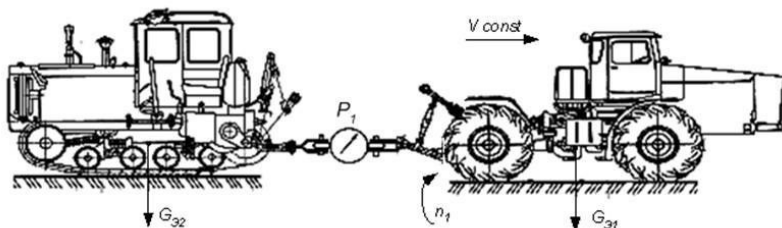


Рисунок 72 - Типы динамометров и динамографов:

а - переносной образцовый динамометр 1-го разряда: 1 - упругий элемент; 2 и 3 - хвостовики для приложения нагрузки P ; 4 - оптическое устройство для наблюдения результатов измерения; б - Рабочий пружинный динамометр растяжения - работомер: 1 и 5 - захваты-проушины для приложения нагрузки; 2 - корпус с ромбовидным упругим элементом; 3 - циферблат со шкалой; 4 - стрелка; в - тяговый гидравлический динамограф: 1 - тяговое звено; 2 - маслопровод; 3 - манометрическая трубка; 4 - записывающее устройство; з - тяговый пружинный динамометр акад. В. П. Горячкина: 1 - рамка прибора; 2 - регистрирующий аппарат; 3 - граммофонный механизм; д - тяговый гидравлический динамометр: 1 - гидравлический пресс; 2 - регистрирующий прибор; 3 - приводной механизм



а)



б)

Рисунок 73 – Виды загрузки трактора при тяговых испытаниях:

а – определение тяговых свойств с обеспечением устойчивости движения; б – при определении усилия при перемещении буксируемого трактора юзом, коэффициентов буксования и сцепления

Каждый опыт, соответствующий определенной нагрузке, проводят по новому следу, начинают и заканчивают по сигналам, подаваемым наблюдателями при прохождении трактором границ зачетного участка.

Испытание трактора на скоростные свойства допускается проводить на треке любого типа, но длина мерного участка должна быть не менее 20 м (рис. 74). Поскольку оборудование для испытаний может быть портативным, возможно измерение скорости на уклонах, на естественном грунте и на обычном дорожном покрытии. Регистр времени устанавливают таким образом, чтобы испытуемая машина имела достаточно длинный подъездной путь к мерному участку для достижения необходимой скорости и достаточное пространство для торможения, разворота и, если требуется, выполнения заезда в обратном направлении. Состояние испытательного трека и машины должно соответствовать требованиям настоящего стандарта.

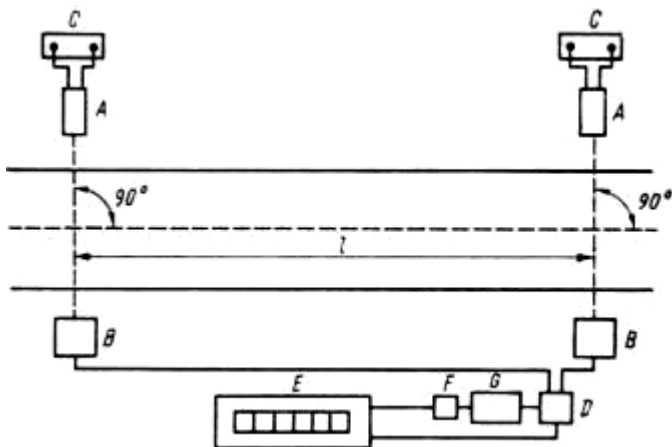


Рисунок 74 - Типовая схема расположения оборудования при измерениях скорости движения машины:

A – источник света; B – светочувствительный транзистор; C – аккумуляторная батарея на 12 В; D – блок управления; E – электронный цифровой счетчик времени; F – преобразователь; G – источник питания (постоянный ток); L – мерный участок испытательного трека

Для горизонтальных испытательных треков максимальный перепад высот между любыми двумя точками трека, отстоящими друг от друга не более чем на 25 м по длине трека, не должен превышать 100 мм.

Поперечный уклон для всех испытательных треков не должен превышать 1:40.

Непосредственно перед испытаниями машина должна быть прогрета пробегом с тем, чтобы двигатель, трансмиссия, масла и охлаждающая жидкость достигли нормальных рабочих температур.

Порядок испытаний. Подготовленную к испытаниям машину подводят к испытательной площадке и проводят по мерному участку трека без каких-либо изменений положений дроссельной заслонки и без переключения передач. Машину ведут в направлении, параллельном продольной оси мерного участка трека. Регистрируют интервал времени, в течение которого одна из точек машины проходит мерный участок.

Испытания проводят не менее трех раз в каждом направлении, если трек горизонтальный, и не менее шести раз в каждом направлении, если требуется определить скорость движения машины по уклону. Скорость ветра при испытаниях в одном направлении не должна превышать 6 м/с. При каждом заезде вычисляют среднюю скорость движения машины по мерному участку, затем вычисляют среднее арифметическое значение всех расчетных скоростей заездов и указывают в протоколе как скорость при испытаниях. Погрешности измерений при испытаниях должны находиться в указанных ниже пределах: длина мерного участка трека $\pm 0,25$ %, интервал времени $\pm 2,0$ %.

Скорость при испытаниях вычисляют как среднее арифметическое значение скоростей не менее чем шести отдельных заездов.

4.3.4 Определение тормозных свойств тракторов

Испытания тормозных свойств трактора проводят в лабораторных условиях на стендах (ГОСТ Р ИСО 5696-2002) (рис. 75, 76) и дорожных условиях.

Тормоза и их элементы, подвергаемые испытанию, должны представлять собой серийную продукцию, соответствующую требованиям, установленным изготовителем. Тормоз должен быть установлен на испытательном стенде.

При проведении лабораторных испытаний используют испытательный стенд который должен давать возможность определять:

- давление, подаваемое к соединительной головке, в килопаскалях;
- силу, получаемую у головки цилиндра, в ньютонах;
- ход штока в метрах.

Испытания состоят из пяти серий (каждая по 20 торможений). Торможение необходимо проводить с интервалами 30-35 с. Между двумя последовательными сериями испытаний делают перерыв для охлаждения тормоза до температуры не более 50 °С.

В дорожных условиях оценочными показателями состояния тормозов гусеничных и колесных машин являются легкость управления и надёжность торможения при различных условиях эксплуатации машин а также плавность включения и выключения тормозов при усилиях в пределах 80-100 Н.

Тормозные системы подвергаются испытанию при максимальной нагрузке, т. е. осуществляют процесс торможения движения машины на определенном участке при определенной скорости. При хо-

довых испытаниях гусеничных и колесных машин тормозные системы проверяют по тормозному пути. Средние значения тормозного пути для колесных тракторов представлены в таблицах 5, 6.



Рисунок 75 - Тормозной стенд испытательного центра Claas



Рисунок 76 - Тормозной стенд RHE-30/10

Таблица 5

Средние значения тормозного пути для колесных тракторов

Колесный трактор	Тормозной путь трактора, м	
	без прицепа	с прицепом
МТЗ-80; МТЗ-82; МТЗ-100; МТЗ-142	6,0/7,2	6,2/7,8
К-700А (К-701 и К-702); Т-150К	6,5/7,8	7,5/9,0

Примечание. В числителе - номинальный тормозной путь, в знаменателе - допускаемый

Таблица 6

Средние значения тормозного пути для тракторов

Масса тяговой машины	Тормозной путь трактора, м		
	без прицепа	с одним прицепом	с двумя прицепами
До 4т	6,0	6,2	7,5
Свыше 4т	6,5	7,5	9,0

Таблица 7

Значения параметров торможения колесных тракторов без прицепов в снаряженном состоянии на различных дорожных покрытиях

Модель трактора	Установившееся замедление, м/с ²			Время запаздывания срабатывания тормозного привода, с	Время нарастания замедления, с		
	Покрытие				Покрытие		
	Асфальтобетон		Грунт сухой		Асфальтобетон		Грунт сухой
	сухой	мокрый			сухой	мокрый	
Т-150, Т-150К, К-700, К-700А, К-701 - 703	7.0	6.2	6.0	0.20	0.70	0.60	0.60
МТЗ-50, МТЗ-50Х, МТЗ-52, МТЗ-80, МТЗ-80Х, МТЗ-82	4.7	3.2	3.0	0.20	0.25	0.20	0.20
Колесные тракторы других моделей (ГОСТ 12.2.019-86)	3.5	-	-	0.15-0.25	0.3-0.4	-	-

Таблица 8**Параметры работоспособности тормозных систем тракторов**

Модель трактора	Давление в тормозной системе, кгс/см ²	Номинальный ход штока, мм	Допускаемый ход штока, мм	Свободный ход тормозной педали, мм	Зазор в ручном тормозе, мм
К-700, К-701	6.8-7.5	30-40	50	10-25	0,3-1,0 (между колодками тормозной ленты и барабаном)
Т-150К	7.3-7.6	15-20	30	-	1,5-2,0 (по всей окружности)

Таблица 9**Номинальный и допускаемый ход педалей тормозов колесных тракторов и самоходного шасси**

Модель трактора, самоходного шасси	Полный ход педалей, мм	
	номинальный	допускаемый
МТЗ-80, МТЗ-80Л, МТЗ-82, МТЗ-82Л	70-90	110
МТЗ-50, МТЗ-50Л, МТЗ-52, МТЗ-52Л	80-100	120
ЮМЗ-6Л, МТЗ-5ЛС, МТЗ-5МС	100-150	200
Т-40, Т-40А, Т-40М, Т-40АМ	50-80	100
Т-25, Т-25М	40-60	80
Т-16М	75-100	120

Стояночная тормозная система должна удерживать машину с отключенной силовой передачей в следующих условиях:

- а) на уклоне 15 % - для тракторов с шарнирно-сочлененной рамой;
- б) на уклоне 20% - для всех других машин.

4.4 Испытания по определению топливной экономичности

ГОСТ 20306 – 85 Топливную характеристику находят при установившихся режимах движения на высшей передаче с изменением скоростей от максимума до минимума с заданными интервалами (10 и 20 км/ч). Кроме того, топливную характеристику определяют на дороге с переменным продольным профилем при неустановившемся режиме работы. В программу испытаний включают измерение расходов топлива при двух скоростях движения с установившимися режимами

работы и при движении по городу с разгонами, изменением скоростей движения и остановками.

АТС, предназначенное для испытаний, должно быть исправным, укомплектованным и заправленным ТСМ в соответствии с нормативно-технической документацией. Двигатель, агрегаты и шины должны пройти надлежащую обкатку в соответствии с инструкцией предприятия-изготовителя и иметь пробег (включая обкатку) не менее 3000 км.

Шины не должны иметь повреждений и износ протектора более 50 %. Давление в шинах должно отвечать требованиям завода-изготовителя. Давление следует измерять и регулировать на «холодных» шинах. В процессе испытаний АТС регулировка давления не допускается.

Окна и вентиляционные люки при проведении испытаний должны быть закрыты, мягкий откидной верх или тент должен находиться в рабочем положении. При испытаниях АТС на стенде с беговыми барабанами диаметром менее 500 мм давление в шинах допускается повышать на 30-50 %. Агрегаты и механизмы АТС, не применяемые во время движения по дорогам с усовершенствованным покрытием (дополнительный ведущий мост, коробка отбора мощности и др.), должны быть выключены; в раздаточной коробке должна быть включена повышающая передача.

Устройство для подогрева воздуха системы питания, не имеющее автоматического управления, должно быть в положении «Лето». Системы отопления и кондиционирования воздуха должны быть выключены. Допускается использование этих систем при сравнительных испытаниях зимой.

При испытаниях должна применяться:

- полная масса груза - для АТС полной конструктивной массой более 3,5 т;

- половина полной массы груза, но не менее 180 кг - для АТС полной конструктивной массой до 3,5 т;

- 100 кг - при определении расхода топлива в городском цикле для легковых автомобилей (включая полноприводные) и автобусов (кроме полноприводных) полной конструктивной массой до 3,5 т.

Измерительные дорожные участки должны быть прямолинейными, горизонтальными, с цементно- или асфальто-бетонным гладким, сухим и чистым покрытием (допустимы продольные уклоны не более 0,5 % на участках длиной не более 50 м, поперечные уклоны не более 3 %) и иметь длину не менее:

- 1000 м для определения контрольного расхода топлива и топливной характеристики установившегося режима;
- 4000 м для определения расхода топлива в магистральном цикле на дороге и расхода в городском цикле на дороге.

Подъездные дорожные участки должны иметь аналогичное покрытие и длину, достаточную для разгона и стабилизации максимальной скорости АТС. Для приемочных испытаний используется динамометрическая дорога автополигона НАМИ.

Измерительный дорожный участок для определения топливно-скоростной характеристики на магистрально-холмистой дороге должен быть расположен на высоте над уровнем моря не более 1000 м, иметь длину 13-15 км, переменный продольный профиль с чередующимися подъемами и спусками длиной до 600-800 м и продольными уклонами до 4 %; радиусы кривых в плане не менее 1000 м. Концы измерительного участка должны быть расположены на одной высоте над уровнем моря (допускаемое отклонение $\pm 0,1$ % длины измерительного участка). Подъездные дорожные участки должны иметь усовершенствованное покрытие. Для приемочных испытаний используется скоростная дорога автополигона НАМИ.

При дорожных испытаниях АТС должны соблюдаться следующие требования:

- скорость ветра не более 3 м/с (при порывах до 5 м/с);
- отсутствие осадков;
- атмосферное давление - не менее 910 гПа (683 мм рт. ст.);
- относительная влажность воздуха не выше 95 %;
- температура воздуха не ниже 3 °С.

Допускается проведение испытаний АТС (кроме межведомственных, приемочных и предварительных) при температурах ниже 3 °С с последующей корректировкой результатов.

Перед испытаниями по определению контрольного расхода топлива, топливной характеристики установившегося движения и топливно-скоростная характеристика на магистрально-холмистой дороге агрегаты и узлы АТС следует прогреть пробегом не менее 50 км при скорости движения не ниже $\frac{2}{3}$ максимальной. При вынужденных простоях АТС в процессе испытаний и снижении температуры агрегатов и узлов необходимо восстановить тепловое состояние дополнительным пробегом.

Перед испытаниями по определению расхода топлива в магистральном цикле на дороге и расхода топлива в городском цикле на дороге тепловой режим агрегатов и узлов АТС должен быть доведен до

рабочего состояния пробегом не менее 30 км при скорости движения не менее $\frac{2}{3}$ максимальной и последующим двукратным проездом измерительного участка с соблюдением заданных в ездовых циклах режимов движения.

Перед испытаниями должно быть проверено отсутствие повышенных сопротивлений движению АТС измерением пути выбега со скорости 50 км/ч. Результаты следует оценивать положительно, если измеренный путь выбега не менее заданного в НТД. Если путь выбега получен при температуре воздуха ниже 3 °С, то его следует скорректировать.

Испытательные заезды на дороге следует проводить в противоположных направлениях движения не менее двух раз в каждом направлении. На кольцевой дороге допускается проводить заезды в одном направлении.

В каждом направлении следует определять время прохождения измерительного участка и количество израсходованного топлива. Результаты измерений следует зафиксировать в протоколе испытаний.

Измерения следует повторить, если разница между полученными результатами в любых двух заездах превышает 5 % большего значения. За результаты измерения следует принимать среднее арифметическое зачетных заездов.

Ездовые циклы на дороге (показатели расхода топлива в магистральном цикле на дороге и расхода топлива в городском цикле на дороге) следует выполнять при соблюдении следующих требований:

- режим разгона с места следует начинать с передачи, используемой при трогании с места и осуществлять при полной подаче топлива;

- при движении с постоянной скоростью отклонение от заданной скорости не должно превышать ± 1 км/ч.

- если заезд в соответствии с операционной картой надо начинать со скорости, отличной от нуля, то она должна быть установлена до начала измерительного участка;

- движение с постоянной скоростью следует выполнять на воз можно более высокой передаче, на которой минимальная устойчивая скорость не превышает текущую, а частота вращения коленчатого вала двигателя при этой скорости превышает минимальную не менее чем на 200 мин^{-1} . Высшую передачу следует включать при скорости движения свыше 40 км/ч;

- разгон в интервалах заданных скоростей следует начинать на одной из наиболее низких передач, на которой номинальная скорость больше начальной скорости разгона не менее чем на 10 км/ч.

В многоступенчатой коробке передач следует использовать наиболее выгодные по режимам движения передачи.

При наличии автоматического управления трансмиссией избиратель скорости должен стоять в положении «Движение».

Отклонение от заданных режимов переключения передач следует зафиксировать в протоколе испытаний.

Если интенсивность разгона АТС такова, что оно не может достигнуть заданной скорости на заданном участке пути, то движение следует продолжать с соблюдением последующего графика заданных скоростей, указанных в приложении 2 .

Режим замедления при торможении двигателем в заданном интервале скоростей и на заданном пути необходимо выполнять при опущенной педали подачи топлива (принудительный холостой ход) на включенной передаче. Если заданная скорость достигается на меньшем участке пути, то надо продолжать движение с этой скоростью, если же она не может быть достигнута (снижена) на заданном участке пути, то нужно применять служебное торможение.

Служебное торможение необходимо выполнять на заданном участке пути (длина пути определена из расчета среднего замедления 1 м/с) при включенной передаче с применением рабочих тормозов. При торможении автомобиля до полной остановки передачу следует выключить при достижении минимальной скорости на данной передаче.

Отсчет расхода топлива и времени движения необходимо проводить в моменты пересечения границ измерительного участка.

Для определения **контрольного расхода топлива** следует измерить расход топлива в заездах АТС по измерительному участку дороги на высшей передаче со скоростями меньше и больше заданной на 2 км/ч. В зависимости от типа АТС и их максимальной скорости устанавливаются следующие значения заданных скоростей движения:

- 40 и 60 км/ч - для городских автобусов и полноприводных автомобилей полной массой свыше 3,5 т;

- 60 и 80 км/ч - для грузовых автомобилей, грузопассажирских (включая полноприводные), автобусов специального назначения, междугородных и дальнего следования, автопоездов полной массой более 3,5 т;

- 90 и 120 км/ч - для легковых автомобилей (включая полно приводные), автобусов и грузовых автомобилей полной массой до 3,5 т.

Если максимальная скорость АТС полной массой до 3,5 т меньше 130 км/ч, то расход топлива при скорости 120 км/ч определять не следует.

Если максимальная скорость АТС меньше заданной или превышает ее не более чем на 5 км/ч, то скорость следует задать ближайшую меньшую, кратную десяти.

Для определения *расхода топлива в магистральном цикле на дороге* следует выполнить заезд АТС по измерительному участку с соблюдением требований операционной карты (таблица 10)).

Таблица 10

Операционная карта определения расхода топлива в магистральном цикле на дороге

Номер операции	Отметка пути, м	Последовательность операций
1	-	Установление постоянной скорости 40 км/ч
2	Нуль	В момент пересечения отметки «нуль» (начало мерного участка) включение одновременно приборов, измеряющих время движения и расход топлива
3	0-100	Движение со скоростью 40 км/ч
4	100-500	Разгон до скорости 70 км/ч и движение с этой скоростью
5	500-700	Замедление двигателем до скорости 60 км/ч, далее движение с этой скоростью
6	700-1300	Движение со скоростью 60 км/ч
7	1300-1900	Разгон до скорости 90 км/ч и движение с этой скоростью
8	1900-2200	Замедление двигателем до скорости 80 км/ч, далее движение с этой скоростью
9	2200-3600	Разгон до скорости 90 км/ч, далее движение с этой скоростью
10	3600-3800	Замедление двигателем до скорости 60 км/ч
11	3800-4000	Движение со скоростью 60 км/ч
12	-	В момент пересечения отметки 4000 и выключение измерительных приборов
13		Занесение результатов измерений в протокол испытаний

Для определения расхода топлива в городском цикле на дороге следует выполнить заезд АТС по измерительному участку с соблюдением требований операционной карты (таблица 11).

Таблица 11

Операционная карта определения расхода топлива в магистральном цикле на дороге

Номер операции	Отметка пути, м	Последовательность операций
1	-	Установление постоянной скорости 30 км/ч
2	Нуль	В момент пересечения отметки «нуль» (начало мерного участка) включение одновременно приборов, измеряющих время движения и расход топлива
3	0-50	Движение со скоростью 30 км/ч
4	50-300	Разгон до скорости 50 км/ч и движение с этой скоростью
5	300-1000	Разгон до скорости 70 км/ч и движение с этой скоростью
6	1000-1300	Замедление двигателем до скорости 50 км/ч
7	1500-1400	Движение со скоростью 50 км/ч
8	1400-2200	Разгон до скорости 70 км/ч и движение с этой скоростью
9	2200-2700	Разгон до скорости 75 км/ч и движение с этой скоростью
10	2700-2900	Замедление двигателем до скорости 65 км/ч
11	2900-3500	Движение со скоростью 65 км/ч
12	3500-3850	Замедление двигателем до скорости 45 км/ч
13	3850-4000	Движение со скоростью 45 км/ч
14	-	В момент пересечения отметки 4000 м выключение измерительных приборов
15	-	Занесение результатов измерений в протокол испытаний

Таблица 12

Операционная карта переключения передач

Номер режима	Наименование режима работы	Скорость, км/ч	Используемая передача	Время работы на передаче, с
1	Холостой ход	-	Н/ K_1	6/5
2	Разгон	15	1	4
3	Постоянная скорость	15	1	8
4	Замедление	15-10	1	2
5	Замедление с выключенным сцеплением	10-0	K_1	3
6	Холостой ход	-1	Н/ K_1	5
7	Разгон	0-15	1	5
	Переключение передач	-	-	-
	Разгон	15-32	2	5
8	Постоянная скорость	32	2	24
9	Замедление	32-10	2	8
	Замедление с выключенным сцеплением	10-0	K_1	3
10	Холостой ход	-	Н/ K_1	16/5
11	Разгон	0-15	1	5
11	Переключение передач	-	-	-
	Разгон	15-35	2	9
	Переключение передач	-	-	-
	Разгон	35-50	3	8
12	Постоянная скорость	50	3	12
13	Замедление	50-35	3	8
14	Постоянная скорость	35	3	13
15	Переключение передач	-	-	-
	Замедление	32-10	2	7
	Замедление с выключенным сцеплением	10-0	K_2	3
16	Холостой ход	-	Н	7

Обозначение: H - рычаг переключения передач в нейтральном положении при включенном сцеплении; K_1 , K_2 - включена первая или вторая передача, соответственно, сцепление выключено.

Испытания, включающие 11 ездовых циклов, следующих один за другим, следует выполнить, начиная с запуска холодного двигателя (первые пять циклов служат для прогрева агрегатов и узлов автомобиля). Измерения расхода топлива провести троекратно в следующих друг за другом парах циклов: 6-7, 8-9, 10-11.

Допускается увеличение (до 60 с) длительности работы автомобиля в режиме холостого хода между циклами 5 и 6-7, 8-9 и 10 с целью обеспечения фиксации результатов измерений.

Средний расход топлива в городском цикле следует определять как среднее арифметическое трех последовательных измерений.

Если результаты отличаются друг от друга более чем на 5 %, то испытания необходимо повторить с тем, чтобы погрешность измерений была не более 5 %.

Использование коробки передач

На АТС, имеющем коробку передач с ручным управлением, переключение передач следует проводить в соответствии с операционной картой (таблица 12). Если максимальная скорость автомобиля на низшей передаче ниже 15 км/ч, то для выполнения цикла следует применять II, III и IV передачи.

АТС, снабженное коробкой передач с полуавтоматическим управлением, следует испытывать с применением передач, используемых при движении по дороге, а переключение осуществлять в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

АТС, оборудованное автоматической коробкой передач, следует испытывать, установив переключатель режимов работы в положение «Движение». При этом разгоны автомобиля следует осуществлять с соблюдением скоростных режимов, указанных в операционной карте (таблица 5).

Особенности выполнения ездового цикла

Для АТС с автоматической коробкой передач (если в технической документации на АТС нет специальных указаний) первую часть режимов холостого хода в начале каждой пары циклов следует выполнять при установке переключателя режимов работы в нейтральное положение, за 5 с до начала движения в каждой паре циклов переключатель режимов работы необходимо устанавливать в положение, при котором происходит автоматическое включение высшей передачи, и переключать в нейтральное положение за 7 с до окончания второго цикла каждой пары циклов.

Разгон следует выполнять таким образом, чтобы в течение всей фазы разгона ускорение было постоянным.

Если разгон не может быть выполнен в установленное время, то необходимое дополнительное время следует компенсировать соответствующим уменьшением продолжительности последующего периода движения с постоянной скоростью.

Замедление необходимо осуществлять снятием ноги с педали управления подачей топлива при включенном сцеплении.

Если продолжительность замедления больше предусмотренной, то необходимо использовать служебное торможение для обеспечения следования заданному циклу.

В конце периода замедления (остановка АТС на беговых барабанах) рычаг переключения передач следует перевести в нейтральное положение и включить сцепление.

Необходимо избегать пульсации скоростного режима или отпущения педали управления подачей топлива при переходе от режимов разгона или замедления к режиму постоянной скорости. При движении с постоянной скоростью педаль управления подачей топлива должна находиться в неизменном положении.

Допускается отклонение на 1 км/ч от заданной скорости при разгоне, установившемся движении и замедлении, если для соблюдения заданного режима используется служебное торможение. Если период замедления при снятии ноги с педали управления подачей топлива короче заданного периода движения, предусмотренного заданным циклом, то дальнейшее выполнение цикла необходимо обеспечивать за счет соответствующего увеличения продолжительности последующего режима холостого хода или установившегося движения.

При изменении режима движения допускаются большие отклонения скорости по сравнению с указанными выше при условии, что продолжительность этих отклонений в каждом отдельном случае не будет превышать 0,5 с. Указанные отклонения скорости допускаются также в начале и конце каждого периода переключения передач.

Допускаемое отклонение продолжительности времени выполнения цикла не более 0,5 с.

Топливную характеристику установившегося движения следует определять на высшей передаче, начиная от максимальной скорости до минимальной. Все скорости (кроме минимальной и максимальной) следует задавать кратными десяти и контролировать по спидометру - через 20 км/ч для легковых автомобилей и через 10 км/ч для АТС всех других типов.

Для определения **топливно-скоростной характеристики на магистрально-холмистой дороге** необходимо выполнить заезд по

измерительному участку с различными заданными допускаемыми скоростями, которые следует устанавливать до въезда на измерительный участок.

Значения скоростей следует задавать в интервале от номинальной скорости движения на высшей передаче до 40 км/ч. Значения скоростей внутри указанного интервала следует задавать так, чтобы общее число точек характеристики было не менее четырех.

Скорости необходимо задавать кратными десяти и контролировать по спидометру.

При движении водитель должен соблюдать следующие требования:

- движение с заданной скоростью осуществлять на возможно более высокой передаче;

- не допускать превышения заданной скорости, в том числе на спусках;

- на подъемах не допускать чрезмерного падения скорости, для чего включать очередную более низкую передачу при скорости, близкой к номинальной на этой передаче;

- при разгоне включать очередную передачу не ранее, чем двигатель достигнет номинальной частоты вращения коленчатого вала (ротора), а при достижении заданной скорости включать наиболее высокую передачу, на которой АТС может устойчиво двигаться с этой скоростью;

- разгон осуществлять при полной подаче топлива.

При определении контрольного расхода топлива и снятии дорожной экономической характеристики автомобиля расход жидкого топлива измеряют с помощью мерных цилиндров со шкалой деления не более 2,5 см³ или счетчиков-расходомеров. Прибор устанавливают в систему питания двигателя между топливным баком и насосом.

Для измерения пути, времени и скорости движения автомобиля при определении контрольного расхода топлива и снятии дорожной экономической характеристики может быть использован прибор типа «путь - скорость - время» или автосчетчик.

Расход газообразного топлива измеряют газовым счетчиком с ценой деления не более 1 л, а затем пересчитывают на нормальные условия (20° С и 760 мм рт. ст.). Газовый счетчик включают в систему питания двигателя между редуктором и смесителем.

Эксплуатационные расходы топлива определяют объемным счетчиком-топливомером или с помощью съемного мерного бачка на дорогах общего пользования большой протяженности (50-100 км и

более) со скоростями, которые допускают условия движения. Скоростной режим движения регистрируют автометром, путь пройденный автомобилем-счетчиком пути. Одновременно с расходом топлива находят расход масла двигателем методом долива его в картер. В эксплуатационных испытаниях иногда расход топлива измеряют на наиболее характерных участках пути.

Для измерения расхода топлива обычно применяют приборы с мерными (градуированными) цилиндрами (рисунок 77) или объемный счетчик-топливомер (рис. 78).

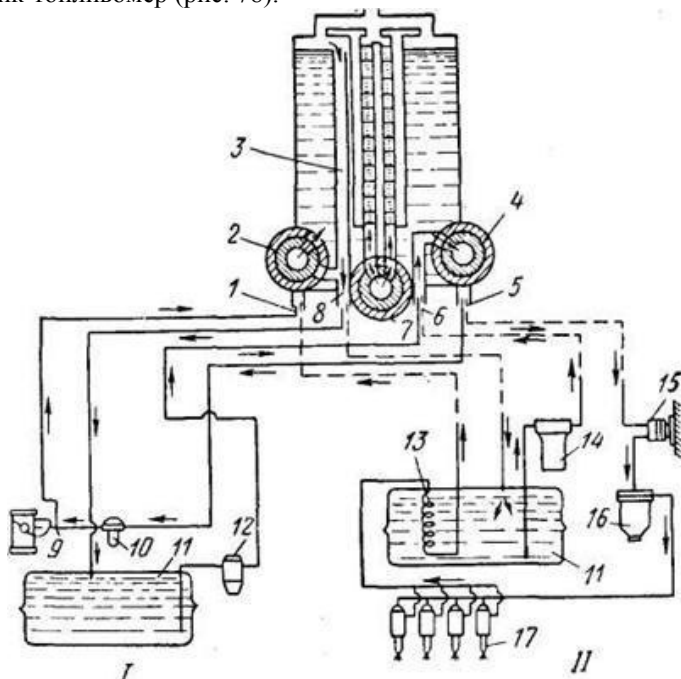


Рисунок 77 - Схема установки прибора в системах питания:

I - бензинового двигателя; *II* - дизеля; 1, 5, 6 и 8 - штуцеры; 2, 4 и 7 - краны; 3 - сливная трубка; 9 - тройник; 10 - бензонасос; 11 - топливный бак; 12 - фильтр; 13 - змеевик; 14 - фильтр предварительной очистки; 15 - насос; 16 - фильтр тонкой очистки; 17 - насос форсунок

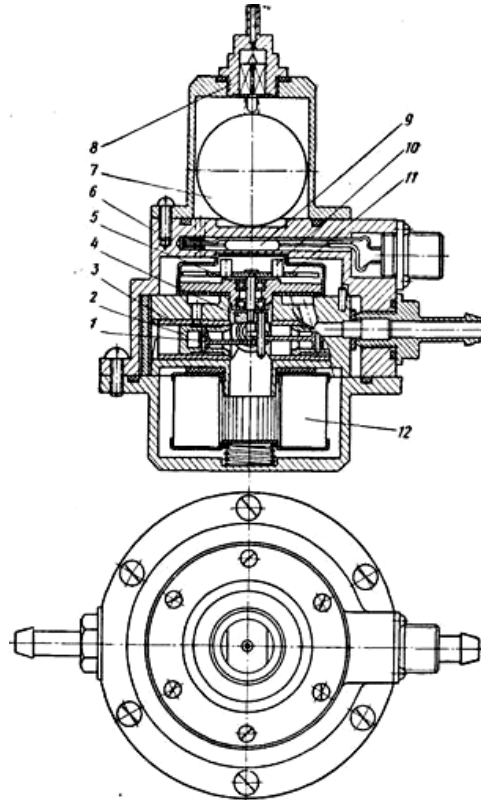


Рисунок 78 - Конструкция топливомера Т4П-2:

1 - шатун; 2 - поршень. 3 - цилиндр; 4 - кривошип; 5 - валик; 6 - корпус топливомера; 7 - поплавок; 8 - клапан игольчатый; 9 - контакт; 10 - магнит; 11 - диск; 12 - фильтрующий элемент

Топливомер Т4П-2 (разработанный НАМИ) предназначен для объемного измерения расхода топлива в стендовых и дорожных условиях при испытаниях автомобилей и двигателей на топливную экономичность с регистрацией результатов измерения в цифровой форме.

Конструкция топливомера показана на рисунке 101. Топливо поступает в прибор через входной штуцер, проходит через бумажный фильтрующий элемент 12, воздухоотделительное устройство с поплавком 7 и игольчатым клапаном 8, измерительную часть топливомера и через выходной штуцер подается к потребителю топлива.

Под действием давления топлива в четырех цилиндрах 3, радиально расположенных в корпусе 6 топливомера, возвратно-поступательно перемещаются четыре поршня 2, связанные шатунами 1 с кривошипом 4 центрального валика 5.

Диаметр и ход поршней рассчитаны так, что один оборот валика соответствует расходу 2 см^3 топлива. На конце валика закреплен диск 11 с двумя магнитами 10, воздействующими на герметизированный контакт («геркон») 9. За один оборот диска контакты геркона замыкаются дважды. Интервал между двумя замыканиями соответствует расходу 1 см^3 топлива. При замыкании контактов геркона электрические импульсы поступают на электромеханические счетчики счетного прибора. Первый счетчик фиксирует расход топлива нарастающим итогом, а второй - за заданный промежуток времени, измеряемый секундомером.

Точность измерения расхода топлива для расходов от 0,5 до 50 л/ч составляет 1%.

Условия работы некоторых типов автомобилей, например, автобусов, характеризуются циклическим движением. При испытании этих типов автомобилей на топливную экономичность расход топлива определяют на заданной дистанции, например на автобусном маршруте, которая может состоять из нескольких десятков отдельных циклов движения. По этим данным подсчитывают расход топлива на единицу пути и среднюю скорость движения автомобиля.

При испытаниях на топливную экономичность не должно быть повышенных сопротивлений, связанных с регулировками (например, тормозной системы), установкой колес и величиной давления в шинах. Непосредственно перед испытаниями автомобиль должен иметь пробег не менее 50 км, чтобы его узлы и детали были прогреты.

Стенды для испытаний тракторов на топливную экономичность должны соответствовать требованиям ГОСТ 26899-86. Как правило, оценка топливной экономичности проводится одновременно с испытаниями тягово-скоростных свойств трактора на инерционных, силовых и инерционно-силовых стендах.

4.5 Испытания механизмов, систем и оборудования автомобилей и тракторов

4.5.1 Испытания двигателей

Испытания двигателей можно разделить на опытно-конструкторские и серийные.

Опытно-конструкторские испытания делятся на исследовательские и контрольные. Исследовательские испытания проводятся для изучения определенных свойств конкретного двигателя и, в зависимости от целей, могут быть доводочными, испытаниями на надежность и граничными.

Доводочные испытания служат для оценки конструктивных решений, принятых для достижения необходимых значений мощностных и экономических показателей, установленных техническим заданием.

Испытания на надежность проводятся для оценки соответствия ресурса двигателя и показателей его безотказности, установленных техническим заданием.

Граничные испытания проводятся для оценки зависимости мощностных и экономических показателей, работоспособности двигателя от граничных условий, установленных техническим заданием, а также повышенных и пониженных температур окружающей среды, кренов и дифферентов, высоты над уровнем моря, переменных нагрузок и изменяющихся скоростных режимов, вибраций, одиночных ударов.

Контрольные испытания предназначены для оценки соответствия всех показателей опытного двигателя требованиям технического задания. Они делятся на предварительные и межведомственные. Предварительные контрольные испытания проводятся комиссией предприятия-разработчика с участием представителя заказчика для определения возможности предъявления двигателя на приемочные испытания.

Межведомственные испытания являются приемочными испытаниями продукции опытных образцов, проводимыми комиссией, состоящей из представителей нескольких заинтересованных министерств или ведомств. По результатам межведомственных испытаний решается вопрос о возможности и целесообразности проведения испытаний двигателя в условиях эксплуатации.

Серийные испытания являются завершающим этапом технологического процесса производства двигателей и предназначены для контроля качества производства и соответствия их характеристик тех-

ническим условиям на поставку. Эти испытания делятся на приемосдаточные, периодические и типовые.

Приемо-сдаточные испытания проводятся с целью проверки качества сборки двигателя и отдельных его узлов на приработку трущихся поверхностей, определения соответствия показателей двигателя техническим условиям на поставку.

Периодические испытания предназначены для контроля стабильности технологического процесса изготовления двигателей в период между испытаниями, подтверждения возможности продолжения их изготовления по действующей нормативно-технической и технологической документации.

Типовые испытания проводятся по программе периодических испытаний с целью оценки эффективности и целесообразности изменений, вносимых в конструкцию или технологию изготовления двигателей.

Испытания автомобильных двигателей регламентирует ГОСТ 14846-81, который определяет условия испытания, требования к испытательным стендам и аппаратуре, методы и правила проведения испытаний, порядок обработки результатов испытаний, объем контрольных и приемочных испытаний.

Перед испытаниями двигатели должны быть обкатаны в соответствии с техническими условиями. Испытания проводят с использованием горюче-смазочных материалов, указанных в технической документации на двигатель, имеющий паспорт и протоколы испытаний, удостоверяющие соответствие их физико-химических параметров заданным. При проведении испытаний температуру охлаждающей жидкости и масла в двигателе поддерживают в пределах, указанных в технических условиях на двигатель. При отсутствии таких указаний температура охлаждающей жидкости на выходе из двигателя должна быть 348-358 К, а температура масла – 353-373 К.

При испытании число точек измерений должно быть достаточным для того, чтобы при построении характеристик выявить форму и характер кривой во всем диапазоне обследуемых режимов. Показатели двигателя определяют на установившемся режиме работы, при котором крутящий момент, частота вращения коленчатого вала, температуры охлаждения жидкости и масла изменяются во время измерения не более чем на 2 %.

При ручном управлении стендом продолжительность измерения расхода топлива должна составлять не менее 30 с. В соответствии с ГОСТом при испытаниях двигателей необходимо измерять следующие

параметры: крутящий момент, частоту вращения коленчатого вала, расход топлива, температуру всасываемого воздуха, температуру охлаждающей жидкости, температуру масла, температуру топлива, температуру отработавших газов, барометрическое давление, давление масла, давление отработавших газов, значение угла опережения зажигания или начала подачи топлива.

Испытательные стенды. Испытания двигателей в лабораторных (стационарных) условиях проводятся на специальных стендах испытательной станции. Каждый стенд оснащается тормозным механизмом, топливной, воздухопитающей, газывыводящей системами, смазочной системой, системами охлаждения и пуска, противопожарным оборудованием и т. п. Двигатель и тормозной механизм устанавливаются на опорах, которые крепятся к плите, связанной с фундаментом посредством анкерных болтов. Фундамент, поглощающий вибрации двигателя, выполняется из бетона, армированного металлом. Стенд оснащается специальным пультом с органами пуска двигателя и управления, а также контрольно-измерительными приборами для определения температур воды и масла, давления масла, частоты вращения коленчатого вала и другими приборами, предназначенными для контроля работы двигателя и его систем. В зависимости от программы испытания стенд оборудуется специальными устройствами и приборами, позволяющими имитировать различные условия работы. Кроме того, стенд оснащают приборами для измерения параметров рабочего тела и показателей двигателя. Имеются специальные устройства для регулирования угла опережения зажигания и состава смеси в карбюраторных двигателях или угла опережения начала впрыска топлива в дизеле.

Для определения надежности работы двигателя измеряют вибрацию, тепловую и динамическую напряженность, износ деталей и т. п. Также определяют параметры, влияющие на окружающую среду (дымность или токсичность отработавших газов, уровень шума и т. п.). Воздухопитающая система может быть оборудована устройствами и приборами для определения расхода воздуха, подогрева или охлаждения поступающего в двигатель воздуха, его влажности и запыленности. В топливной системе предусмотрены устройства для определения расхода топлива, а в системе охлаждения и смазочной системе - устройства для определения теплоотвода в охлаждающую жидкость и масло. На стенде может быть установлен индикатор.

Тормозные устройства и динамометры. В условиях стендовых испытаний нагрузка двигателя осуществляется тормозным меха-

низмом, оснащенный динамометром, с помощью которого определяется развиваемый двигателем крутящий момент. Современные испытательные стенды оснащены гидравлическим или электрическим тормозными механизмами. Наибольшее распространение получили гидравлические тормозные механизмы, отличающиеся сравнительной простотой конструкции и большой энергоемкостью. Основными узлами гидравлического тормозного механизма (рис. 79) являются статор, установленный на подшипниках в опорах станины, и ротор, вращающийся в подшипниках, соединенный муфтой с валом двигателя. Через гидравлический тормозной механизм протекает вода. При вращении ротора вследствие гидродинамического сопротивления воды создается тормозной момент, равный моменту, развиваемому двигателем.

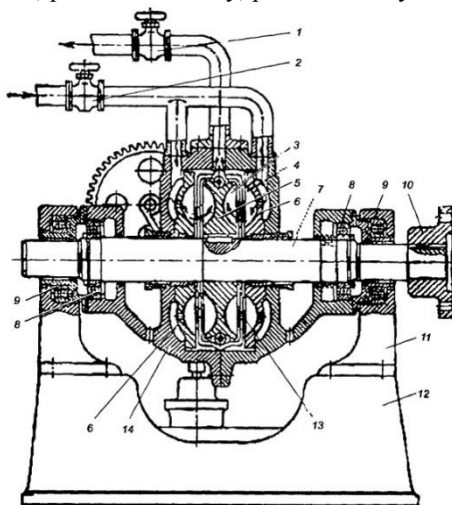


Рисунок 79 - Лопастной гидравлический тормозной механизм:

1 и 2 - вентили; 3 - лопатки ротора; 4 - лопатки статора; 5 - ротор; 6 - диск статора; 7 - вал ротора; 8 - подшипник ротора; 9 - подшипник статора; 10 - соединительная муфта; 11 - опора статора; 12 - станина; 13 - заслонки-шиберы; 14 - статор

Энергия, полученная при вращении ротора, передается статору, на котором также создается момент, равный моменту, развиваемому двигателем. От проворачивания статор удерживается динамометром, с которым он соединен с помощью рычага. Изменение тормозного мо-

мента осуществляется за счет изменения активной площади взаимодействия ротора с водой. В зависимости от степени заполнения водой используются гидравлические тормозные механизмы полного или частичного заполнения.

В тормозных механизмах полного заполнения активная площадь ротора изменяется перемещением заслонок-шиберов, установленных между ротором и статором, а в тормозных механизмах частичного заполнения - изменением количества подаваемой в гидравлический тормозной механизм воды.

Ротор и статор гидравлического тормозного механизма могут иметь различное конструктивное исполнение. Лопастные гидравлические тормозные механизмы в роторе и в дисках статора имеют карманы овального сечения, между которыми образуются лопасти. Эти тормозные механизмы работают при полном их заполнении водой. Изменение тормозного момента осуществляется перемещением заслонок-шиберов. В дисковых гидравлических тормозных механизмах (рис. 80) ротор выполняется в виде диска с отверстиями, а к статору крепятся диски, имеющие сотовидные рабочие поверхности.

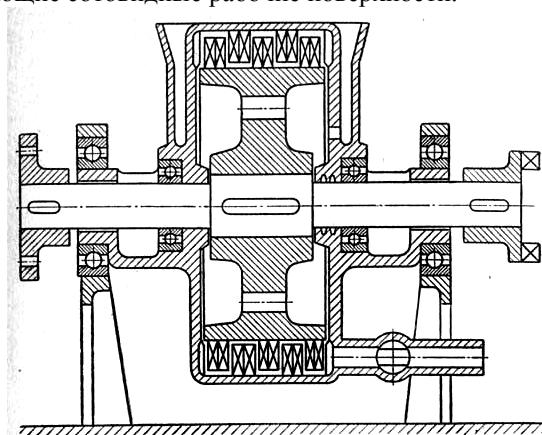


Рисунок 80 - Дисковый гидравлический тормозной механизм

Вращающийся диск тормоза оказывается постоянно погруженным частью своей поверхности в кальцевом слое воды, вращаемом вместе с диском. Толщина этого слоя зависит от разности объемов, поступающей и вытекающей из тормоза воды и регулируется выходным краном.

Для увеличения КПД тормоза и сокращения его габаритов диск снабжен штифтами, а кожух имеет штифты и ребра на боковых стенках. Увлекаемая вращающимся диском вода за счет трения о кожух стремится повернуть кожух в сторону вращения. Кожух вращается на подшипниках вокруг оси, совпадающей с осью вала диска. Приложенный к кожуху тормозной момент уравнивается грузом или через рычажный механизм связан с силоизмерительным прибором (например, циферблатными весами).

Недостатком гидравлических тормозных механизмов частичного заполнения водой является также нестабильность тормозного момента при изменении давления воды. Поэтому питание гидравлических тормозных механизмов водой осуществляется обычно из бака, поднятого на высоту 3-4 м. Во избежание кавитации, повышенной коррозии и образования накипи температура воды на выходе из гидравлического тормозного механизма не должна превышать 333-338 К.

Наиболее широко используются индукторные тормозные механизмы (рис. 81).

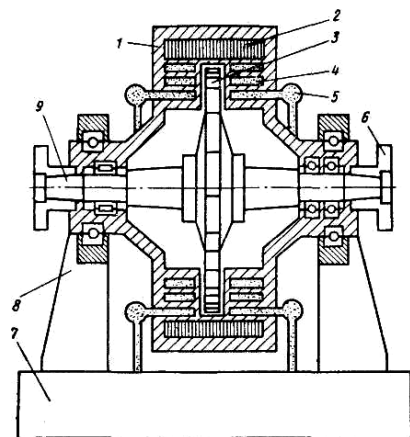


Рисунок 81 - Индукторный тормозной механизм

В статор 1 вмонтирована катушка возбуждения 2. Ротор 3 представляет собой диск или барабан с зубьями прямоугольной формы. Вал 9 ротора через фланец 6 и карданный вал соединяется с коленчатым валом испытуемого двигателя. Катушка возбуждения 2 создает магнитный поток, имеющий наибольшее значение в местах расположения зубьев ротора. Во время вращения ротора отдельные участки статора последовательно намагничиваются и размагничиваются. Вследствие

этого возникают вихревые токи. При взаимодействии основного магнитного поля с магнитным полем вихревых токов создается сопротивление вращению ротора. Вихревые токи нагревают статор. Для отвода тепла статор охлаждается водой, подводимой по трубопроводам 5 в систему охлаждения 4. В некоторых конструкциях охлаждающая вода подводится в полость между статором и ротором. В этом случае вода обеспечивает дополнительный тормозной эффект. Статор тормоза имеет балансирную подвеску на стойках 8, установленных на основании 7.

Индукторный тормоз регулируют путем изменения силы тока возбуждения. Мощность возбуждения для индукторных тормозов значительно меньше, чем для любой другой электрической машины. Это упрощает автоматизацию испытательных стендов, оборудованных индукторными тормозами.

Недостатками индукторных тормозов является невозможность принудительного вращения коленчатого вала испытуемого двигателя и рекуперации поглощаемой тормозом энергии. Для устранения первого недостатка последовательно с тормозом включается электродвигатель переменного тока или небольшая балансирная динамомашинка постоянного тока.

В электрических тормозных механизмах статор балансирно установлен на опорах фундаментной рамы, а вал ротора соединен с двигателем. Механическая энергия в этих тормозных механизмах преобразуется в электрическую. Так как электрические машины имеют возможность рекуперации, то в случае питания электроэнергией от внешнего источника электроэнергии они работают в режиме электрического двигателя и преобразуют электрическую энергию в механическую. Обычно используют электрические машины постоянного тока. При работе их в тормозном режиме (в режиме генератора) ток поступает на обмотку возбуждения и индуцирует магнитное поле. При вращении якоря (ротора) в его обмотке возникает электродвижущая сила. Ток якоря своим магнитным полем противодействует вращению якоря, следовательно, и вращению вала испытываемого двигателя. На статоре при этом возникает реактивный момент, равный крутящему моменту двигателя. Изменение тормозного момента осуществляется путем изменения силы тока в обмотках возбуждения. Электрическая энергия, вырабатываемая электрическим тормозным механизмом при работе в тормозном режиме, поглощается нагрузочными реостатами или передается в общую электрическую сеть. При работе электрической машины в режиме электрического двигателя (например, для пуска двигателя

или снятия его тормозных характеристик) электрический ток подается как в обмотку возбуждения, так и на цепь якоря. В результате взаимодействия магнитных полей якоря и статора на якоре возникает крутящий момент, а на статоре - реактивный момент, направленный в сторону, противоположную направлению вращения якоря. Зависимость тормозной мощности от частоты вращения коленчатого вала определяется характеристикой тормозного механизма.

Для измерения крутящего момента, развиваемого двигателем, используются механические, гидравлические и электрические динамометры. Наиболее точным является механический квадрантный динамометр (рис. 82). Он имеет два маятника, укрепленных на кулаках-квадрантах, которые подвешены на тонких стальных лентах. Сила F через балансир передается кулакам, конструктивно объединенным с квадрантами.

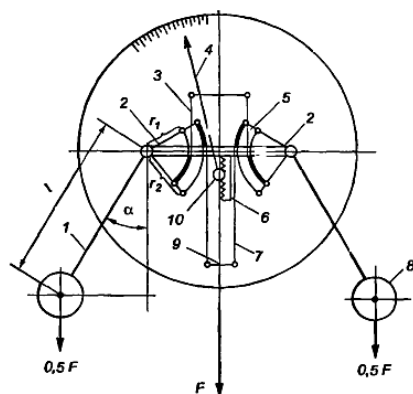


Рисунок 82 - Схема механического квадрантного динамометра:

1 - маятник; 2 - кулак-квадрант; 3 и 7 - ленты; 4 - стрелка; 5 - кулак; 6 - зубчатая рейка; 8 - груз; 9 - балансир; 10 - зубчатое колесо

При отсутствии силы F маятники занимают положение, при котором их центры тяжести лежат на одной вертикали с точкой крепления ленты. Под влиянием силы F , которая передается от рычага статора тормозному механизму, маятники совершают сложное движение, перекаtywаясь по стальным лентам квадрантами и отклоняясь от положения равновесия. Балансир, к которому приложена сила F , сместится при этом вниз. При перемещении балансира связанная с ним зубчатая рейка поворачивает стрелку, которая указывает показание

динамометра, соответствующее крутящему моменту, развиваемому двигателем.

Приборы, измеряющие частоту вращения коленчатого вала, делятся на тахометры, фиксирующие число оборотов в минуту в данный момент (рис. 83), и на тахоскопы - счетчики, показывающие число оборотов за определенный интервал времени (рис. 84). По способу использования тахометры и тахоскопы могут быть приставными (ручными) и стационарными. Тахометры по принципу действия бывают центробежные, электрические, электронные (импульсные), магнитные (индукционные), стробоскопические и т. п.



а)



б)



в)



г)



д)

Рисунок 83 - Типы тахометров:

а - центробежный; б - электрический; в - электронный; г - магнитный; д - стробоскопический



Рисунок 84 - Тахометр часового типа

Наибольшее распространение получили электрические тахометры, обеспечивающие дистанционное измерение частоты вращения коленчатого вала. Преобразователь тахометра и приемник соединены электропроводами. По показаниям динамометра и тахометра вычисляют эффективную мощность двигателя: а также среднее эффективное давление.

Приборы для измерения давления могут быть жидкостными, механическими и электрическими. К жидкостным приборам относятся ртутный барометр, предназначенный для измерения атмосферного давления, и жидкостный манометр (пьезометр). В простейшем исполнении пьезометр представляет собой U-образную трубку, заполненную примерно до половины (до нулевой метки шкалы) водой или другой жидкостью. Пьезометры применяются для измерения избыточного давления, разреженности и разности давлений (рис. 85а).



а)



б)

Рисунок 85 - Приборы для измерения давления

а - пьезометр; б - манометр

Из механических приборов широкое распространение получили пружинные манометры, предназначенные для измерения избыточного

давления (рис. 85б). Широко применяются электрические преобразователи, предназначенные для регистрации давления в быстропротекающих процессах и в электрических измерительных системах с автоматической регистрацией результатов измерений. В качестве контрольно-измерительных приборов используются и магнитоэлектрические манометры

Приборы для измерения температуры по принципу действия делятся на механические, электромеханические и электрические. Механические приборы - жидкостные (обычно ртутные) и манометрические термометры - используют для измерения низких температур (до 423 К). Существуют также термоэлектрические термометры (пирометры), которые основаны на термоэлектрическом эффекте, возникающим при нагревании места спая двух проводников из неоднородных металлов или сплавов (рис. 86).

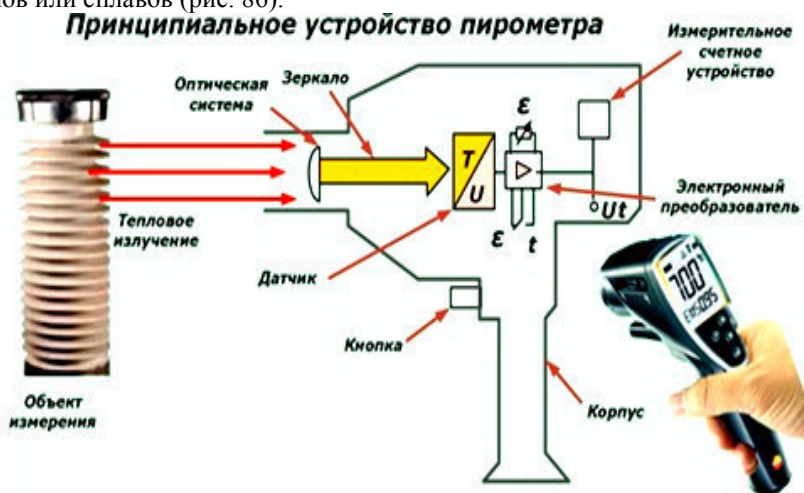


Рисунок 86 - Пирометр и его устройство

Если два других конца проводников замкнуть, то под действием термоЭДС нагреваемого (горючего) спая в образовавшейся цепи возникает электрический ток. Спаянную или сваренную пару разнородных проводников называют термопарой. Обычно для измерения низких температур (470-870 К) применяют хромель-копелевые (ХК) термопары, а для измерения высоких температур (до 1270 К) - хромель-алюмелевые (ХА) термопары. Существуют также и другие типы термопар. Термопары, являясь преобразователями температуры, работают

совместно с регистрирующими приборами, такими как магнитоэлектрические милливольтметры и потенциометры. Обычно для исключения влияния температуры противоположных концов термопары их соединяют пайкой и образующийся так называемый холодный спай погружают в термостат с тающим льдом. При этом температура холодного спая поддерживается постоянной - 273 К. Регистрирующий прибор в этом случае включается в разрыв одного из проводников. Если в качестве регистрирующего прибора используют потенциометр, имеющий компенсирующее устройство, которое вводит поправку на изменение температуры противоположных концов термопары, то они подсоединяются непосредственно к потенциометру.

Приборы и устройства для измерения расхода воздуха. Расход воздуха определяется как косвенным путем - измерением параметров, характеризующих среднюю или мгновенную скорость движения потока, так и прямым измерением объема воздуха, проходящего через измеряемое устройство в единицу времени. Косвенные методы используются при измерении расхода воздуха с помощью дроссельных устройств - диафрагмы, сопла, трубки Вентури (рис. 87), а также насадки со свободным входом, так называемой коноидальной насадки.

Измерение объемного расхода воздуха осуществляется объемным расходомером или ротационным счетчиком, в корпусе которого установлено два ротора, вращающихся под действием давления движущегося воздушного потока с частотой вращения, зависящей от скорости потока. По измеренному объему воздуха, прошедшего через расходомер за время t , определяется массовый расход воздуха за секунду.

Приборы и устройства для определения расхода топлива. В основе определения среднего расхода топлива на установившихся режимах работы двигателя лежит измерение времени расхода определенной массы или объема топлива. При массовом методе определения расхода топлива используются обычные весы, на одной из чаш которых устанавливают мерный бачок. Топливную систему оснащают трехходовым краном, обеспечивающим подачу топлива в двигатель из основного топливного бака, подачу топлива из мерного бачка при измерении расхода и подачу топлива из основного бака с одновременным наполнением мерного бачка. Измерив время (Δt), за которое вырабатывается определенное количество топлива ($\Delta m t$), можно определить часовой расход топлива:

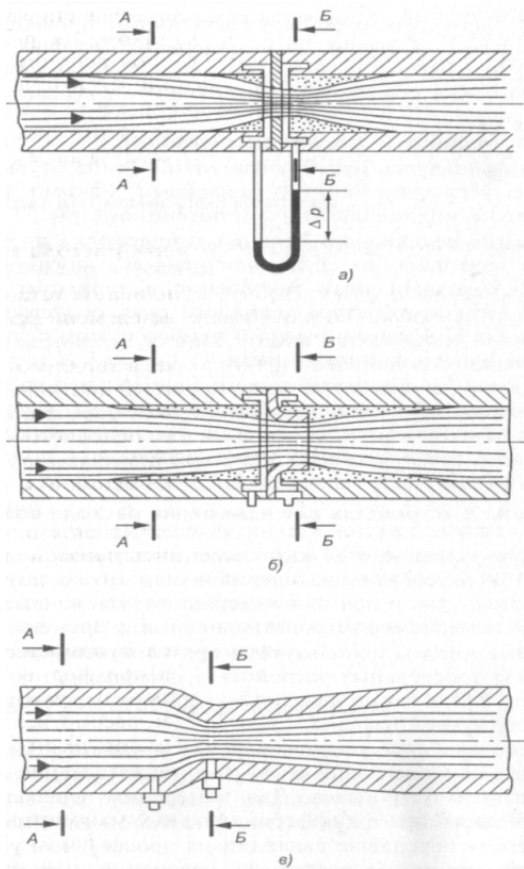


Рисунок 87 - Дроссельные устройства:

а - с диафрагмой и распределением давления при протекании потока газа через диафрагму; б - с соплом; в - трубка Вентури

Объемный расход топлива определяется с помощью прибора, который состоит из мерных колб шарообразной формы, соединенных между собой узкими переходами с метками. Принцип определения объемного расхода топлива аналогичен рассмотренному выше определению расхода по массе с той лишь разницей, что вместо измерения времени расхода определенной массы топлива измеряют время расхода топлива по объему. Для измерения мгновенных объемных расходов топлива применяют флоуметры (рис. 88) и ротаметры (рис. 89).

Прибор для определения угла опережения зажигания Проверка установки первоначального угла опережения зажигания осуществляется переносным стробоскопическим прибором.



Рисунок 88 - Флоуметры:

а - колбовый; б - бесколбовый; в - электронный

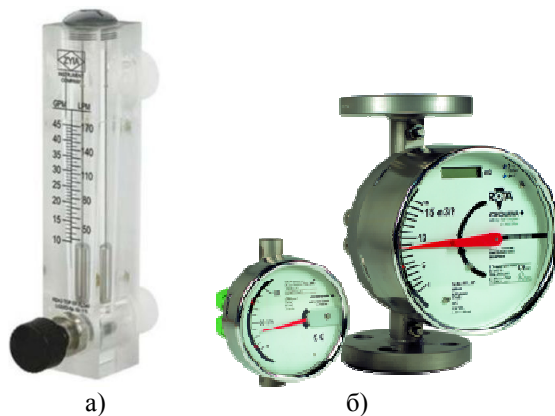


Рисунок 89 - Ротаметр:

а - стеклянный; б - металлический

Работа прибора основана на стробоскопическом эффекте - зрительных способностях человека удерживать в течение некоторого времени представление предмета, уже исчезнувшего из поля зрения. Во время работы двигателя импульс высокого напряжения со свечи зажи-

гания первого цилиндра подается на электрод стробоскопической лампы, которая загорается и, потребляя ток, запасенный конденсатором накопительного устройства прибора, испускает последовательно ряд световых вспышек, синхронных с моментом зажигания в первом цилиндре.

Световой луч освещает метки. Подвижная метка вследствие стробоскопического эффекта, кажущаяся неподвижной при правильной установке зажигания, располагается напротив неподвижной метки. Если они не совпадают, то регулируется начальный угол момента зажигания поворотом корпуса прерывателя до совпадения установочных меток.

Индикаторы. Запись быстроизменяющихся давлений рабочего тела в цилиндре при работе двигателя в зависимости от угла поворота коленчатого вала или хода поршня называется индицированием, а устройства, осуществляющие эту запись - индикаторами. По принципу действия индикаторы делятся на электропневматические (рис. 90а) и электрические (рис. 90б).



Рисунок 90 - Индикаторы для индицирования
а - электропневматический; б - электрический

С помощью электропневматического индикатора можно получить зависимость давления в цилиндре по углу поворота коленчатого вала. Индикаторная диаграмма отражает сотни циклов работы двигателя. За один цикл индикатор фиксирует два значения (одно при сжатии и одно при расширении). В каждом цикле значения снимаются при разных давлениях. Диаграмма снимается 1-2 мин. Индикатор состоит из датчика давления мембранного типа, тиратронного преобразователя, регистрирующего устройства и пневматической системы. Датчик

давления устанавливается в головке цилиндра двигателя. На тонкую стальную мембрану датчика с одной стороны действует давление газов в цилиндре, а с другой стороны - давление воздуха в пневматической системе. Давление в пневматической системе с помощью крана постепенно изменяется от максимального, превышающего максимальное давление P_z в цилиндре, до атмосферного. В такте сжатия, когда давление в цилиндре больше давления в пневматической системе, мембрана прогибается и, соприкасаясь с электрическим контактным стержнем замыкает электрическую цепь. При этом к тиратронному преобразователю поступает импульс электрического тока низкого напряжения, когда давление в цилиндре меньше, чем в пневматической системе, мембрана прогибается в обратную сторону, размыкая электрическую цепь. В момент размыкания цепи в тиратронном преобразователе вновь возникает импульс электрического тока низкого напряжения. Тиратронный преобразователь предназначен для преобразования импульсов низкого напряжения, поступающих от датчика давления, в импульсы высокого напряжения, которые подаются к разряднику регистрирующего устройства. Регистрирующее устройство состоит из барабана, на котором закрепляется электропроводящая бумага, плунжерной пары (гильзы и плунжера) с пружиной и разрядника. Барабан с помощью муфты соединяют с коленчатым валом двигателя таким образом, чтобы при положении поршня индицируемого цилиндра в ВМТ игла разрядника находилась напротив ВМТ барабана. Разрядник, соединенный с плунжером, может перемещаться вдоль барабана. Смещение пропорционально изменению давления в пневматической системе. В моменты замыкания и размыкания электрической цепи величина смещения разрядника пропорциональна изменению давления газов в цилиндре. При каждом импульсе высокого напряжения, передаваемого тиратронным преобразователем, между разрядником и электропроводящей бумагой возникает искровой разряд, который оставляет на бумаге точечный след. Из электрических индикаторов наиболее распространен пьезокварцевый индикатор, который состоит из пьезокварцевого преобразователя давления, потенциометрического преобразователя хода поршня, усилителя и электронно-лучевой трубки. Принцип работы пьезокварцевого преобразователя основан на пьезоэлектрическом эффекте. В соответствии с давлением, действующим на кварцевые пластины, возбуждается электрический ток, который после усиления подается на горизонтальные пластины электронно-лучевой трубки, что вызывает отклонение электронного луча по вертикали. По горизонтали электронный луч отклоняется под действием

усиленного электрического тока, который подается на вертикальные пластины трубки от преобразователя хода, подсоединенного к коленчатому валу двигателя. Таким образом, на экране электронно-лучевой трубки возникает изображение развернутой индикаторной диаграммы одиночного цикла.

При испытаниях двигателей на стендах (рис. 91, 92) снимают следующие характеристики.

Внешнюю скоростную характеристику определяют при полном открытии дроссельной заслонки, при включенном зажигании и подаче топлива у карбюраторного двигателя, при крайнем предельном положении рычага управления, установленном инструкцией предприятия-изготовителя, соответствующего полной подаче топлива у дизеля. Характеристики определяют в диапазоне частоты вращения коленчатого вала от n_{min} до $1,1n_{ном}$ для двигателей искровым зажиганием и от n_{min} до n_{max} для дизелей. Кривые дают представление о максимальных мощностных показателях двигателя при различной частоте вращения коленчатого вала, соответствующих расходах топлива, углах опережения зажигания или подаче топлива и т. п.

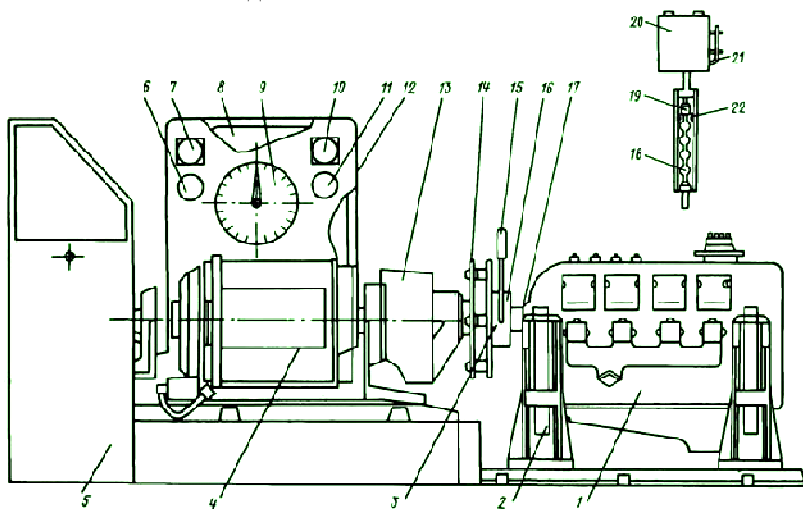


Рисунок 91 - Схема стендв для испытаний двигателей:

1 - испытываемый двигатель; 2 - опора станины; 3, 14, 15 - сцепление-разъединитель; 4 - нагрузочный электродвигатель; 5 - реостат; 6 - 12 - контрольно-измерительные приборы; 13 - коробка передач; 18-22 - измеритель расхода топлива



Рисунок 92 - Испытательный стенд двигателей УМЗ Ульяновского моторного завода

Скоростную характеристику с регуляторной ветвью определяют при полностью открытой дроссельной заслонке, при включенном зажигании и подаче топлива (у двигателей с искровым зажиганием) и при включенном регуляторе (или ограничителе), установленном на двигателе. Характеристики снимают при изменении частоты от n_{\min} до частоты, соответствующей полной разгрузке двигателя. Кривые дают представление о максимальных мощностных показателях двигателя, о моменте включения регулятора и о его характеристике.

Частичная скоростная характеристика определяется при некотором промежуточном положении дроссельной заслонки, постоянном для каждой характеристики, при включенном зажигании и подаче топлива (для дизелей при неизменном промежуточном положении рычага управления, соответствующем неполной подаче топлива).

Характеристика холостого хода - скоростная характеристика, определенная при таких положениях дроссельной заслонки, при которых вся индикаторная мощность затрачивается на преодоление сил трения внутри двигателя и на приведение в действие механизмов, обслуживающих двигатель. Коленчатый вал двигателя при определении характеристики холостого хода должен быть отсоединен от тормоза. Характеристику снимают при изменении частоты от минимально устойчивого холостого хода до частоты, равной 50% номинальной. Кривая дает представление о расходах топлива, о разрежении во впускном трубопроводе Δp_k и о других показателях во время работы двигателя без нагрузки.

Характеристику принудительного холостого хода снимают при работе двигателя на принудительном холостом ходу, т. е. при положении дроссельной заслонки, соответствующем минимальной частоте вращения на холостом ходу, и при принудительном вращении коленчатого вала с большей частотой от ведущих колес автомобиля. Начальной точкой характеристики является минимальная частота вращения при самостоятельной работе двигателя на холостом ходу. Затем включают прямую (или промежуточную) передачу в коробке передач, тормозное устройство переводят на режим электродвигателя и увеличивают частоту вращения до номинальной, не изменяя положения дроссельной заслонки.

Скоростная характеристика внутренних потерь. Эту характеристику определяют при работе двигателя с полностью открытой дроссельной заслонкой, с выключенным зажиганием, без подачи топлива и при принудительном вращении коленчатого вала двигателя и изменении частоты вращения от n_{min} до $n_{ном}$. Полученные кривые дают представление о мощности, затрачиваемой на преодоление трения и на приведение в действие устройств, обслуживающих двигатель, а также о насосных потерях (рисунок 12). Эта характеристика определяется различными способами.

Первый способ - принудительное вращение коленчатого вала двигателя от электродвигателя без подачи топлива и с полностью открытой дроссельной заслонкой. Для того чтобы построить характеристику, записывают показания весов тормоза при различной частоте вращения и таким образом определяют среднее давление механических потерь и мощность механических потерь.

Второй способ - выключение отдельных цилиндров. Разность между мощностью, развиваемой двигателем во время работы всех цилиндров, и мощностью, развиваемой двигателем (при такой частоте вращения) при выключенном зажигании в одном из цилиндров, представляет собой индикаторную мощность, развиваемую этим цилиндром. Предполагается, что индикаторная мощность и механические потери во всех цилиндрах двигателя одинаковы. Тогда можно определить индикаторную мощность всех цилиндров, а зная эффективную мощность двигателя - мощность, затрачиваемую на механические потери.

Нагрузочные характеристики:

- нагрузочная характеристика, снятая при постоянной частоте вращения коленчатого вала и при изменении угла открытия дроссельной заслонки от полного до соответствующего холостому ходу (у ди-

зелей в диапазоне крайних положений рычага управления подачей топлива). Серия таких характеристик, полученная для нескольких частот вращения коленчатого вала, дает представление об изменении мощности двигателя по мере открытия дроссельной заслонки (перемещения рычага управления подачей топлива), о моменте вступления в работу экономайзера и о минимальных удельных расходах топлива;

- частичные скоростные характеристики характеризуют работу двигателя на частичных нагрузках в зависимости от частоты вращения коленчатого вала;

- нагрузочные скоростные характеристики, служащие для оценки работы двигателя при одновременном изменении положения дроссельной заслонки и частоты вращения коленчатого вала. Это требуется при подготовке двигателя к работе в эксплуатационных условиях, когда необходимо знать, как меняются его показатели при разгоне или при движении по дороге с изменяющимся сопротивлением. Характеристики частичных нагрузок, определяемые заданным законом изменения развиваемой двигателем мощности и частоты вращения, называются нагрузочными скоростными характеристиками. Иногда их называют эксплуатационными характеристиками.

Для снятия нагрузочной скоростной (эксплуатационной) характеристики должна быть задана последовательность изменения эффективной мощности двигателя и соответствующие частоты вращения коленчатого вала или скорости движения автомобиля. Путем изменения положения дроссельной заслонки и воздействия на регулирующие органы тормоза устанавливают частоту вращения коленчатого вала и заданную мощность двигателя. После установки режима и стабилизации теплового состояния проводят измерения.

Определение предельных показателей двигателя. Предельными показателями двигателя называются оптимальные показатели, при определении которых исключено влияние несовершенства регулировок приборов питания и зажигания и заводских допусков на их изготовление.

Предельные показатели двигателя определяют при изменении одного параметра (например, состава горючей смеси или угла опережения зажигания) в границах, за которыми работа двигателя становится неустойчивой или характеризуется значительным падением мощности и увеличением расхода топлива. Построенные по этим параметрам регулировочные кривые выявляют наивыгоднейшие условия работы двигателя, поэтому называются характеристиками оптимального регулирования.

Регулировочные характеристики по составу смеси. Регулировочные характеристики по составу смеси показывают, как изменяются мощность и экономичность двигателя при различных составах горючей смеси и при постоянстве других параметров двигателя. Эти характеристики определяются как при полном открытии дроссельной заслонки, так и при частичных нагрузках.

Индицирование двигателя. Индицированием называются испытания, в процессе которых определяется давление в цилиндре двигателя и его изменение в зависимости от угла поворота коленчатого вала (или от положения поршня). Измерение и запись изменения давления в течение рабочего цикла может производиться не только в цилиндре двигателя, но и в предкамере, во впускном, выпускном или топливном трубопроводе.

Индикаторные диаграммы снимают для того, чтобы определить:

- среднее индикаторное давление p_i для определения индикаторных показателей двигателя;
- максимальное давление газов на детали двигателя, что требуется знать при расчетах на прочность;
- жесткость работы двигателя, т. е. скорость нарастания давления в процессе сгорания;
- характер протекания отдельных этапов рабочего процесса, что необходимо для оценки процесса сгорания, показателей политроп сжатия и расширения, оптимальности выбранных фаз газораспределения, момента зажигания или начала впрыска топлива и т. п.

Стендовые **испытания двигателей на надежность** значительно сокращают время и стоимость испытаний по сравнению с лабораторно-дорожными и особенно эксплуатационными испытаниями. Однако условия и режимы, в которых проводят стендовые испытания, всегда отличаются от условий работы двигателя в эксплуатации. Поэтому продолжительность и режимы работы двигателя при стендовых испытаниях должны быть подобраны так, чтобы возникающие во время проведения отказы и износы соответствовали отказам и износам, которые происходят при длительных эксплуатационных испытаниях.

Испытания на безотказность состоят из следующих повторяющихся циклов: пуск и прогрев двигателя согласно инструкции предприятия-изготовителя; работа на холостом ходу в течение 5 мин; работа при $n_{ном}$ и полном открытии дроссельной заслонки (или при полной подаче топлива) в течение 2 ч 50 мин; работа на холостом ходу в течение 5 мин, после чего двигатель останавливают не менее чем на 10 мин.

До и после испытаний определяют основные показатели двигателя, температуру выходящей охлаждающей жидкости, масла в картере, давление масла в системе. Подвергают микрометрированию основные детали двигателя. В процессе испытания регистрируются все неполадки, замена и ремонт отдельных деталей. Двигатель считается не выдержавшим испытания на безотказность:

- при наличии отказов, для устранения которых требуется разборка двигателя со снятием головки цилиндров, поддона картера, крышки распределительных шестерен или маховика;

- в случае появления стуков, опасных для дальнейшей работы двигателя;

- если после окончания испытаний невозможна дальнейшая работа двигателя на любых рабочих режимах без замены деталей;

- при снижении мощности и ухудшении экономичности во время испытаний на безотказность более чем на 5%;

- при расходе масла свыше пределов, указанных предприятием-изготовителем;

- в случае понижения давления масла ниже установленного уровня;

- при появлении износов, превышающих установленные предельные.

Испытания на износостойкость - испытания, при которых в двигатель вводят абразивную пыль в топливо или картерное масло, обеспечивая характер износа основных деталей, довольно близко соответствующий эксплуатационному износу, и такую интенсивность изнашивания деталей, при которой общая продолжительность испытаний сокращается до 150 ч.

Установлены следующие режимы работы двигателя при испытаниях:

- для карбюраторного двигателя: частота вращения коленчатого вала $0,5 n_{ном}$ и мощность, составляющая 0,5 максимальной мощности, развиваемой двигателем при данной частоте вращения;

- для дизеля: частота вращения коленчатого вала $0,75 n_{max}$ и давление, равное 0,5 максимального давления p_c при данной частоте вращения.

Температура охлаждающей жидкости и масла должна быть в пределах 80-90° С. Общая продолжительность испытаний 150 ч.

Перед испытаниями и после них двигатель разбирают и подвергают микрометрированию. Замеряют размер цилиндров, поршней, колец, шеек коленчатого вала и вкладышей.

Износостойкость двигателя, прошедшего испытания, оценивают по времени его работы с пылью и по величинам приведенных износов основных деталей и приведенному увеличению зазора в подшипниках. Приведенные износы деталей серийного двигателя принимаются за 100%. По величинам приведенного износа тех же деталей в сравниваемых двигателях с внесенными в них изменениями определяют среднюю величину уменьшения или увеличения износа в процентах.

Надежность отдельных узлов и деталей двигателя определяют в процессе моторных и безмоторных испытаний. *Моторными* называются испытания, при которых деталь (или узел) установлена на двигателе, и ее надежность оценивается в процессе работы двигателя. *Безмоторными* называются испытания, при которых деталь (или узел) на двигатель не устанавливается, а испытывается на специальном стенде.

Для сокращения продолжительности моторных испытаний обычно применяют режимы работы, при которых испытываемая деталь оказывается в особенно жестких условиях.

При безмоторных испытаниях применяют стенды, на которых проводятся статические и усталостные испытания. На специальных стендах оценивается надежность работы клапанного механизма, масляного или водяного насоса, на вибрационных установках – усталостная прочность таких деталей, как, например, шатуна, пружины клапана. Путем приложения пульсирующей нагрузки за 100-150 ч проверяют усталостную прочность детали.

При определении **токсических характеристик** пробы отработавших газов отбирают из выпускной системы для всех точек характеристики, при которых измеряют мощностные, экономические и другие показатели двигателя. При проведении исследовательских работ пробы газа иногда отбирают непосредственно из цилиндра двигателя.

Токсические характеристики показывают, как изменяется интенсивность выделения вредных веществ при изменении нагрузки, частоты вращения коленчатого вала, регулировки карбюратора или угла опережения зажигания, а также при проведении различных мероприятий по снижению токсичности. Токсические характеристики строят при исследовательских и доводочных работах.

4.5.2 Испытания сцеплений

При дорожных и стендовых испытаниях исследуют как все сцепление, так и отдельные его детали: измеряют момент трения сцепления, коэффициент надежности при повышенных частотах вращения,

балансировку сцепления, термостойкость фрикционных накладок, а также определяют характеристики демпфера крутильных колебаний, механизма выключения сцепления, нажимных пружин и фрикционных материалов. Кроме того, в тех случаях, когда сцепление работает при напряженном тепловом режиме, проводят исследование вентиляции картера сцепления [15].

При определении долговечности сцепления устанавливают износостойкость фрикционных накладок и долговечности нажимных пружин, деталей механизма выключения сцепления, демпфера крутильных колебаний и ведомого диска сцепления и картера сцепления.

Перед испытаниями проверяют соответствие испытываемого сцепления техническим условиям. При новом ведомом диске сцепления проводят его приработку следующим образом. На стенде, включая 50-100 раз сцепление, обеспечивают при каждом включении работу буксования, соответствующую троганию автомобиля с места в тяжелых дорожных условиях. При дорожных испытаниях осуществляют пробег определенной длины (100-200 км) при регламентированном режиме движения (2-3 включения сцепления на километр пробега, включая трогание с места). После приработки поверхность прилегания ведомого диска сцепления должна составлять не менее 80%.

Контролируют фрикционные свойства материала накладок ведомого диска двумя способами: определением момента трения сцепления в сборе и коэффициента трения материала накладки.

Лабораторные испытания

В лабораторных условиях механизм сцепления в сборе, его привод, а также их отдельные элементы, например ведомый диск, проходят все необходимые контрольные обмеры и взвешивание, а вращающиеся детали подвергают балансировке. Определяют упругие деформации элементов нажимного механизма при полном включении сцепления, которые могут повлиять на перемещение нажимного диска. Для этого замеры производят индикаторами при установке сцепления на специальной плите. Указанные деформации не должны вызывать изменение хода нажимного диска более чем на 10% по отношению к теоретическому. Определяют толщину ведомого диска под нагрузкой и без нее, а также проверяют параллельность торцов ведомого и нажимного дисков для обеспечения свободного их вращения при выключенном сцеплении.

Основными характеристиками, которые снимают в лабораторных условиях, являются:

- а) коэффициент запаса сцепления;

- б) характеристика нажимного механизма сцепления;
- в) характеристика демпфера ведомого диска сцепления.

Все эти характеристики можно определять на любом стенде, снабженном механизмами для нагружения крутящим моментом и осевым усилием, а также измерительными устройствами крутящего момента и угла закручивания, осевого усилия и перемещения.

Коэффициент запаса сцепления определяют путем измерения крутящего момента, при котором начинается проскальзывание ведомого диска относительно ведущих частей сцепления, закрепленных неподвижно. Перед снятием этой характеристики поверхность фрикционных накладок ведомого диска подвергается приработке к рабочим поверхностям маховика и нажимного диска на режимах, указанных ниже. Крутящий момент измеряют при полном включении сцепления и вращении ведомого диска в двух направлениях с частотой вращения $1 \dots 3 \text{ мин}^{-1}$.

В некоторых случаях, особенно при испытаниях центробежных сцеплений, вследствие влияния центробежных сил на передаваемый крутящий момент коэффициент запаса сцепления определяют при вращении сцепления с различной частотой вплоть до максимальной. При этом о начале проскальзывания судят, сравнивая показания двух тахометров, установленных на ведущей и ведомой частях сцепления.

Для снятия характеристики нажимного механизма (рис.93, 1 – нагружение; 2 – разгрузка) устанавливают зависимость усилия на рычагах от их перемещения. Усилие может создаваться механическим или пневматическим устройством. Усилие на рычагах определяют по динамометру, а их перемещение – индикаторами часового типа. По окончании эксперимента строят зависимости усилия P на рычагах нажимного диска от их перемещения f . Петля характеризует потери на трение в шарнирах нажимного диска.

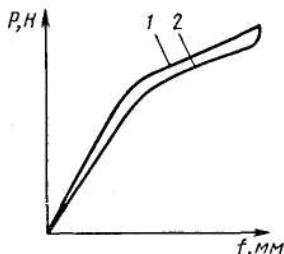


Рисунок 93 - Зависимость усилия на рычагах от расстояния их перемещения

Характеристика демпфера ведомого диска представляет собой зависимость угла перемещения α диска от крутящего момента M . При снятии этой характеристики ступицу диска укрепляют на шлицах неподвижно закрепленного вала, а к диску прикладывают крутящий момент. Угол перемещения определяют с помощью индикатора часового типа. Эксперимент проводят при постепенном вначале увеличении, а затем при уменьшении крутящего момента через каждые $1/2$ град, поворота диска, далее строят график, в координатах крутящий момент M и угол поворота α диска. Площадь петли гистерезиса характеризует способность демпфера гасить колебания (рис.94)

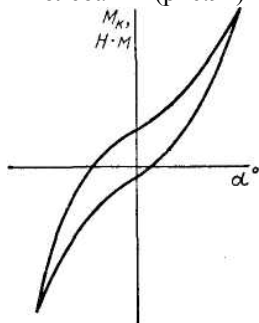


Рисунок 94 - Зависимость угла перемещения α диска от крутящего момента M

Основными характеристиками привода, которые снимают в лабораторных условиях, являются к. п. д. привода, а также зависимость перемещения нажимного диска от хода педали сцепления. К. п. д. привода оценивается по отношению работы, потребной на перемещение нажимного диска ко всей затраченной работе. После снятия перечисленных выше характеристик механизм сцепления в сборе, а также наиболее уязвимую его часть - ведомый диск с фрикционной обшивкой - подвергают испытаниям на центрифуге, в процессе которых определяется прочность деталей к воздействию центробежных сил. При этом ведомые диски и сцепление в сборе легковых автомобилей проверяют при частоте вращения в 2 раза, а грузовых автомобилей в 1,3...1,5 раза превышающей максимальную частоту вращения коленчатого вала двигателя. Испытания длятся обычно 15 мин. Перед началом испытаний сцепление или отдельно ведомый диск с накладками нагревают до температуры 200...300° С. По окончании испытаний де-

тали тщательно осматривают с целью обнаружения возможных повреждений.

Испытания на надежность, включая испытания на долговечность и износостойкость механизма сцепления в сборе и отдельных его элементов, проводят, как правило, на стендах, снабженных инерционными массами, момент инерции которых соответствует моменту инерции вращающихся и поступательно движущихся масс автомобиля. При этом величина ведущей инерционной массы, соединенной с электродвигателем стенда, обычно значительно превышает величину ведомой массы. Ведомую (нагрузочную) массу подбирают по суммарному значению вращающихся частей трансмиссии с колесами и поступательно движущейся массы автомобиля, приведенной к массе ведомого диска сцепления с учетом передаточного числа силовой передачи. Ведомая масса состоит из набора дисков с целью возможности регулирования режима нагружения сцепления.

Испытания заключаются в периодическом включении сцепления и разгона ведомой инерционной массы до частоты вращения, равной частоте вращения ведущей, после чего сцепление выключают и осуществляют торможение ведомой массы. Затем цикл повторяется. Надежность сцепления лимитируется стойкостью фрикционных накладок и других деталей, подверженных износу и усталостным поломкам. Поэтому в практике заводов большой объем составляют испытания отдельно фрикционных колец, шарниров рычагов нажимного диска, пружин и выжимных подшипников, в процессе которых определяется усталостная прочность, термостойкость, износостойкость, а для накладок еще и стабильность коэффициента трения и другие параметры. Фрикционные накладки испытывают на стенде, схема которого дана на рисунок 95.

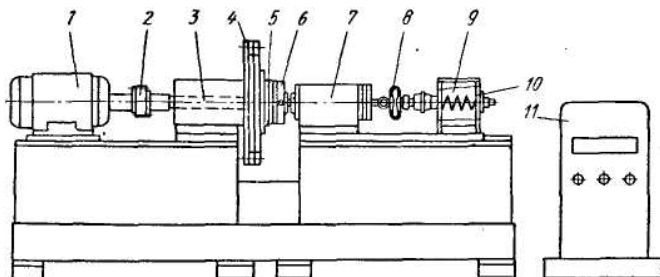


Рисунок 95 – Стенд испытаний фрикционных накладок (по-яснения в тексте)

Стенд имеет электродвигатель 1, который через муфту 2 приводит в движение вал 3. На валу установлены инерционные массы и маховик 4, к которому прикрепляют испытуемую фрикционную накладку 5. С другой стороны накладка прижимается нажимным диском 6, соединенным с оптическим или тензометрическим торсиомером 7 для замера крутящего момента. Накладку прижимает прижимное устройство 9 с пневматическим цилиндром 10 выключения. Усилие, создаваемое пружиной, контролируется динамометром 8. На этом стенде нагрузочной массой является ведущая инерционная масса, а ведомая масса отсутствует. Испытания проводят путем периодического включения электродвигателя, разгона инерционной массы с последующим торможением ее при срабатывании пружинного устройства. При этом испытуемая накладка при каждом включении поглощает заданное количество энергии в определенном диапазоне температур, контролируемом с помощью термопар, которые установлены в нажимном диске, вблизи его рабочей поверхности. Стенд снабжен устройством 11, которое автоматически управляет включением и выключением стенда, поддерживает заданную температуру нагрева испытуемых образцов. Перед испытаниями выполняется серия включений, примерно 50, при температуре $50 \pm 10^\circ \text{C}$ для приработки поверхностей испытуемого кольца и нажимного диска не менее чем на 80% площади их взаимного касания. После приработки измеряют толщину кольца микрометром с точностью до 0,01 мм в нескольких, обычно шести равнорасположенных одна от другой точках, которые специально отмечают и оставляют неизменными на весь период испытаний. Испытания на надежность состоят из серии включений стенда с периодическими остановками через 200...250 включений, во время которых осматривают испытуемые объекты и определяют износ трущихся поверхностей.

Испытаниям подвергают также нажимной механизм и привод сцепления или отдельные их элементы. Испытания проводят на стендах, имеющих кулисный или какой-либо другой механизм для периодического включения и выключения испытуемых объектов.

Испытания на надежность ведутся до предельного состояния объекта, определяемого усталостной поломкой, или до допустимой величины износа, либо до момента, когда темп, т. е. интенсивность износа становится постоянной величиной. В этом случае, если необходимо, например при испытании нового материала, на стенде может быть определен коэффициент трения кольца при различной температуре, обычно в диапазоне $50...250^\circ \text{C}$. Коэффициент f трения вычисляют по формуле:

$$f = \frac{M}{PR_{cp}},$$

где M – момент, фиксируемый торсиомером, Н·м; P – сила прижатия нажимного диска к фрикционному кольцу, Н; R_{cp} – средний радиус кольца, м.

Износостойкость μ , например, фрикционных накладок определяют удельным износом или темпом износа, представляющим собой отношение толщины h износа накладки к числу включений стенда t , либо более общим показателем, который представляет собой отношение объема изношенного материала (определяемого как произведение рабочей поверхности кольца S (см²) на толщину изношенной части накладки в процессе испытаний) к энергии E , поглощенной испытуемым объектом (Н·м) за t включений.

Испытания ведомых дисков по определению упруго-диссипативной характеристики проводят на стендах с равноплечим рычагом (рис. 96).

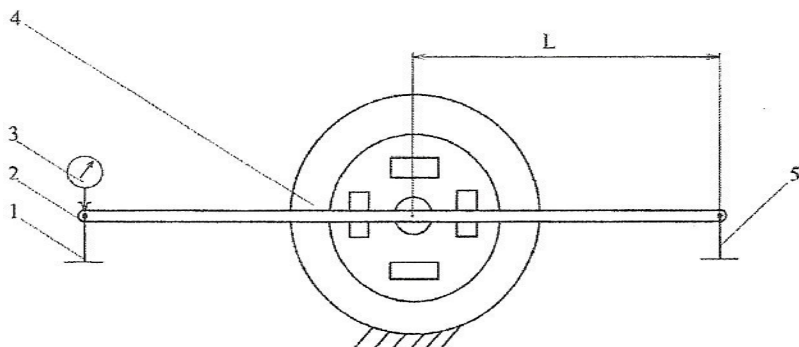


Рисунок 96 - Принципиальная схема стенда для определения упруго-диссипативной характеристики демпфера крутильных колебаний:

1 - левый подвес; 2 - двуплечий рычаг; 3 - датчик перемещений; 4 - испытуемый ведомый диск; 5 - правый подвес

Ведомый диск за фрикционные накладки фиксируется на стенде. Шлицевой вал двуплечего рычага 2 устанавливается в шлицевой ступице диска. Перед испытанием двуплечий рычаг нагружается до упора 20...25 раз.

На левый подвес поочередно укладываются грузы до момента прекращения проворачивания рычага 2, затем грузы поочередно сни-

маются. Испытания повторяют с нагружением правого подвеса. Количество циклов нагружения не менее трех. По полученным данным строится экспериментальная упруго-диссипативная характеристика демпфера, которая сравнивается с заданной в конструкторской документации.

Испытания демпфера крутильных колебаний на долговечность проводят на стенде с одноплечим рычагом, имитирующем реальное нагружение демпфера (рис. 97)

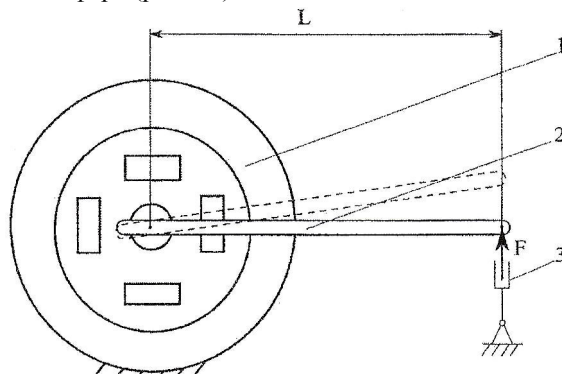


Рисунок 97 - Принципиальная схема стенда для испытания демпфера крутильных колебаний на долговечность:

1 - испытуемый ведомый диск; 2 - рычаг с шлицевым валом; 3 - нагружающее устройство

Ведомый диск устанавливается на шлицевой вал рычага и фиксируется за фрикционные накладки. Под действием силы F от нагружателя 3 (гидравлического или пневматического типа), к демпферу 2 прикладывается крутящий момент. Нагрузочные режимы задаются с учетом статистических данных распределения эффективного крутящего момента на первичном валу коробки передач. Число циклов нагружения определяется исходя из планируемого пробега автомобиля и составляют в пределах от 500 млн. до 1 млрд.

Определение осевой жесткости ведомого диска проводят с целью не только определения его жесткости, но и потерь на трение (рис. 98).

Через имитатор нажимного диска 4 прикладывается усилие к диску в осевом направлении, соответствующее максимальному усилию указанному в конструкторской документации.

Количество циклов нагружения не менее трех. Полученные данные перемещения диска сравниваются с данными конструкторской документации.

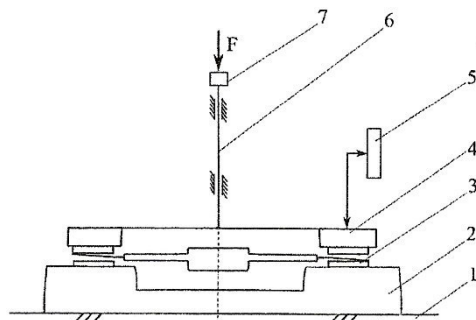


Рисунок 98 - Принципиальная схема стенда для определения жесткости ведомого диска в осевом направлении:

1 - опора стенда; 2 - маховик приводного двигателя; 3 - испытуемый ведомый диск; 4 - имитатор нажимного диска; 5 - датчик перемещения; 6 - нагружающее устройство; 7 - датчик силы

Испытания сегментов ведомого диска на долговечность проводят на стендах, имитирующих реальное нагружение, с гидравлическим, пневматическим или электромеханическим приводами (рис.99).

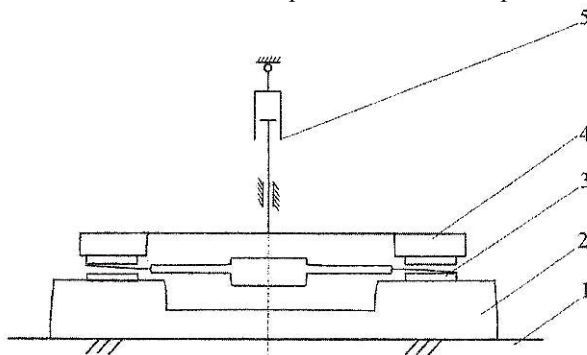


Рисунок 99 - Принципиальная схема стенда для испытаний сегментов ведомого диска на долговечность:

1 - опора стенда; 2 - маховик приводного двигателя; 3 - испытуемый ведомый диск; 4 - имитатор нажимного диска; 5 - нагружающее устройство

Нагрузочные режимы задаются с учетом усилия прижатия фрикционных пар нажимным диском, количество нагружений цикла-ми, в одном цикле количество включений- выключений соответствует среднему количеству включений - выключений сцепления на 100 км пробега автомобиля. Испытания проводят до отказа любого из сегментов или до наступления заданного числа циклов.

Испытания нажимного диска с корзиной в сборе проводят на определение упруго-диссипативных характеристик (рис. 100).

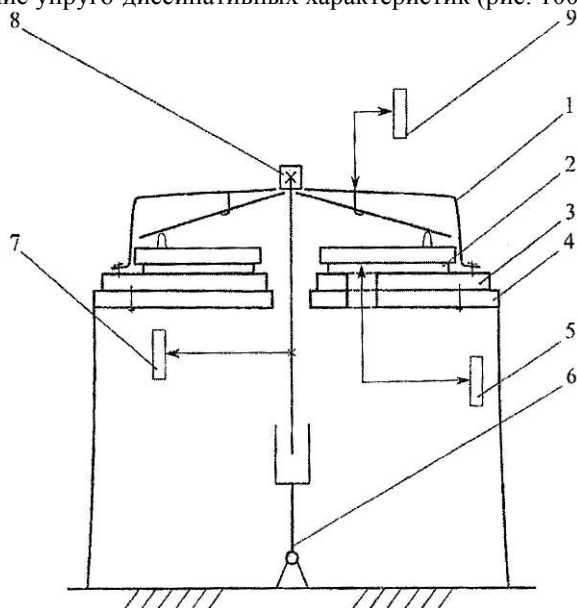


Рисунок 100 - Принципиальная схема стенда для определения упруго-диссипативной характеристики нажимного диска в сборе с корзиной:

1 - испытуемый нажимной диск с корзиной в сборе; 2 - имитатор ведомого диска; 3 - маховик приводного двигателя; 4 - рабочий стол; 5 - датчик перемещения нажимного диска; 6 - нагружающее устройство; 7 - датчик перемещения штока цилиндра; 8 - датчик силы выжимного подшипника; 9 - датчик деформации корзины сцепления

Нагружающее устройство 6 прикладывает через датчик силы 8 и выжимной подшипник усилие к нажимному упругому элементу корзины сцепления. выжимной подшипник перемещается на величину

максимального хода выключения. испытания проводят не менее трех раз (три хода выключения сцепления). По результатам испытаний данные зависимости усилия выключения сцепления от хода выжимного подшипника, деформации опорной стенки сцепления при усилии выключения и хода нажимного диска от хода выжимного подшипника, которые сравниваются с данными конструкторской документации.

Испытания на долговечность нажимного диска с корзиной в сборе проводят на стендах с гидравлическим или электромеханическим приводом, имитирующих работу сцепления в эксплуатации (рис. 101)

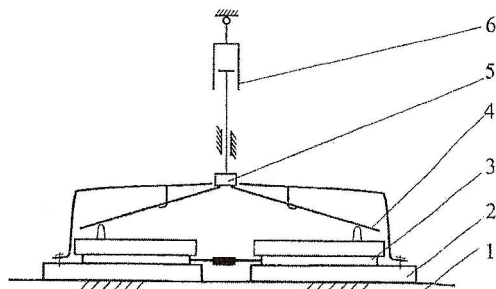


Рисунок 101 - Принципиальная схема стенда для испытаний нажимного диска в сборе с корзиной на долговечность:

1 - рабочий стол; 2 - маховик приводного двигателя; 3 - ведомый диск сцепления; 4 - испытуемый нажимной диск с корзиной в сборе; 5 - имитатор выжимного подшипника; 6 - нагружающее устройство

Нагрузочные режимы выбирают либо по данным режимометрирования трансмиссии, либо равным расчетному из конструкторской документации. Число циклов выключения - включения принимают равными среднему значению работы при пробеге 100 км. Испытания проводят до отказа одной из детали или достижения заданных количеств циклов.

Определение усилия на педали привода сцепления, ее ход, ход нажимного диска и коэффициент полезного действия проводят на стендах имитирующих пространственную геометрию установки узлов и деталей аналогично их установки на машине (рис. 102).

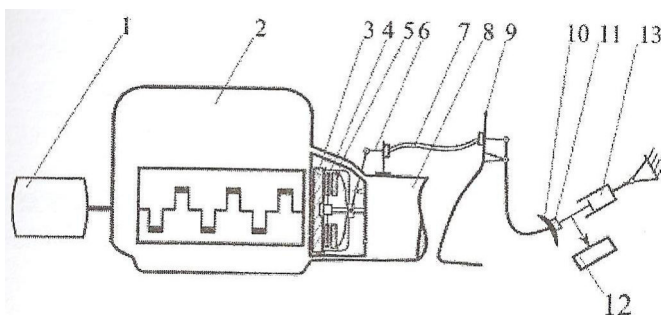


Рисунок 102 - Принципиальная схема стенда для определения характеристик привода сцепления:

1 - приводной электродвигатель; 2 - ДВС; 3 - маховик ДВС; 4 - ведомый диск сцепления; 5 - нажимной диск с корзиной в сборе; 6 - трос привода сцепления; 7 - оболочка троса привода; 8 - картер коробки передач; 9 - стенка крепления педали сцепления; 10 - педаль сцепления; 11 - датчик силы; 12 - датчик перемещения; 13 - устройство для нажатия на педаль сцепления

Перед испытанием проводят обкатку элементов. Педаль сцепления плавно перемещается на заданный ход или до упора в пол, и плавно возвращается обратно до снятия усилия на нее. Проводится не менее трех циклов. По данным испытаний определяется зависимость усилия от хода педали, по которой определяется коэффициент трения в приводе сцепления, полный ход педали, ход нажимного диска и максимальное усилие выключения, которые сравниваются с данными конструкторской документации.

Дорожные испытания

Их проводят с целью определения непосредственно на автомобиле легкости управления сцеплением, плавности включения и чистоты выключения, наличия пробуксовывания, рывков и вибраций по субъективному ощущению испытателя, а также надежности работы сцепления в целом и его элементов, имея в виду прочность и износостойкость отдельных деталей.

Перед испытаниями детали, подверженные износу, подвергают контрольному обмеру, проверяют балансировку вращающихся частей сцепления, определяют осевую нагрузку, которую необходимо приложить к нажимному диску для полного выключения сцепления, а также ход нажимного диска, после чего сцепление устанавливают на автомобиль. Сцепление обкатывают в течение 200 км пробега автомобиля по

определенному маршруту, изобилующему поворотами, требующими частого переключения передач, а следовательно, и работы сцепления. Однако частоту этих поворотов выбирают такой, чтобы происходила нормальная приработка и исключался перегрев сцепления.

В зависимости от категории автомобиля, для которого предназначено сцепление, установившейся практики на автомобильных заводах и других обстоятельствах программа дорожных испытаний сцепления может включать различные режимы, отражающие специфику эксплуатации. Тем не менее все программы, как правило, предусматривают определенное количество троганий с места на низшей передаче, в том числе на режиме максимальной мощности двигателя, движение на подъемах различной крутизны, включая подъемы, близкие к тем, которые способен преодолеть автомобиль, а также движение автомобиля с максимальной скоростью. В промежутке между указанными маневрами или их сериями предусматривается пробег автомобиля для охлаждения сцепления.

В качестве примера можно привести одну из программ ускоренных дорожных испытаний легкового автомобиля, в соответствии с которой испытания состоят в 33-кратном повторении следующего цикла: три трогания с места на первой передаче при режиме максимальной мощности двигателя на подъеме, близком к $2/3$ максимального подъема, преодолеваемого автомобилем. Интервал между двумя последовательными троганиями с места равен 10 с. Далее производят пробег для охлаждения сцепления. После 16 циклов, равных 48 троганиям с места, выполняется пробег автомобиля на 1000 км с максимальной скоростью. После завершения 33 циклов производят аналогичный пробег на 2000 км. По окончании испытаний сцепление снимают и отправляют для анализа его состояния, снятия характеристик и т. д.

Испытания сцепления на надежность по параметрам усталостной прочности и износостойкости проводят путем длительного пробега (10 000 км и более), по специальному маршруту.

В процессе испытаний в протоколе, имеющем специальную форму, указывают операции по регулировке, а также все отмеченные неисправности.

После испытаний сцепление снимают с автомобиля, осматривают, снимают необходимые характеристики, разбирают, обмеривают и анализируют состояние отдельных деталей.

4.5.3 Испытания коробки передач

При испытании коробки передач в лабораторных и дорожных условиях определяют ее основные характеристики, статическую прочность и долговечность, а также изучают различные процессы ее работы. Методы стендовых контрольных и приемочных испытаний коробок передач регламентированы отраслевым стандартом. Применяют стенды как замкнутого, так и разомкнутого типов.

Во время испытаний устанавливают величину и положение пятна контакта зубьев шестерен всех передач под нагрузкой, температурную характеристику, общий уровень вибраций и шума, жесткость конструкции, качество работы синхронизаторов и механизма управления коробкой передач и КПД коробки передач.

Вязкость масла, заливаемого в картер коробки передач, а следовательно, и его смазывающие свойства зависят от температурного состояния коробки передач. Во время дорожных испытаний, особенно при движении по горным или грунтовым дорогам летом, температуру масла измеряют регулярно. Оценивают температурное состояние коробки передач по максимальной и средней температуре масла за пробег.

На стенде температурное состояние коробки передач устанавливают или по времени ее непрерывной работы в постоянном режиме, при котором температура масла повышается от 40 до 120 °С, или по величине и интенсивности повышения температуры масла в течение заданного срока от 40 °С (при температуре окружающего воздуха 15...20 °С и отсутствии искусственного охлаждения). Постоянный режим работы коробки передач в обоих случаях соответствует режиму максимальной мощности двигателя.

Температурную характеристику коробки передач определяют на стенде разомкнутого типа (рис 103 а).

Стенд имеет балансирный электродвигатель 1, вращающий первичный вал коробки передач 2, вторичный вал которой через редуктор 5 соединен с балансирным электротормозом 4. Крутящие моменты измеряют динамометрами 5. Этот стенд используют и для определения КПД коробки передач. Измеряя крутящие моменты на первичном M_1 и на вторичном M_2 валу коробки передач, величину КПД определяют по формуле

$$КПД = \frac{M_2}{M_1 \cdot i_k},$$

где i_k – передаточное отношение коробки передач.

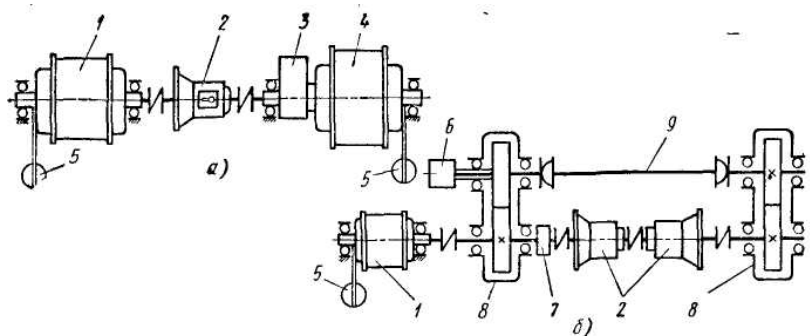


Рисунок 103 - Стенд испытания коробок передач:

а - разомкнутого типа; б - замкнутого типа

В испытаниях на стенде можно получить зависимость КПД коробки передач от нагрузки, частоты вращения ее валов и температурного состояния. Однако при контрольных и приемочных испытаниях ограничиваются определением КПД на всех передачах при двух постоянных режимах с максимальным крутящим моментом и с максимальной мощностью двигателя. По отраслевому стандарту КПД коробки передач определяют на стенде замкнутого типа (рис 103 б). Замкнутый контур, состоящий из двух коробок передач 2, двух редукторов 8, карданного вала 9, вращается балансирно установленным электродвигателем 1. Нагрузка в замкнутом контуре создается вращающимся гидроцилиндром 6. Крутящий момент M_x измеряется преобразователем 7, а M_1 необходимый для вращения замкнутого контура – динамометром 5. При определении КПД коробки передач необходимо учесть трение в редукторах 8. Для этого, установив вместо коробок передач карданный вал, определяют крутящий момент M_2 , необходимый для прокручивания замкнутого контура.

Испытания коробок передач на вибрацию и шумность производят на всех передачах на стенде разомкнутого типа с малозумным тормозом при максимальной частоте вращения без нагрузки и с полной нагрузкой. Стенд помещают в специальную изолированную от шума камеру. Уровень помех должен быть не менее чем на 7 дБ ниже уровня измеряемого шума. Вибропреобразователь крепят непосредственно к картеру коробки передач, а микрофон устанавливают на расстоянии 250 мм от стенки картера. Общий уровень шума измеряют в нескольких октавных полосах. Для выявления источников колебаний, наиболее вероятными из которых являются зубчатые колеса и под-

шипники, определяют спектральный состав шума и вибраций. Частоты колебаний и вибраций (в Гц) можно рассчитать по формуле

$$f_{Ki} = 0,5k_z\omega_e Z_i/\pi,$$

где k_z – номер гармоники; Z_i – число зубьев шестерни или число шариков (роликов) в подшипнике; ω_e – угловая скорость вращения вала (рад/с), на котором находится шестерня или подшипник.

Герметичность уплотнений валов и разъемов картера при заглушенных отверстиях проверяют визуально после заливки в картер коробки передач маловязкого масла до уровня наливной пробки и подачи сжатого воздуха под давлением порядка 0,03 МПа.

Статическую прочность коробки передач определяют по нагрузкам, разрушающим наиболее слабое ее звено. При испытании на крутильных машинах на всех передачах (включая задний ход) определяют запас прочности коробки передач, который подсчитывают как отношение разрушающего крутящего момента, приложенного к первичному валу коробки передач, к максимальному крутящему моменту двигателя автомобиля, на котором установлена коробка передач.

При испытании коробки передач определяют долговечность шестерен (на изгибную и контактную усталость, а также на абразивный износ), подшипников качения (на контактную усталость и на абразивный износ), подшипников скольжения, муфт переключения передач (синхронизаторов, торцовых поверхностей зубьев шестерен и т. д.), сальников, деталей механизма переключения передач и картера коробки передач. Для автоматической коробки передач число испытаний, естественно, больше. Некоторые виды испытаний объединяют, применяя комбинированные стенды.

Долговечность уплотнений (сальников) определяют на прямой передаче при угловой скорости вращения первичного вала коробки передач от 105 рад/с до угловой скорости ω_{max} , соответствующей режиму максимальной мощности двигателя. Длительность испытаний составляет не менее 600 ч.

Во время стендовых испытаний устанавливают влияние различных конструктивных и технологических факторов на работу синхронизаторов коробок передач. Конструкция стенда обеспечивает требуемый режим включения. При испытаниях измеряют следующие параметры: усилие, действующее на рычаге, переключения передач, время синхронизации, синхронизирующий крутящий момент, частоту вращения валов. Силу, необходимую для включения синхронизаторов, измеряют с помощью тензорезисторов, наклеиваемых на вилки переключения передач.

Работоспособность синхронизатора оценивают по усилиям, прикладываемым к рычагу для осуществления всех процессов синхронизации; по числу случаев самовыключения муфты синхронизатора и пробивания синхронизатора, т. е. его включения до полного выравнивания скоростей вращения соединяемых валов.

Форсированные ресурсные стендовые испытания дают возможность в кратчайшие сроки определить долговечность синхронизаторов. Стенд работает автоматически по программе, которую вводят с помощью перфоленты. Форсируют испытания как повышением частоты включения, так и увеличением работы буксования при каждом включении. Для составления программы и определения коэффициентов перехода проводят предварительно исследование работы синхронизаторов в типичных эксплуатационных условиях.

Принципиальная схема стенда для ресурсных испытаний синхронизаторов (рис 104 а). Первичный вал испытываемой коробки передач 4 соединен с маховиком 3 и электродвигателем 2; вторичный вал - с маховиком 6 и электродвигателем 7.

Включение передач осуществляют при помощи гидроцилиндра 8, на который воздействуют через блок управления 9. Цикл испытаний состоит в разгоне первичного вала до угловой скорости вращения ω_1 (при нейтральном положении рычага коробки передач), включений передачи (цилиндром 8 при полном выравнивании скоростей двух соединяемых валов) и ее выключении. Работа буксования синхронизатора зависит от моментов инерции маховика 3 и ротора электродвигателя 2, а также от соотношения частот вращения первичного и вторичного валов коробки передач. Стенд контролируется первичными преобразователями частот вращения 1, а также крутящего момента 5.

Для экспериментальной оценки качества работы автоматических коробок передач необходим ряд дополнительных (по сравнению с обычными механическими коробками передач) испытаний, в которых прежде всего определяют:

- зависимость моментов переключения передач от скорости движения автомобиля и нагрузки на ведомом валу коробки передач;
- характеристики всех клапанов гидросистемы управления коробкой передач;
- моменты трения в тормозах и фрикционах системы переключения передач. При ресурсных испытаниях устанавливают долговечность механической части коробки передач и автоматической системы управления.

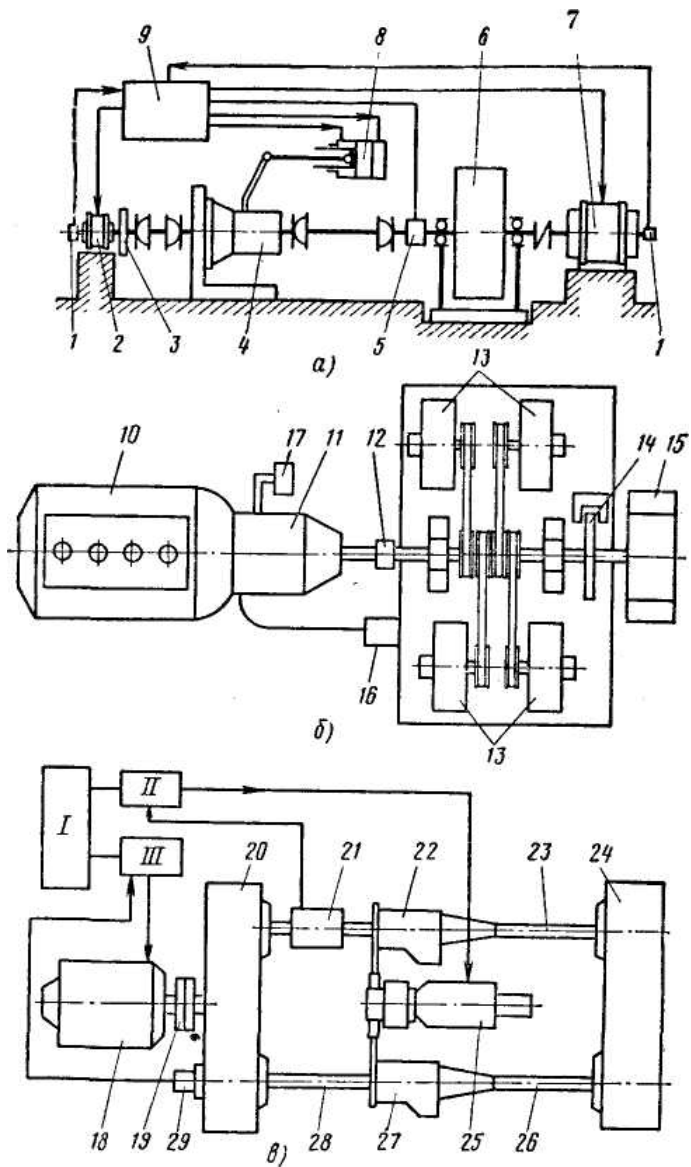


Рисунок 104 - Типы стендов для испытания коробок передач



Рисунок 105 - Стенд испытания МКП Фольксваген:

1 - пульт управления; 2 - рама станции нагрузочно - приводной; 3 -шкаф электрооборудования; 4 -кожух защитный; 5 -КПП, обкатываемая на стенде; 6 - электродвигатель приводной; 7 - электродвигатель нагрузочный; 8 - персональный компьютер пользователя стенда; 9 - интерфейс для связи пульта управления проверочного стенда с компьютером.

Принципиальная схема стенда для ресурсных испытаний синхронизаторов показана на рисунке 106.

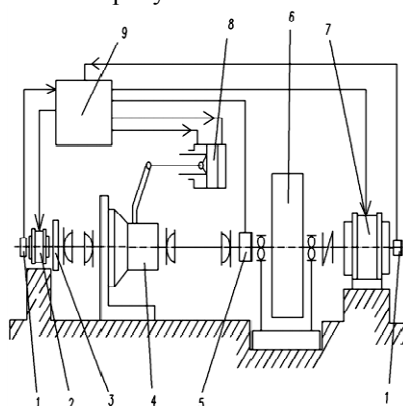


Рисунок 106 - Схема стенда для испытаний синхронизаторов (пооянения в тексте)

Первичный вал испытываемой коробки передач 4 соединен с маховиком 3 и электродвигателем 2; вторичный вал – с маховиком 6 и электродвигателем 7. Включение передач осуществляют при помощи гидроцилиндра 8, на который воздействуют через блок управления 9. Цикл испытаний состоит в разгоне первичного вала до угловой скорости вращения ω_1 (при нейтральном положении рычага коробки передач), включений передачи (цилиндром 8 при полном выравнивании скоростей двух соединяемых валов) и ее выключении. Работа буксования синхронизатора зависит от моментов инерции маховика 3 и ротора электродвигателя 2, а также от соотношения частот вращения первичного и вторичного валов коробки передач. Стенд контролируется первичными преобразователями частот вращения 1, а также крутящего момента 5.

Для получения характеристик автоматической коробки используют, например, инерционный стенд (см. рис 104 б). Испытываемая автоматическая коробка передач 11 приводится во вращение двигателем внутреннего сгорания 10. Для имитации различных эксплуатационных режимов работы используются тормоза – электромагнитный 15 и механический дисковый 14. Для воспроизведения на стенде режима разгона имеются вращающиеся барабаны 13, соединенные клиноременными передачами с ведомым валом автоматической коробки передач.

Нагрузка при испытаниях контролируется преобразователем крутящего момента 12. Управление коробкой передач осуществляется устройством для выбора передач 17 и электромагнитом включения режима 16. Управление электромагнитным тормозом 15 и дроссельной заслонкой карбюратора автоматизировано и осуществляется по определенной программе. При этом возможно и ручное управление стендом. Контрольные и регистрирующие приборы позволяют определить частоту вращения двигателя и ведомого вала коробки передач 11, крутящий момент на ведомом валу и положение дроссельной заслонки, температуру в картере, коробки передач. Записав показатели работы автоматической коробки передач, можно исследовать процесс переключения передач.

Испытание по числу оборотов двигателя неподвижного автомобиля для автоматической коробки передач. Испытание проводится для проверки общих характеристик двигателя и коробки передач, муфт, тормозов планетарного редуктора на стенде или полигоне на автомобиле с жестко заблокированными колесами от проворачивания, путем измерения оборотов двигателя при переключении на диапа-

зон «**D**» или «**R**» и при полном нажатии на педаль акселератора. Испытание проводится при температуре рабочей жидкости 50 – 80 °С, время испытания - 5 с. По результатам испытаний сравнивают частоту вращения коленчатого вала на каждом режиме с показателями конструкторской документации.

Измерение задержки по времени включения передач. Испытания проводятся при заторможенных колесах автомобиля и полном включении стояночного тормоза. на частоте оборотов холостого хода (для всех марок автомобилей это число индивидуальное и колеблется в пределах 750 - 900 мин⁻¹). Селектор переводится из положения «**N**» в положение «**D**», замеряется время включения передачи (до ощущения удара). Задержка по времени не должна превышать 1,2 секунды.

Таким же образом измеряется задержка времени включения передачи заднего хода при переключении с диапазона «**N**» на диапазон «**R**». Задержка по времени не должна превышать 1,5 секунды.

Испытание давления жидкости. Проводится для проверки работы золотников в гидравлической системе управления, а также для проверки герметичности системы.

При проведении испытания измеряется давление после центробежного регулятора при заданной скорости автомобиля и давление в магистрали при числе оборотов двигателя, соответствующих конструкторской документации завода-изготовителя.

Давление в магистрали в диапазоне «**D**» на холостом ходу (750 - 900 мин⁻¹) должно соответствовать 0,37 до 0,43 МПа.

Давление в магистрали в диапазоне «**D**» при числе оборотов двигателя неподвижного автомобиля (2100 - 2600 мин⁻¹) должно соответствовать т от 0,92 до 1,07 МПа.

В диапазоне «**R**» на холостом ходу должно соответствовать от 0,54 до 0,72 МПа.

В диапазоне «**R**» при числе оборотов двигателя неподвижного автомобиля (2100 - 2600 мин⁻¹) должно соответствовать от 1,44 до 1,68 МПа.

Дорожные испытания АКП

Эти испытания проводятся, когда автомобиль находится в движении и коробка передач переключается на повышенные и пониженные передачи, для проверки, соответствуют ли точки переключения стандартным величинам, а также для проверки на удары, буксование, ненормальные шумы и т.д.

Проводить испытания необходимо при нормальной рабочей температуре жидкости 50 - 80°С.

Испытания в диапазоне «D»

Включить диапазон «D» и удерживать педаль подачи топлива полностью нажатой. Проверить последовательность переключения передач с 1 на 2, со 2 на 3 и с 3 на ПП (повышающую передачу), моменты переключения должны соответствовать числу оборотов двигателя и скорости автомобиля.

Проверка на удары и буксование проводится на режимах при переключении передач - 1-2, 2-3, 3-ПП.

Проверка механизма блокировки. Двигаясь с включенным диапазоном «D», на повышающей передаче с включенной блокировкой, со скоростью 70 км/ч, слегка нажимают на педаль подачи топлива и замечают изменение частоты вращения коленчатого вала двигателя. Изменение частоты вращения не должно превышать 100-200 мин⁻¹.

Испытание в диапазоне «2».

Включить селектор переключения передач на диапазон «2» и, двигаясь при полностью нажатой педали подачи топлива, проверить время переключения с 1-й на 2-ю передачу, затем отпустить педаль подачи топлива и провести замер режима торможения двигателем. Полученные значения должны соответствовать значениям, указанным в конструкторской документации завода-изготовителя.

Испытание в диапазоне «L»

При движении с включенным диапазоном «L» убедитесь в возможности переключения на 2-ю передачу. Отпустить педаль подачи топлива и провести замер режима торможения двигателем. Полученные значения должны соответствовать значениям, указанным в конструкторской документации завода-изготовителя.

Испытание в диапазоне «R»

Включить диапазон «R» и, трогаясь при полностью нажатой педали подачи топлива, проверить наличие буксования.

Испытание в диапазоне «P»

Установить автомобиль на уклоне (более 5°) и после переключения на диапазон «P» выключить стояночный тормоз. Убедитесь, что механизм фиксации ручного тормоза удерживает автомобиль на месте.

Классификация стендов для испытаний агрегатов трансмиссии автомобиля.

На стендах для испытания трансмиссии автомобиля в зависимости от их назначения определяют:

- долговечности деталей и узлов трансмиссии (испытания на износ и усталость);
- статическую прочность и жесткость узлов и деталей;

- температурные характеристики агрегатов трансмиссии;
- уровень шума и вибраций;
- пятна контакта зубьев шестерен;
- специальные характеристики узлов трансмиссии.

В большинстве случаев применяют универсальные стенды, на которых определяют несколько показателей. Так, например, на стенде для испытаний на долговечность определяют температурные характеристики и уровень шума и вибраций, а на стенде для испытаний на статическую прочность находят жесткости узлов и т. д.

Стенды для испытания узлов трансмиссии в зависимости от способа нагружения можно разделить на следующие группы:

- с прямым нагружением (с разомкнутым потоком мощности);
- с замкнутым контуром;
- с динамической нагрузкой;
- с нагрузкой от маховых масс.

Специальные стенды предназначены для исследования различных характеристик механизмов трансмиссии автомобиля.

К первой группе стендов относят стенды для испытания коробок передач, карданных передач, раздаточных коробок, ведущих мостов и всей трансмиссии. Нагрузка в них передается обычно от балансирных гидро- или электродвигателей, а торможение - от гидро- или электротормозов. Преимуществами этих систем являются легкость управления и программирования при ступенчатых нагрузках, возможность определения КПД и использование только испытываемого узла (без установки технологического). Недостаток этих стендов, связанный с большим расходом энергии, можно устранить возвратом энергии, затраченной на вращение узла. Применяя в качестве тормозного устройства генератор постоянного тока или используя замкнутые гидросистемы, можно значительно снизить расход энергии при использовании стендов с прямым нагружением. Большой момент инерции ротора электрогенератора ограничивает использование программ со случайным нагружением.

На стендах второй группы широко испытывают узлы трансмиссии на долговечность и шумность работы, определяют КПД и подбирают смазки. В этих стендах нагрузка на испытываемый узел создается силами упругости, возникающими в замкнутом контуре при применении специальных нагружателей. При малом расходе энергии возможно нагружение по любой программе. Недостаток - необходимость применения дополнительного технологического узла.

В стендах с замкнутым контуром конструкция нагрузителя должна обеспечивать пуск стенда без нагрузки, возможность изменения нагрузки на ходу, высокую точность и быстроту выполнения команд для применения случайных программ нагружения. В настоящее время разработано большое число различных конструкций нагружающих устройств. Наиболее перспективными из них являются вращающиеся гидроцилиндры, которые удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к нагружающим устройствам.

На рисунке 107 приведена принципиальная схема стенда с замкнутым контуром для испытания раздаточных коробок.

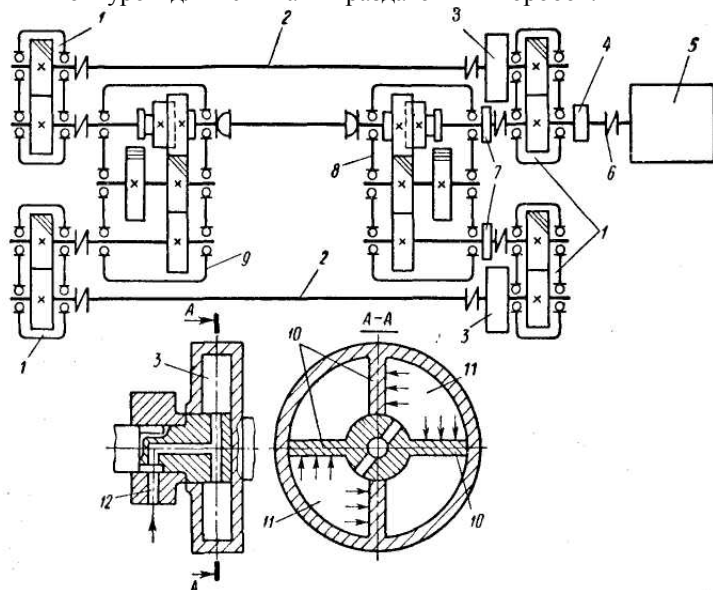


Рисунок 107 - Схема стенда с замкнутым контуром для испытания раздаточных коробок автомобиля

Испытываемая раздаточная коробка 8 соединена карданными валами с технологической раздаточной коробкой 9. Система приводится во вращение электродвигателем 5 через муфту 6. Два замкнутых контура системы, наличие которых необходимо для испытания всех шестерен валов и подшипников раздаточной коробки, создаются редукторами 1 и валами 2. Нагружающие устройства 3 выполнены в виде вращающихся цилиндров. Давление в полостях 11 вращающегося цилиндра создается маслом, поступающим через отверстие 12 от гидро-

насоса и оказывающим воздействие на лопасти 10, тем самым создаются требуемые крутящие моменты в замкнутых контурах. Для контроля заданной программы испытаний раздаточной коробки в системе предусмотрены преобразователи частоты вращения 4 и крутящих моментов 7.

На стендах третьей группы динамическая нагрузка создается гидровибраторами, гидропульсаторами, механическими вибраторами и т. д. Такие стенды используют для испытания на долговечность, например, карданных валов и полуосей.

Стенды четвертой группы предназначены для испытания сцеплений и синхронизаторов коробок передач на износ, а также некоторых узлов трансмиссии - на усталостную долговечность.

На этих стендах можно довольно точно имитировать действительные нагрузочные режимы работы трансмиссии автомобиля без применения сложных гидравлических или электрических устройств. Однако они имеют сложную конструкцию и больший, чем у стендов других типов, расход энергии.

Специальные стенды применяют для различного рода вспомогательных испытаний: определения критической частоты вращения карданного вала и жесткости картеров заднего моста, центрифугирования сцеплений и т. д.

Для испытания коробок передач на долговечность в большинстве случаев используют стенды с замкнутым контуром, на которых можно легко осуществить ступенчатое нагружение и нагружение по схеме случайного процесса. Схема стенда замкнутого типа приведена на рисунке 104 в. Электродвигатель 18 через упругую муфту 19 вращает редуктор 20, распределяющий вращение на две параллельные ветви, которые замыкаются редуктором 24. Испытываемая коробка передач 22 динамометрической муфтой 21 и карданным валом 23, а технологическая коробка передач 27 карданными валами 26 и 28 соединены с редукторами 20 и 24. Нагружающее устройство 25 состоит из гидроусилителя и редуктора, шестерни которого находятся в зацеплении с зубчатыми секторами, укрепленными на картерах коробок передач.

Таким образом, нагрузкатель, поворачивая картеры коробок передач, закручивает валы замкнутого контура, создавая в них требуемые нагрузки. Величина крутящего момента контролируется динамометром 21, частота вращения – преобразователем 29, который соединен с валом редуктора 20. Стенд имеет автоматизированную систему управления.

Блок автоматизированной системы управления стендом включает узел считывания и преобразования программы I, состоящий из лентопротяжного механизма, электронного коммутатора, электронной памяти и цифро-аналоговых преобразователей; узел управления крутящим моментом II, состоящий из устройства сравнения и элементов управления гидроусилителем нагружающего устройства (сигнал обратной связи поступает от динамометрической муфты 21) и узел управления скоростью вращения первичного вала коробки передач III, состоящий из устройства сравнения, тиристорного регулятора, усилителя обратной связи, получающего сигнал от преобразователя частоты вращения 29.

На этом стенде долговечности механизма передач и синхронизаторов на каждой передаче определяют отдельно, так как в процессе испытания передачи не переключают. Более перспективными, но в то же время более сложными и дорогостоящими, являются стенды, на которых во время испытаний возможно переключение передач.

На современных испытательных стендах с автоматизированной системой управления можно воспроизводить любой вид нагружения. Создавать реальные нагрузки, которые коробка передач (или другой узел трансмиссии) испытывает в действительных условиях, а также ступенчатые нагрузки можно с помощью гидравлических вращающихся цилиндров. Эти цилиндры весьма точно воспроизводят любой тип нагрузки и создают крутильные колебания, соответствующие программе. Усилия, необходимые для нагружения испытываемых узлов, возникают за счет гидростатического действия жидкости. Регулировать величину усилия можно с помощью специальных клапанов.

Оценивают крутильные колебания по величине крутящего момента или по величине угла закручивания. В первом случае применяют динамометрический вал (преобразователь момента), во втором – преобразователь угла закручивания. Однако принципиальной разницы в конструкции обоих преобразователей нет. Вращающиеся цилиндры для более точного воспроизведения низкочастотной и высокочастотной нагрузок могут быть установлены одновременно и на ведущем, и на ведомом валах.

Принципиальная схема управления автоматизированным стендом для испытания коробок передач на долговечность (рис. 108).

Эта схема может быть использована также при испытании любого другого узла автомобиля. Силовой возбудитель 2, которым может быть вращающийся гидроцилиндр, гидровибратор, гидропульсатор и т. д., создает нагрузку на детали испытываемого узла 1. Нагрузка кон-

тролируется измерителем нагрузки 3. Гидронасос 4 создает необходимое рабочее давление в гидросистеме, обеспечивая работу силовых узлов.

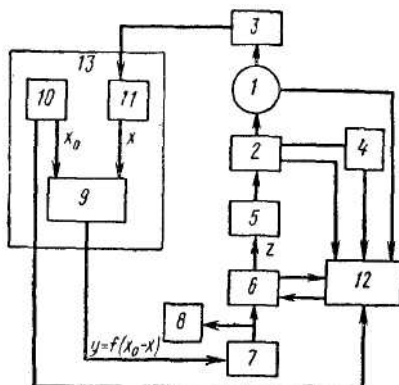


Рисунок 108 - Принципиальная схема управления автоматизированным стендом для испытания коробок передач на долговечность

Работа силового возбудителя регулируется сервоклапаном 5, исполнительным механизмом 6, с помощью которого выполняют программу испытаний, и усилительно-преобразовательным элементом 7, получающим команду от измерителя рассогласования 13 включающего задающее устройство 10, элемент, контролирующей нагрузку 11 и сравнивающее устройство 9. Система управления также имеет счетчик циклов и программных блоков 8 и элемент аварийной защиты 12.

Управление исполнительным механизмом силового возбуждения осуществляется по командам измерителя рассогласования. Задающее устройство, считывающее программу нагружения с перфоленты (или магнитной ленты), вырабатывает командный сигнал x_0 , который, поступая в сравнивающее устройство, сравнивается с сигналом обратной связи x , поступающим от испытываемой конструкции через контролирующей нагрузку элемент. Окончательный командный сигнал $y = f(x_0 - x)$ поступает из сравнивающего устройства в усилительно-преобразовательный элемент, где он преобразуется в сигнал, формирующий программу нагружения.

Испытания на статическую прочность коробок передач связаны с возможностью появления в процессе эксплуатации пиковых нагрузок

9превышающие максимальный момент двигателя в несколько раз), возникающих по причине нарушения включения сцепления при трогании с места. Для испытаний используют статические стелды (рис. 109) [15].

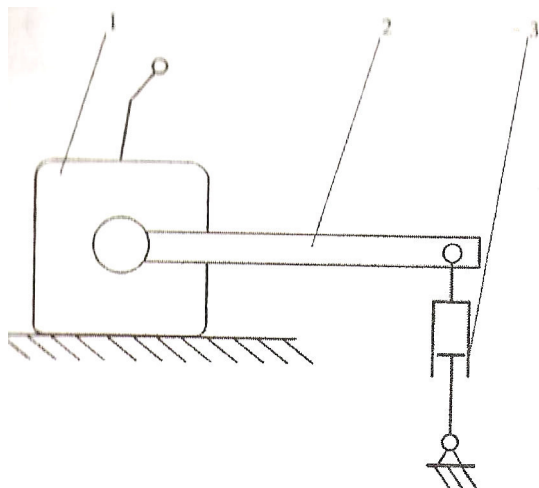


Рисунок 109 - Принципиальная схема стелда для определения статической прочности коробки передач

1 - испытуемая коробка передач; 2 - рычаг; 3 - нагружающее устройство

При проведении испытаний вторичный вал коробки передач блокируется от проворачивания. При включении соответствующей передачи к первичному валу прикладывается крутящий момент, величина которого задается конструкторской документацией.

Статическая прочность коробки считается удовлетворительной, если в процессе испытаний под воздействием приложенных нагрузок не произошло поломок валов, зубьев шестерен, синхронизаторов, стенок картера коробки.

4.5.4 Испытания ведущих мостов

Ведущий мост и его главную передачу с дифференциалом в лабораторных условиях подвергают, так же как и коробку передач, испытаниям по определению потерь на трение шестерен и смазываемость трущихся поверхностей деталей на аналогичных установках с

прямым потоком мощности, показанных на рисунке 110 (ГОСТ Р 53804-2010).

Балансирный электродвигатель 1 соединяется с ведущей шестерней главной передачи 2, а полуоси - с балансирными генераторами 3 и 4, которые поглощают передаваемую мощность. На этих стендах определяется к. п. д. главной передачи, а также распределение крутящих моментов между полуосями. Жесткость и статическую прочность ведущего моста, его шестеренчатых передач, валов и подшипников определяют путем закручивания вала ведущей шестерни главной передачи при неподвижных полуосях.

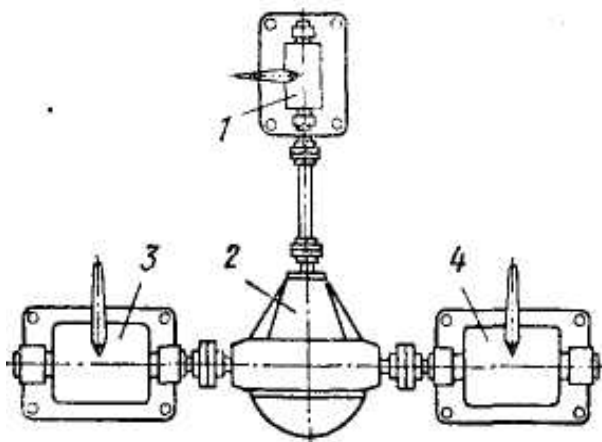


Рисунок 110 - Схема стенда с прямым потоком мощности для испытаний главных передач ведущих мостов (пояснения в тексте)

При испытаниях измеряют упругие деформации картера, чашки дифференциала, конической пары и подшипников, нагружая узел моментом, который соответствует максимальному моменту двигателя, умноженному на передаточное число первой передачи или заднего хода при соответствующем направлении вращения ведущей шестерни. На основании произведенных замеров устанавливают суммарные и относительные перемещения ведущей и ведомой шестерен и в случае отклонения этих величин от допускаемых дают рекомендации по увеличению жесткости некоторых деталей данного узла.

Поскольку ведущие мосты являются элементом ходовой части автомобиля, воспринимающей внешние нагрузки, то их картеры также испытывают на жесткость и статическую прочность в условиях приложения внешних сил по схеме, показанной на рисунке 111.

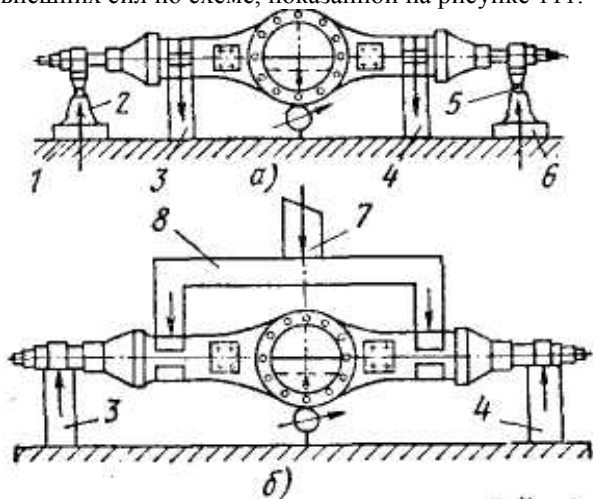


Рисунок 111 - Схемы установок при испытании корпуса ведущего моста (а и б - типы установки мостов на испытания) (пояснения в тексте)

По схеме на рисунке 111, а мост рессорными площадками укрепляют на подставках 3 и 4, а к концам чулок прикладывают нагрузку, например с помощью домкратов 2 и 5 с динамометрами 1 и 6. В схеме на рисунке 111 б картер моста концами чулок устанавливают на опорном столе стенда типа гидравлического пресса с помощью подставок 3 и 4. Нагрузка действует сверху через шток 7 на жесткую раму 8. В этом случае схема нагружения ближе к реальной. Деформации характерных точек моста измеряют индикаторами, механическими и электрическими тензометрами.

Наиболее полная оценка характеристик жесткости и статической прочности балки моста может быть получена после испытаний с приложением к ней соответствующих сил и моментов, имитирующих действие, кроме вертикальной и тормозной нагрузок, боковых сил и их моментов. Такие испытания могут быть осуществлены на том же стенде с помощью простейших добавочных приспособлений.

Усталостную прочность балок мостов оценивают путем испытаний на специальных стендах-пульсаторах (их описание будет дано ниже), создающих переменную нагрузку, которая имеет какую-либо фиксированную частоту и амплитуду, обычно близкие к максимальным, либо задается по специальной программе, отражающей реальные условия эксплуатации.

На долговечность ведущие мосты, так же как и коробки передач, испытывают на стендах с открытым и чаще с замкнутым потоком мощности. Принципиальная схема стенда с замкнутым потоком мощности дана на рисунке 112.

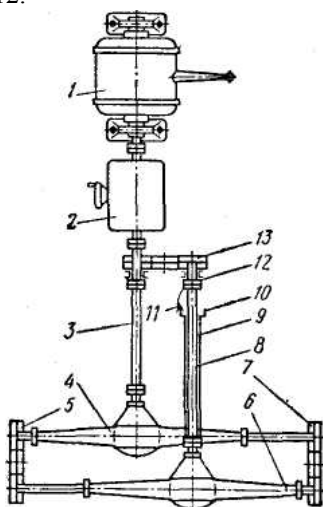


Рисунок 112 - Схема стенда с замкнутым потоком мощности, предназначенного для испытаний ведущих мостов (пояснения в тексте)

От электродвигателя 1 и редуктора 2 крутящий момент подается на замкнутый контур, образованный двумя испытываемыми мостами 4 и 6, полуоси которых соединены шестеренчатыми передачами 5 и 7, а ведущие конические шестерни - через карданные валы 3 и 8 с шестеренчатой передачей 13. Нагружение контура производят закручиванием вала 8 посредством муфты 12, а величину закручивающего момента контролируют по показаниям динамометрического устройства, которое состоит из жесткой трубы 9 и шкалы 10 со стрелкой 11.

Дорожные испытания. Испытания проводят на полностью нагруженном автомобиле, который оборудован опытными агрегатами,

прошедшими предварительный контроль в лаборатории. Коробки передач, а также раздаточные коробки и ведущие мосты, если последние имеют несколько передач, оборудуют электрическими счетчиками включений каждой передачи. Для коробок передач устанавливают скорость, соответствующую режиму максимальной мощности, и отмечают на спидометре специальными метками. Подготовленный к испытаниям автомобиль проходит специальную обкатку, равную 3000 км пробега, для приработки шестерен, подшипников и других трущихся деталей.

При обкатке частота вращения двигателя не должна превышать 65% максимальной частоты при пробеге до 1500 км и свыше 80% в интервале 1500-3000 км пробега.

В процессе обкатки ограничивается не только частота вращения, но и углы открытия дроссельной заслонки или ход рейки топливного насоса, например при движении автомобиля на подъемах. Испытания проводят при пробеге автомобиля по маршруту, включающему прямолинейные участки для разгона автомобиля, кривые различных радиусов, а также подъемы и спуски. Методика испытаний предусматривает определенное число троганий автомобиля с места на низших передачах, в том числе на подъеме с крутизной, равной $\frac{2}{3}$ максимальной, которая может быть преодолена автомобилем. Подъем преодолевается на режиме максимальной мощности двигателя.

Разгон автомобиля должен производиться максимально быстро, а замедление - посредством перехода на низшие передачи. Тормоз нужно использовать только при движении автомобиля с малыми скоростями (20-30 км/ч). Переключение передач производится при достижении максимальной частоты вращения двигателя, которую контролируют по тахометру или по специальным отметкам на спидометре, нанесенным при подготовке автомобиля к испытаниям. Определяют также количество километров, которое при испытаниях автомобиль проходит при движении задним ходом. Ездой с выключенными передачами, как правило, в процессе пробега пользоваться запрещается. В конце каждого испытательного заезда осматривают агрегаты, контролируют уровень смазки, фиксируют возможные ее утечки на крышках, прокладках, сальниках и пр. Испытания заканчиваются после выполнения заданного объема пробега или в случае появления поломок или каких-либо серьезных неисправностей. В процессе испытаний ведется протокол, где отмечаются температурные и дорожные условия, отказы

и неисправности с указанием пробега, при котором они обнаружены, а также все виды ремонта, обслуживания и другие важные моменты.

После испытаний разбирают и осматривают агрегаты, анализируют дефекты, а также все отказы и неисправности, отмеченные в протоколе, и определяют износы трущихся поверхностей, производят металлографический анализ вышедших из строя деталей и другие анализы. На основании результатов испытаний дают заключение о соответствии агрегата предъявляемым требованиям, вырабатывают рекомендации по устранению неисправностей и доводке данного узла.

4.5.5 Испытания приводных валов

Лабораторные испытания

Вследствие высокой частоты вращения карданных валов, особенно при движении автомобиля со скоростями, близкими к максимальным, большое значение имеют вопросы их балансировки, которая производится на специальных балансировочных стендах. При испытаниях карданных передач применяют стенды как с открытым, так и с замкнутым контуром мощности. Стенд с открытым потоком мощности состоит из балансирных электродвигателя и генератора, между которыми устанавливают испытуемый карданный вал. Для изменения угла наклона карданного вала двигатель и генератор можно перемещать в осевом направлении, что также позволяет испытывать валы различной длины. КПД карданной передачи определяют при различной частоте вращения по величине отношения моментов на генераторе и двигателе [4, 15, 16].

Испытания карданных передач на статическую прочность и жесткость проводят на крутильной машине аналогично тому, как это делалось применительно к коробкам передач и ведущим мостам.

Карданная передача в условиях эксплуатации работает как при постоянных режимах нагружения, например, во время движения автомобиля по шоссе с постоянной скоростью, так и при переменных нагрузках, которые наблюдаются при трогании автомобиля с места и его движении по пересеченной местности. Поэтому при испытании карданных валов на надежность применяют стенды с замкнутым мощностным контуром и стенды с инерционной массой. На стендах с замкнутым контуром проводят длительные испытания карданных передач при действии какого-то одного, обычно близкого к максимальному, крутящего момента либо при нескольких значениях в соответствии с программой испытаний. На инерционных стендах проверяют работо-

способность карданных передач в условиях действия крутящих моментов, изменяемых во времени.

На рисунке 113 приведена схема стенда с замкнутым мощным контуром. От электродвигателя 1 вращение передается на редуктор 14, который вместе с валами 2 и 12, вращающимися в опорах 3 и 11, испытуемыми карданными передачами 5 и 9 и редуктором 7 образует замкнутый контур. Нагружение контура производится посредством поворота одного фланца муфты 13 относительно другого.

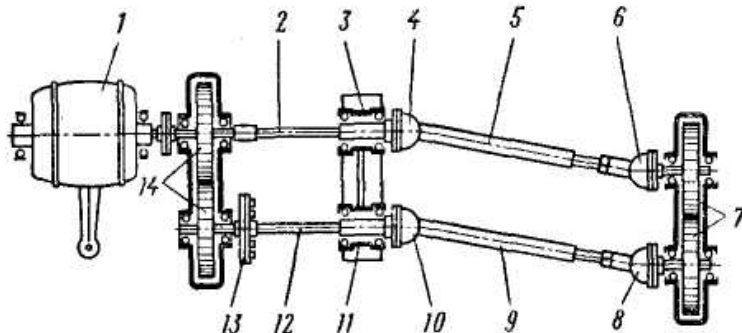


Рисунок 113 - Схема стенда с замкнутым мощным контуром для испытания карданных валов (поянения в тексте)

Перемещая редуктор 7 в продольном и поперечном направлениях, изменяют углы наклона карданных валов, что вызывает перемещение в шлицевых соединениях и шарнирах 4, 10, 6 и 8.

На рисунке 114 показана схема стенда, снабженного маховиком 3, момент инерции которого соответствует моменту инерции вращающихся и поступательно движущихся масс автомобиля.

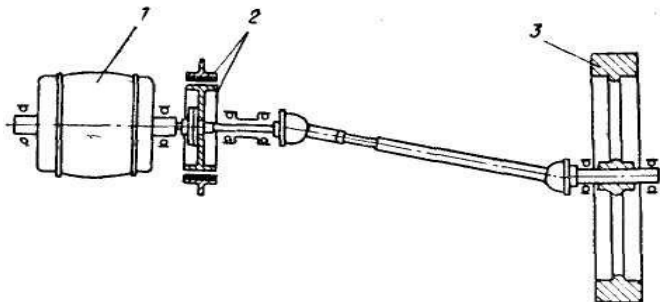


Рисунок 114 - Схема стенда испытания карданных валов с инерционным маховиком (поянения в тексте)

Испытания состоят в периодическом разгоне с помощью электродвигателя 1 маховика 3, после чего срабатывает тормоз 2, и цикл повторяется снова.

При разгоне маховика на испытуемый карданный вал воздействует переменный во времени крутящий момент (рис. 114). Число циклов определяется программой испытаний.

Работоспособность карданных передач в специфических условиях проверяют на специальных стендах, например стенде, имеющем грязевую ванну. В ней при испытаниях работает карданная передача, что позволяет оценить эффективность уплотнений и долговечность подшипников.

Важным звеном карданной передачи является подвижное шлицевое соединение вилки и трубы. Указанные элементы испытывают на специально предназначенных для этого стендах.

Кинематика стенда обеспечивает возвратно-поступательное движение соединения при одновременном его нагружении крутящим моментом.

Охлаждают шлицевое соединение сжатым воздухом. Испытания позволяют определить износостойкость шлицевой пары, влияние чистоты поверхности шейки вилки на работоспособность сальника, качество смазки и решить другие вопросы.

В стенде для испытаний на усталость карданных валов (рис. 115) один из образующих замкнутый силовой контур редукторов 7 может перемещаться в горизонтальной плоскости при помощи винтовой пары 6.

Это позволяет изменять углы установки карданных валов для исследования их влияния на долговечность карданной передачи.

Ускоренные испытания уплотнений подшипников шарниров карданных передач ведут на стендах с замкнутым контуром или прямым нагружением (рис. 116).

Отличительной особенностью такого стенда является наличие пылевой камеры.

На испытуемом карданном валу закрепляют крыльчатку, которая при его вращении перемещает песок и создает определенную степень запыленности атмосферы в ванне. С помощью гидротормоза карданный вал нагружают требуемым крутящим моментом.

Частоту вращения вала измеряют тахометром с приводом от коробки передач стенда.

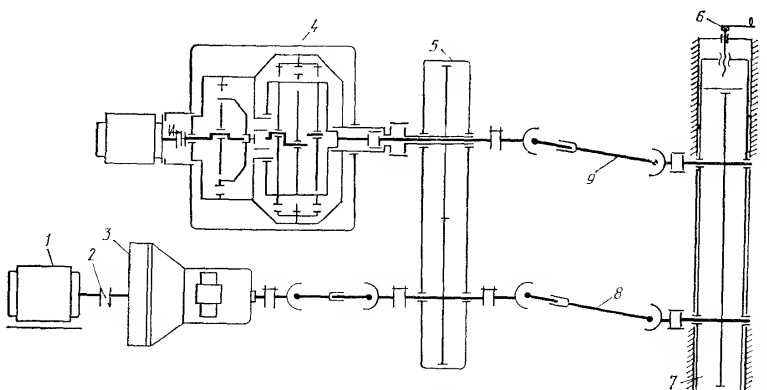


Рисунок 115 - Стенд для испытания на усталость карданных валов:

1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – редуктор (коробка передач); 4 – нагрузитель; 5,7 – редукторы; 6 – винтовая пара; 8,9 – испытываемые карданные валы

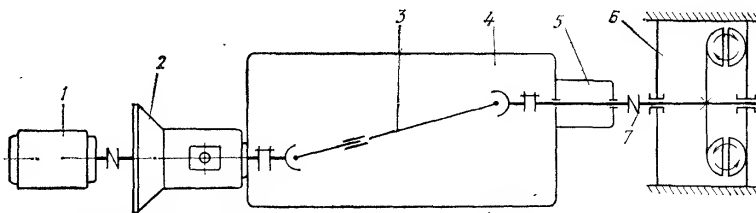


Рисунок 116 - Схема стенда для испытаний уплотнений подшипников шарниров карданных валов:

1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – испытываемый карданный вал; 4 – пылевая камера; 5 – опора карданного вала; 6 – гидравлический нагрузитель; 7 – муфта

Для регистрации момента разрушения шарниров (после попадания пыли в подшипники) имеется автоматическое устройство, выключающее электродвигатель при повышении температуры внутри ванны до 50 °С.

Исследование долговечности шлицевых соединений карданной передачи проводят на стенде с прямым нагружением (рис. 117). Он

представляет собой кривошипно-шатунный механизм с качающимся рычагом, на который одним концом опирается карданный вал. Опорой другого конца карданного вала служит специальное приспособление, которое способно нагружать вал крутящим моментом.

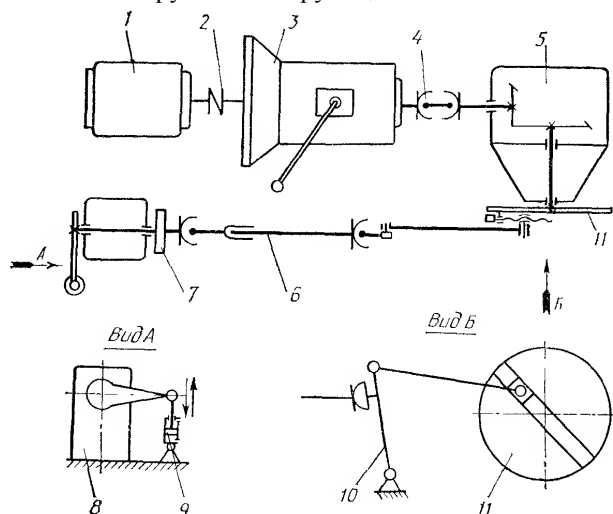


Рисунок 117 – Кинематическая схема стенда для испытаний шлицевых соединений карданных валов:

1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – редуктор (коробка передач); 4 – промежуточный карданный вал; 5 – конический редуктор; 6 – испытуемый карданный вал; 7 – маховик; 8 – станина; 9 – нагружающий пневмоцилиндр; 10 – кривошип; 11 – подшипник

Необходимое значение хода (относительного перемещения элементов шлицевого соединения) обеспечивается за счет изменения длины кривошипа.

На указанном стенде обычно проводят сравнительные испытания на долговечность подвижных шлицевых соединений карданной передачи, различающихся, например, по значениям продольного хода, типу шлицев, материалам и способам термообработки.

Дорожные испытания

Эти испытания карданных передач чаще проводят в совокупности с испытаниями других агрегатов, однако не исключены испытания, объектом которых являются только карданные передачи, особенно при доводочных работах.

Испытания карданных передач, являющихся одним из элементов трансмиссии, в методическом отношении имеют много общего с испытаниями сцеплений, коробок передач и ведущих мостов.

Подготовленные к испытаниям карданные передачи устанавливают на автомобиле, который проходит обкатку на режимах, указанных в предыдущем разделе. Испытания проводятся по маршруту, также аналогичному тому, который применяется для испытаний остальных агрегатов трансмиссии с тем различием, что в маршрут включают участки неровной дороги, вызывающие интенсивное изменение угла наклона карданного вала, а также мокрой и загрязненной дороги, а для автомобилей высокой проходимости, кроме того, и броды.

При испытаниях определяют число троганий с места на уклоне с крутизной, близкой к его максимальной величине, с включением низшей передачи в коробке передач, в том числе передачи заднего хода, при работе двигателя на режиме максимальной мощности. Значительный объем испытаний составляют испытания автомобиля при движении с максимальной скоростью, допускаемой различными передачами в коробке, которые переключаются последовательно от низшей до высшей и наоборот через каждые 10...20 км. При переключении передач от высшей до низшей каждая последующая передача включается при максимальной скорости автомобиля, допускаемой той передачей, которая должна быть включена.

В процессе испытаний наблюдают за появлением резонансных колебаний валов карданной передачи при разных скоростях движения автомобиля, шумов в соединениях, вибраций промежуточной опоры и т. д. Результаты наблюдений заносят в путевой протокол или журнал.

После испытаний карданную передачу осматривают и выполняют соответствующие измерения, с помощью которых определяют износы трущихся частей, в частности крестовин, подшипников и шлицевых соединений. На основании полученных результатов дают заключение о том, соответствует ли карданная передача предъявляемым ей требованиям.

4.5.6 Испытания амортизаторов и упругих элементов подвески

Амортизаторы должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 53816-2010 и конструкторской документации (КД), утвержденной в установленном порядке.

На поверхности амортизатора не допускается наличие неокрашенных зон (кроме зон, допускаемых чертежами), следов амортиза-

торной жидкости, механических повреждений и дефектов, затрудняющих монтаж и обуславливающих ухудшение работы амортизаторов, а также не допускаются изгибы штока, повреждение его рабочей поверхности и присоединительных деталей, деформация резервуаров, проушин, кожухов и т.п.

Лакокрасочное покрытие должно соответствовать требованиям стандартов, указанных в КД, быть стойким при воздействии жидких топлив и влажной среды в условиях повышенной температуры, а также иметь достаточное сцепление (адгезию) с металлическими поверхностями.

Амортизаторы должны работать без стуков, скрипов и заеданий на всей длине полного хода поршня при любом относительном повороте подвижных деталей. Усилия, необходимые для сдвига и перемещения подвижных деталей, должны регламентироваться КД на амортизатор.

При контроле шумности работы амортизаторов легковых автомобилей характер и уровень шума необходимо сопоставлять с контрольными образцами амортизаторов, утвержденными в качестве эталона. При этом уровень шума не должен превышать 75 дБА.

Рабочие диаграммы амортизаторов должны соответствовать значениям, приведенным в КД. При максимальных скоростях поршня от 0,25 до 0,52 м/с отклонения сил сопротивления амортизаторов от средних значений должны находиться в пределах $\pm 15\%$ при отбое и $\pm 20\%$ при сжатии. При максимальных скоростях поршня от 0,08 до 0,20 м/с предельные отклонения сил сопротивления амортизаторов от их средних значений должны находиться в пределах $\pm 30\%$ при отбое и $\pm 50\%$ при сжатии.

При контроле температурной характеристики амортизатора не допускается уменьшение силы его сопротивления при повышении температуры от 20 °С до 80 °С более чем на 30% от первоначального значения как при отбое, так и при сжатии.

Долговечность амортизаторов, устанавливаемых на АТС, определяют по снижению их сил сопротивлений до предельно допустимого уровня, равного 75 % номинальной силы сопротивления амортизатора, как при отбое, так и при сжатии. Контроль рабочих диаграмм амортизаторов в процессе их эксплуатации на базовых АТС проводят в соответствии с требованиями раздела 5 при максимальных скоростях поршня от 0,25 до 0,52 м/с, соответствующих режиму стендовых испытаний на предприятии-изготовителе. Ресурс амортизатора должен

быть не менее 50% ресурса до первого капитального ремонта базового АТС.

Периодические испытания проводят для периодического подтверждения качества изделий и стабильности технологического процесса в установленный период с целью подтверждения возможности продолжения изготовления изделий по действующей конструкторской и технологической документации и продолжения ее приемки СТК. Последовательность проведения испытаний должна быть установлена в технической документации предприятия-разработчика.

При периодических испытаниях амортизаторы проверяют на соответствие требованиям настоящего стандарта в объеме и с периодичностью, указанными в таблице 13.

Таблица 13

Объем и периодичность испытаний

Цель испытания	Количество ежеквартально подвергаемых испытаниям амортизаторов каждого наименования, шт., не менее		
	Выпуск амортизаторов, млн/год		
	до 0,5	от 0,5 до 1,5	от 1,5 до 5,0
1 Определение стеновой долговечности	2	3	4
2 Испытание лакокрасочного покрытия:			
- на воздействие жидких топлив;	8	8	8
- на воздействие влажной среды при повышенной температуре;	8	8	8
- контроль адгезии	8	8	8

Примечание - Количество образцов для сертификационных испытаний устанавливает испытательная лаборатория.

Типовые испытания изделий проводят с целью оценки эффективности и целесообразности предлагаемых изменений в конструкции или технологии изготовления, которые могут повлиять на технические характеристики изделий, связанные с безопасностью для жизни, здоровья или имущества граждан или на соблюдение условий охраны окружающей среды, либо могут повлиять на эксплуатацию изделий, в том числе на важнейшие потребительские свойства изделий.

Необходимость внесения изменений в конструкцию изделий или технологию их изготовления и проведения типовых испытаний определяет держатель подлинников КД на изделия с учетом действия и защиты авторского права.

Типовые испытания проводит предприятие-изготовитель или по договору с ним и при его участии испытательная (сторонняя) организация с участием, при необходимости, представителей разработчика изделия, потребителя, природоохранных органов и других заинтересованных сторон.

Для проведения испытаний применяют стенды, обеспечивающие прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня или рабочего цилиндра по закону колебаний, близкому к синусоидальному. Стенды должны обеспечивать возможность регулировать амплитуды и частоты колебаний поршня или цилиндра амортизатора. Допускается применение стендов с постоянной амплитудой и частотой колебаний поршня.

Стенды для записи рабочих диаграмм должны быть однопозиционными или двухпозиционными, стенды для определения герметичности должны обеспечивать испытания одного или нескольких амортизаторов.

Стенды для испытаний должны быть оснащены аппаратурой для записи рабочих диаграмм амортизаторов и обеспечивать фиксирование сил при статической тарировке с погрешностью не более 2%. Общая погрешность определения сопротивлений амортизатора не должна превышать $\pm 5\%$ (рис. 118).

Стенд для определения плавности перемещения подвижных деталей амортизатора должен иметь:

- механизм, обеспечивающий возвратно-поступательное перемещение подвижных деталей амортизатора с постоянной скоростью на длине не менее 80 % максимального хода;
- устройство для замера усилий сдвига подвижных деталей в начале ходов отбоя и сжатия, а также при их движении.

Перед испытаниями на стендах должен быть проведен наружный осмотр амортизатора, при котором проверяют комплектность, отсутствие механических повреждений, наличие контрольных клейм и маркировки, а также определяют длины амортизатора в растянутом и сдвинутом состояниях, величину полного хода поршня и массу амортизатора.



Рисунок 118 - Стенд испытаний амортизаторов производства АО "Аврора"

К динамометрическим испытаниям относятся также испытания амортизаторов на удар (рис. 119). Цель испытаний состоит в определении максимальной величины инерционного сопротивления амортизатора. Создаваемые при таких испытаниях мгновенные ускорения составляют 20 м/с и более.

Термометрические испытания амортизатора проводятся главным образом для определения его работоспособности и стабильности характеристики в условиях нагрева при непрерывных колебаниях (рис. 120). Такие испытания, называемые также «тепловыми прокатками», удобно проводить одновременно с динамометрическими. При этих испытаниях записывают рабочую диаграмму и регистрируют температуру нагрева в различных точках амортизатора (чаще на наружной поверхности резервуара).

Исправный амортизатор при прокатке закономерно нагревается. Обычно бывает достаточно 5-10 мин, чтобы разогреть амортизатор до 60-80 °С. Поэтому для амортизаторов известных типов тепловую прокатку можно выполнять по времени (без температурных датчиков). Диаграммы записывают соответственно при времени испытаний 0,1, 3 и 5 мин для короткоходных амортизаторов и при 0, 2, 5, 8 и 12 мин - для длинноходных.

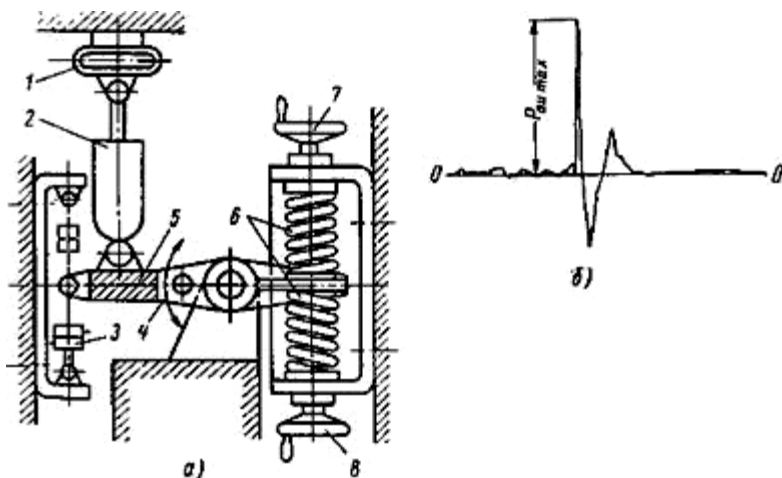


Рисунок 119 - Стенд для испытаний амортизаторов на удар:

а - принципиальная схема; б - осциллограмма процесса удара амортизатора (по Ван де Лоо); 1 - динамометр (скоба); 2 - амортизатор; 3 - муфта мгновенного рассоединения; 4 - двуплечий рычаг; 5 - ударная масса; 6 - пружины; 7 и 8 - винтовые домкраты для регулирования силы удара, которая может быть направлена соответственно вверх и вниз

Испытания на влагустойчивость. Амортизатор выдерживают в камере при температуре в пределах от 38 °С до 42 °С и относительной влажности воздуха 90 % в течение 96 ч без перерыва в вертикальном положении, монтажным концом штока вверх. По окончании испытаний краска не должна иметь шероховатостей, пузырей, наплывов.

Контроль адгезии. С помощью скребка, состоящего из ряда параллельно расположенных на расстоянии 1 мм друг от друга лезвий, нарезать окрашенную наружную поверхность резервуара амортизатора на площади квадрата от 80 до 90 мм² в двух ортогональных направлениях таким образом, чтобы прорезать слой краски.

К полученной поверхности решетки приклеить полоску клейкой ленты с отрывным усилием от 10 до 15 Н. При резком удалении клейкой ленты не допускается отрыв слоя краски, за исключением допускаемого отрыва заусенцев по краям решетки.

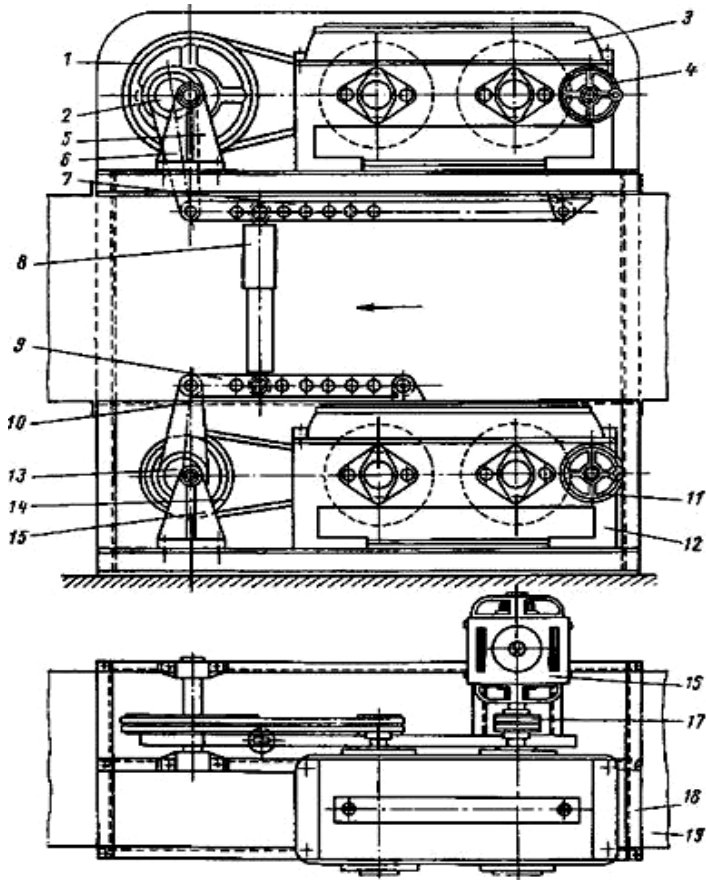


Рисунок 120 - Стенд для термометрических испытаний амортизаторов с двухчастотным приводом и обдувом воздухом:

1 - шкив; 2 - ось эксцентрика; 3 - вариатор; 4 - шкив регулятора первого вариатора; 5 - опора вала; 6 и 10 - шатуны; 7 и 9 - рычаги; 8 - амортизатор; // - шкив регулятора второго вариатора; 12 - второй вариатор; 13 - эксцентрик; 14 - шкив; 15 - опора вала; 16 - электродвигатель; 17 - муфта; 18 - рама; 19 - вентиляционная труба

Надежность амортизаторов, а также стабильность характеристик, долговечность и износостойкость уплотнений определяют путем

испытаний амортизаторов методом циклических нагружений, режимы которых обычно соответствуют эксплуатационным. Для полной оценки надежности амортизатора его подвергают воздействию колебаний высоких и низких частот при переменной амплитуде. Важно также при испытаниях амортизаторов выдерживать температуру, близкую к температуре в реальных условиях. Однако температура не должна превышать $100-105^{\circ}\text{C}$, так как в противном случае результаты, полученные при испытаниях на стенде, будут плохо согласовываться с ресурсом в эксплуатационных условиях. Для этого стенды, на которых проводятся испытания амортизаторов на надежность, имеют устройства для их охлаждения, как правило, проточной водой.

На рисунке 121 показана схема одного из стендов, применяемых для испытаний амортизаторов.

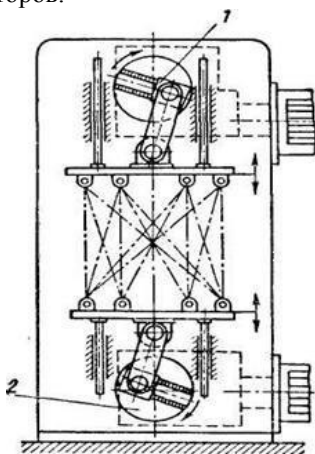


Рисунок 121 - Схема стенда для испытаний амортизатора на надежность (поянения в тексте)

Особенностью стенда является возможность возбуждения низкочастотных и высокочастотных колебаний при испытаниях амортизаторов. При этом плита, к которой прикреплен верхний конец амортизатора, имеет низкочастотный привод 1, имитирующий колебания подвески автомобиля, а плита с закрепленным на ней нижним концом с помощью устройства 2 передается высокочастотные колебания, соответствующие колебаниям неподдрессоренной части.

Штрихпунктирными линиями показаны различные положения, которые может занимать испытуемый амортизатор при создании условий нагружения, близких к действительным на автомобиле.

При проведении стендовых испытаний амортизаторов, а также шарниров подвески создают условия, имитирующие попадание пыли, влаги, действие отрицательных температур.

Испытания шумности работы амортизаторов легковых автомобилей. Установить амортизатор на стенд для записи рабочих диаграмм, закрепив его с помощью эластичных элементов, применяющихся при монтаже на автомобиле. Включить стенд и, медленно увеличивая частоту колебаний от 0 до 200 мин⁻¹, прослушать работу амортизатора.

Стуки, скрипы и прочие шумы не допускаются. Допускается "шипение", обусловленное истечением жидкости через клапаны. Оценку шумности работы амортизатора проводят в сравнении с согласованным контрольным (по шумности) образцом.

Амортизаторы при стендовых ресурсных испытаниях с одночастотным режимом нагружения должны выдерживать не менее 2 млн циклов. При этом на рабочих диаграммах амортизаторов не должны наблюдаться "провалы" (отсутствие сопротивлений) и чрезмерные (более чем на 25 %) снижения максимальных сил сопротивления амортизаторов при ходе отбоя и сжатия по сравнению с первоначальными значениями.

При стендовых ресурсных испытаниях амортизаторов с двухчастотным режимом нагружения технические требования к амортизаторам должны согласовываться с потребителями и регламентироваться в технических условиях на изготовление амортизаторов.

Лабораторные испытания упругих элементов подвески состоят в определении их жесткостных характеристик. Такого рода испытания выполняются с помощью весовых устройств, которые позволяют дозировать нагружение испытуемого объекта с одновременной фиксацией его деформации. Типы стендов для снятия упругих характеристик рессор представлен на рисунках 122 и 123.

Для определения характеристик упругих элементов подвесок используют стенды с гидравлическим нагружающим устройством. На стенде (рис. 123) нагружение осуществляется с помощью гидроцилиндра 1 через динамометр 5. Исследуемый объект 4 размещают на сферических опорах 3, установленных на плите 12, поддерживаемой стойками 2. Расстояние между опорами регулируют с помощью ходовых винтов. Гидравлический привод включает масляный бак 10, насос 3 с

электродвигателем 9, золотник 7, обратный 6 и предохранительный 11 клапаны. Стенд оснащен реохордным датчиком перемещений 13.

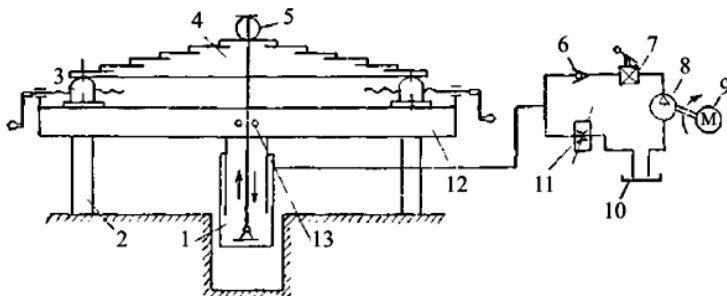


Рисунок 122 - Схема стенда для снятия упругих характеристик рессор

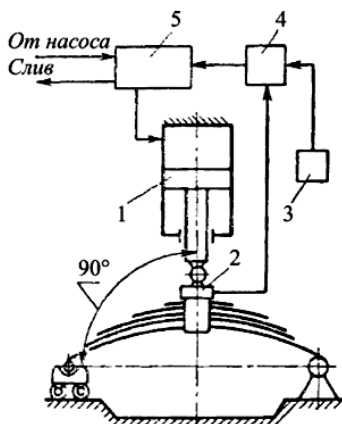


Рисунок 123 - Схема стенда для испытания листовых рессор:
 1 – силовой цилиндр; 2 – силовой преобразователь; 3 – програмирующее устройство; 4 – сигнализатор нагружения; 5 – электрогидравлический клапан

Дорожные испытания. Испытания подвески и ее элементов в дорожных условиях проводят с целью определения плавности хода автомобиля, а также срока службы рессор, пружин, торсионов, износоустойчивости шарниров, надежности амортизаторов, прочности рычагов и других деталей. Методы определения плавности хода автомобиля изложены ниже.

Надежность деталей подвески обычно определяют при испытаниях всего автомобиля в комплексе, однако в ряде случаев возникает необходимость в специальных испытаниях подвески. Эти испытания осуществляют на дорогах, представляющих собой комплекс участков с разным покрытием, включая асфальт как хорошего качества, на котором автомобиль может развить высокую скорость, так и с выбоинами, вызывающими периодические ударные нагрузки. Значительная часть маршрута приходится на участки с булыжным покрытием, при движении по которым интенсивно нагружаются детали подвески. Кроме того, используют дороги со щебеночным покрытием, а также грунтовые дороги, имеющие загрязненные участки. При этом для легковых автомобилей и автобусов маршрут по дорогам с неровным покрытием является минимальным, а для грузовых автомобилей, особенно полноприводных, - довольно значительным. Грунтовые дороги позволяют в полной степени проверить работу шарниров и других трущихся элементов подвески в условиях загрязнения и пыли. В некоторых случаях, когда требуется осуществить испытания в сжатые сроки, организуют ускоренные испытания. Их на автомобильных полигонах проводят на специальных дорогах типа «бельгийская» мостовая и «стиральная доска», а в условиях дорог общего пользования, как правило, на булыжных по возможности с просевшим основанием, вызывающих дополнительные нагрузки от «клевков» и кренов автомобиля, что особенно важно при испытаниях стабилизаторов поперечной устойчивости [3].

4.5.7 Испытания рулевого управления

Рулевое управление является одним из основных элементов автомобиля, влияющих на управляемость и безопасность движения. Поэтому к его состоянию предъявляются повышенные требования. Основная их часть содержится в ГОСТР 51709-2001 и в руководящих документах, например, РД 200 РСФСР 15-0150-81, РД 37.009.010-85 и РД 200 РСФСР 0086-79.

Испытания по определению жесткости рулевого привода заключаются в замере деформаций каждого элемента кинематической цепи рулевого привода. Измерения проводят при заблокированных последовательно одном и другом колесах с помощью индикаторов часового типа. Показания индикаторов фиксируют при различных усилиях на рулевом колесе вплоть до максимального его значения, которое необходимо для поворота колес при неподвижном автомобиле. Усилие

на рулевом колесе дозируется с помощью специального динамометрического колеса (рис. 124).

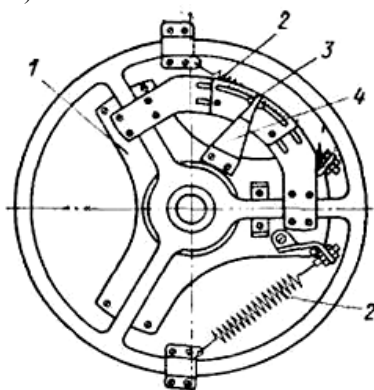


Рисунок 124 - Динамометрическое рулевое колесо (пояснения в тексте)

Это колесо укрепляют на основном рулевом колесе. Оно состоит из основания 1, пружин 2, которые в растянутом состоянии соединяют основание с колесом и фиксируют его в нулевом положении. При приложении усилия к этому колесу оно поворачивается, вместе с ним поворачивается и шкала относительно неподвижно закрепленной на основании 1 стрелки 4, которая будет передвигать расположенные в прорези шкалы ползуны 3.

По их перемещению судят о величине усилия, приложенного к рулевому колесу. В процессе эксперимента фиксируется также угловое отклонение основного рулевого колеса, которое обусловлено деформацией элементов рулевого привода и наличием зазоров в их сочленениях. Зазоры в системе рулевого управления удобно определять с помощью прибора (рисунок 125).

Динамометрическая ручка 1 прибора вместе со шкалой 2 в градусах посредством хомутиков прикрепляется к ободу рулевого колеса 3. Усилие, приложенное к колесу, отсчитывается по шкале 6, а угол его поворота - по показаниям стрелки 4, закрепленной на рулевой колонке 5. Силу трения и к. п. д. рулевого механизма определяют на специальном стенде, общий вид и схема записывающего устройства которого показаны на рисунок 126.

Рулевой механизм 1 (рисунок 126 а), трение в котором определяется, крепят на опоре 2 станины 4, снабженной столиком 5 для записи результатов на бумажной ленте. Сошка рулевого механизма по-

средством шатуна 3 соединена с кареткой 8, которая может перемещаться вперед и назад по направляющим 6 ползуном 7.

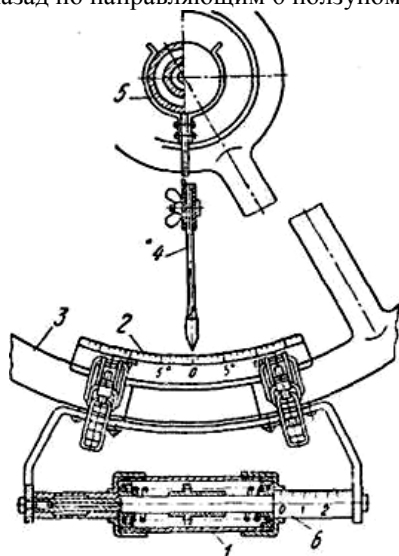


Рисунок 125 - Прибор для определения свободного хода рулевого колеса (пояснения в тексте)

Ползун может перемещаться относительно каретки при вращении винта 9 с помощью электродвигателя и редуктора 11. При перемещении ползуна относительно каретки (которое происходит до тех пор, пока сошка рулевого механизма будет оставаться в покое) растягиваются и сжимаются пружины, заключенные между ползуном 7 и корпусом каретки 8.

Усилие, требующееся для приведения сошки в движение, характеризует силу трения покоя в рулевом механизме.

Для того чтобы можно было определять силы трения во всем диапазоне углового перемещения сошки, стенд снабжен записывающим устройством типа ножниц (рисунок 126 б). Концы рычагов 13 и 14 устройства связаны соответственно с ползуном и корпусом каретки и при их взаимном перемещении сближаются или расходятся в зависимости от направления движения ползуна. В первом случае карандаш 12 устройства записывает кривую EL, а во втором - кривую EM. Отклонения карандаша в ту или другую сторону пропорциональны действующим в рулевом механизме силам трения.

При определении КПД рулевого механизма его вал нагружается различными по величине моментами, например, с помощью груза (рис. 126). При подъеме груза на валу сошки необходимо создать момент, уравнивающий моменты от веса груза и сил трения в рулевом механизме. При опускании груза на валу сошки будет действовать момент от веса груза за вычетом момента трения в рулевом механизме.

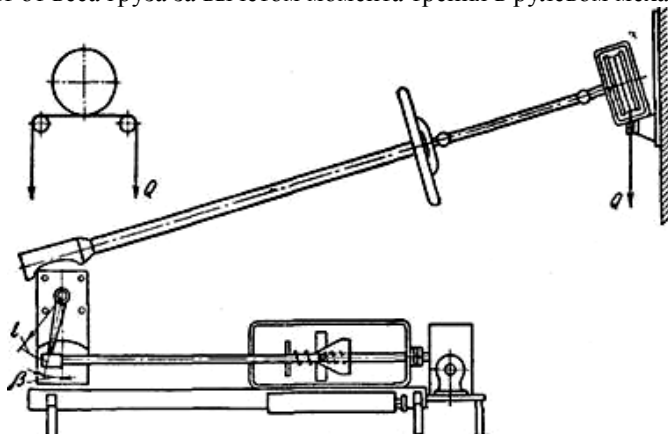


Рисунок 126 - Схема установки для определения к. п. д. рулевого механизма

Стенд для испытаний шарниров рулевых тяг (рис. 127) предназначен для исследования износостойкости и оценки долговечности конструкций.

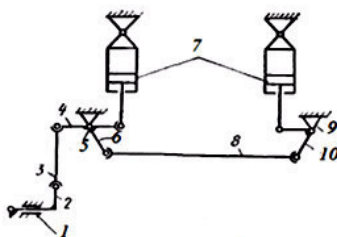


Рисунок 127 - Схема стенда для испытаний рулевых тяг (по-яснения в тексте)

Привод стенда осуществляется от электродвигателя и гидрона-соса, который возбуждает гидроцилиндр 1 двухстороннего действия.

Последний через шток и сошку 2 непосредственно воздействует на продольную рулевую тягу 3 и рычаг 4, который в свою очередь сообщает возвратно-поступательное движение испытываемому узлу. Необходимая частота циклов изменения давления рабочей жидкости обеспечивается с помощью стандартных гидроклапанов (на схеме не показаны). Максимальное усилие на продольной тяге – до 40 кН. Гидроцилиндры 7 через рычаги 6, 10 рулевой трапеции, установленные на опорах 5, 9, имитируют на тяге 8 сопротивление повороту колес автомобиля. Давление в контурах гидравлической системы контролируется манометрами.

Испытания рулевых механизмов с гидроусилителями проводят в соответствии с ГОСТ Р 52453-2005 «Автомобильные транспортные средства. Механизмы рулевые с гидравлическим усилителем и рулевые гидроусилители. Технические требования и методы испытаний»

При испытаниях определяются и оцениваются следующие свойства и характеристики изделий:

- работоспособность;
- герметичность;
- характеристика распределителя - зависимость давления в напорной магистрали от угла поворота рулевого вала или смещения золотника;
- характеристика рулевого механизма - зависимость момента или усилия на выходном звене рулевого механизма от момента на рулевом валу;
- обратимость рулевого механизма;
- прочность изделия.

Проверка усилия на штоке, плавности перемещения штока и хода штока силового цилиндра усилителя, выполненного отдельно от рулевого механизма.

При проверке усилия на штоке, плавности перемещения штока и хода штока силового цилиндра усилителя, выполненного отдельно от рулевого механизма, из резьбовых отверстий для подвода жидкости вывертывают транспортные заглушки или отвертывают штуцеры подводящих трубопроводов. Из полостей цилиндра сливают жидкость.

Силовой цилиндр крепят корпусом к пазовой плите в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 128, а гидроусилитель - в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 129. К наконечнику штока силового цилиндра крепят динамометр растяжения (рис. 128).

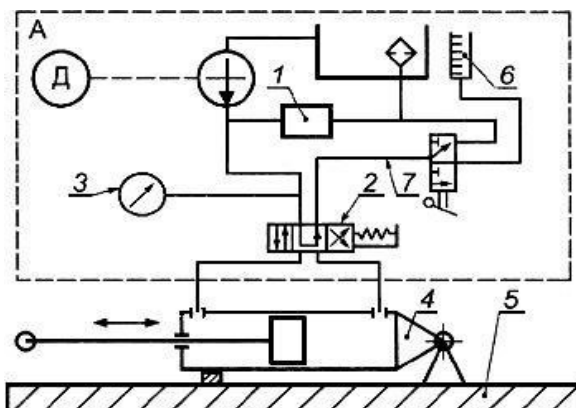


Рисунок 128 - Схема установки для испытаний силового цилиндра рулевого гидроусилителя

А - насосная станция; Д - гидронасос; 1 - клапан - ограничитель давления; 2 - клапан управления потоком жидкости; 3 - манометр 2-го класса; 4 - силовой цилиндр; 5 - пазовая плита; 6 - мерный бачок; 7 - сливной шланг

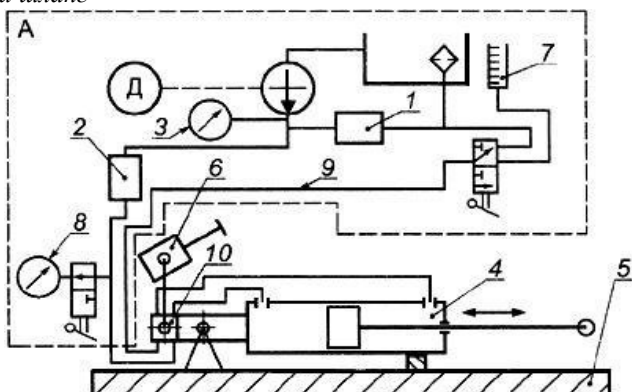


Рисунок 129 - Схема установки для испытаний объединенного рулевого гидроусилителя

А - насосная станция; Д - гидронасос; 1 - клапан - ограничитель давления; 2 - клапан - регулятор расхода; 3 - манометр 2-го класса; 4 - рулевой гидроусилитель; 5 - пазовая плита; 6 - редуктор (рулевой механизм) управления распределителем; 7 - мерный бачок для измерения внутренних утечек; 8 - манометр для определения давления при нейтральном положении золотника; 9 - сливной шланг; 10 - распределитель

Прикладывая усилия вручную к динамометру, шток плавно перемещают от положения сжатия наружу до упора. При этом по показаниям динамометра определяют установившееся усилие и отклонения в сторону увеличения - усилие заедания, а также измеряют ход штока. Испытания повторяют три раза.

Среднее по трем установившимся значениям усилие является зачетным. Зачетным усилием заедания является его максимальное значение, полученное в трех испытаниях.

Проверка плавности поворота рулевого колеса и максимальных углов поворота рулевого вала и сошки у интегральных и полуинтегральных рулевых механизмов или хода рейки у реечного руля. Рулевой механизм устанавливают на стенде в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 130, сливают рабочую жидкость (если она имеется во внутренних полостях) и открывают штуцеры напорного и сливного трубопроводов.

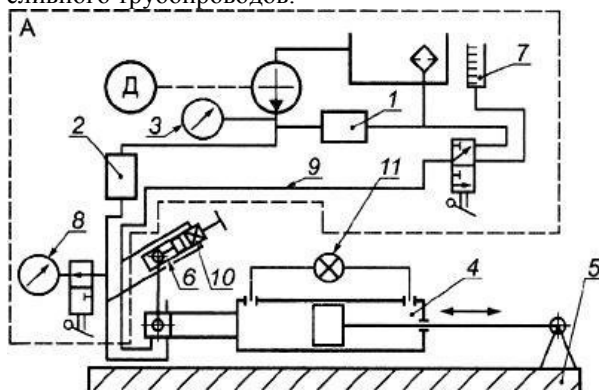


Рисунок 130 - Схема установки для испытаний интегрального и полуинтегрального рулевых механизмов.

А - насосная станция; Д - гидронасос; 1 - клапан - ограничитель давления; 2 - клапан - регулятор расхода; 3 - манометр 2-го класса; 4 - гидротормоз; 5 - пазовая плита; 6 - рулевой механизм; 7 - мерный бак для измерения внутренних утечек; 8 - манометр для определения давления при нейтральном положении золотника; 9 - сливной шланг; 10 - распределитель; 11 - дроссель

Открывают дроссель 11 гидротормоза 4. Рулевое колесо вручную плавно со скоростью от 0,2 до 0,3 с⁻¹ поворачивают из одного крайнего положения в другое. Усилие на рулевом колесе должно оставаться постоянным или плавно увеличиваться к среднему положению

рулевого колеса (за счет уменьшения зазоров в рулевой передаче). Увеличение усилия на коротком участке ("рывок") не допускается.

Проводят измерения углов и поворота рулевого вала, вала сошки и или хода рейки и при повороте рулевого колеса в крайнее правое и крайнее левое положения. Определяют сумму углов и ход рейки.

Определение максимального давления в системе гидроусилителя. Изделие устанавливают на стенде, собирают систему гидроусилителя, поворотами рулевого колеса из одного крайнего положения в другое из системы удаляют воздух. Включают подачу рабочей жидкости и прогревают систему до температуры от 50 °С до 70 °С.

Клапан - ограничитель давления стенда регулируют на давление $(1,25 \dots 1,5)P_{max}$, клапан расхода - на номинальный расход. Сошку у полуинтегральных и интегральных рулевых механизмов или шток силового цилиндра у раздельных или объединенных усилителей закрепляют в среднем положении. Поворотом рулевого колеса золотник распределителя смещают сначала в одно крайнее положение, затем в другое. В крайних положениях золотник удерживают 5 с. В это время по показаниям манометра определяют давление в напорной магистрали усилителя. Опыт повторяют при поворотах вправо и влево по три раза. Зачетными являются средние значения максимальных давлений, определяемые при поворотах вправо и влево отдельно.

Определение работы концевых выключателей интегральных рулевых механизмов. Рулевой механизм устанавливают на стенде, собирают систему гидроусиления, поворотом рулевого колеса из одного крайнего положения в другое при свободной сошке из системы удаляют воздух. Определяют максимальные углы поворота сошки: при повороте вправо, при повороте влево. Включают насос, систему прогревают до температуры от 50 °С до 70 °С. Сошку соединяют с нагрузочным устройством стенда и устройство регулируют так, чтобы при работе усилителя давление в системе достигало $(0,3 \dots 0,6)P_{max}$. Рулевое колесо вручную плавно поворачивают из одного крайнего положения в другое, при этом определяют угол поворота сошки и давление в напорной магистрали.

В моменты срабатывания концевых выключателей в системе резко падает давление. Определяют углы поворота вала сошки: при повороте вправо, при повороте влево, соответствующие этим моментам срабатывания концевых выключателей, а также остаточное давление ΔP .

Испытание повторяют три раза с поворотом руля в обе стороны. Зачетными являются средние значения из трех значений $\Theta_{\Delta 1}$, $\Theta_{\Delta 2}$ и ΔP . Определяют запас по углам поворота вала сошки.

Проверка герметичности системы

Клапан - ограничитель давления стенда регулируют на давление $1,25P_{ma}$.

Клапан - регулятор расхода регулируют на номинальный расход. Изделие устанавливают на стенд по одной из схем, приведенных на рисунках 1, 2, 3, в зависимости от вида усилителя. Собирают систему гидроусилителя, включают подачу рабочей жидкости, из системы удаляют воздух и прогревают ее до температуры от $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Затем устанавливают нейтральное положение золотника, нагрузку на рулевое колесо снимают. Систему поддерживают в рабочем состоянии в течение 1 мин. Визуально проверяют отсутствие утечек.

Сошку или шток силового цилиндра закрепляют в среднем положении. Золотник распределителя поворотом рулевого колеса смещают в одно из крайних положений. Давление в напорной магистрали поднимают до максимального, ограниченное клапаном ограничения давления усилителя (если он имеется) или стенда до $1,25P_{max}$. В этом положении золотник удерживают 30 с. Визуально проверяют отсутствие утечек, подтеканий, каплеобразования. Испытание повторяют при смещении золотника в другую сторону.

Определение параметров для характеристик распределителей раздельных и объединенных усилителей рулевого управления

Определение полного хода золотника

Изделие устанавливают и закрепляют на стенде в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 128 или рисунке 130. К корпусу распределителя крепят механическую индикаторную головку или датчик перемещений, так чтобы ножка индикатора или датчика была жестко связана с золотником. Напорный и сливной трубопроводы отсоединяют от распределителя.

Золотник распределителя с помощью штатного рулевого механизма смещают поворотом рулевого колеса в одно, затем в другое крайние положения.

По показаниям датчика или индикатора определяют полный ход золотника до упора из одного крайнего положения в другое. Испытание повторяют три раза. Зачетным считают среднее из трех значений хода золотника.

Средства измерения: индикаторная головка с ценой деления 0,02 мм или датчик перемещения с той же разрешающей способностью.

Определение давления холостого хода, гидравлического люфта, рабочего хода золотника и эффективности реактивного свойства распределителя

Изделие устанавливают и закрепляют на стенде (рис. 131) в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 128 или рисунке 129, в зависимости от типа усилителя.

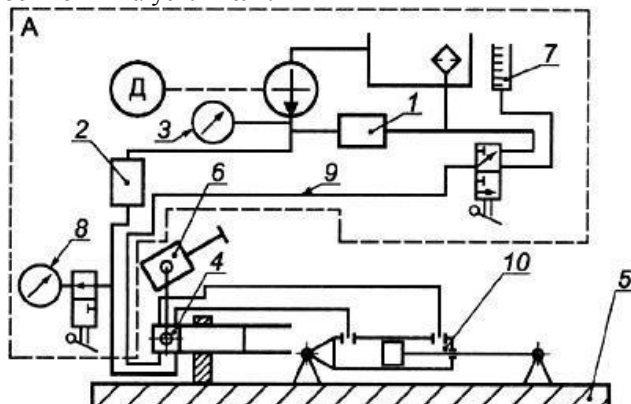


Рисунок 131 - Схема установки для испытания распределителя раздельного рулевого гидроусилителя

А - насосная станция; Д - гидронасос; 1 - клапан - ограничитель давления; 2 - клапан - регулятор расхода; 3 - манометр 2-го класса; 4 - распределитель; 5 - пазовая плита; 6 - редуктор (рулевой механизм) управления распределителем; 7 - мерный бачок для измерения внутренних утечек; 8 - манометр для определения давления при нейтральном положении золотника; 9 - сливной шланг; 10 - силовой цилиндр

К корпусу распределителя крепят механическую индикаторную головку с ценой деления 0,02 мм или датчик перемещения. Ножку головки или датчика связывают с золотником. Сошку штатного рулевого механизма стенда оборудуют датчиком усилия на пальце, приводящем в движение золотник распределителя.

Собирают систему гидроусилителя, из системы удаляют воздух, включают насос стенда и прогревают жидкость до температуры от 50 °С до 70 °С. Клапан - ограничитель давления стенда регулируют на давление $(0,1 \dots 1,1)P_{max}$, клапан расхода - на производительность.

Шток силового цилиндра с помощью нагрузочного устройства стенда устанавливают в среднее положение и закрепляют.

Перемещая золотник распределителя поворотами рулевого колеса штатного рулевого механизма на малые углы вправо - влево, находят положение золотника, обеспечивающее минимальное давление в напорной магистрали.

Отмечают показания индикатора или датчика перемещения, соответствующие этому положению золотника.

Поворотом рулевого колеса штатного рулевого механизма стенда золотник распределителя плавно смещают сначала в одну, затем в другую сторону до тех пор, пока давление в системе не достигнет максимума. Возврат золотника в исходное положение, соответствующее минимальному давлению, должен происходить без приложения усилий к рулевому колесу.

Испытание повторяют три раза.

В процессе испытаний регистрируют: ход золотника X , усилие смещения золотника T_3 и давление в гидросистеме P .

В результате получают: $P=f(X)$ - нагрузочную характеристику распределителя и $P=f(T_3)$ - характеристику реактивного свойства распределителя.

Дорожные испытания.

Все системы рулевого управления тракторов должны выдерживать без функционального повреждения усилие 900 Н, приложенное к командному органу рулевого управления в направлении его перемещения.

Испытания систем рулевого управления на полигонах следует выполнять в коридорах, имеющих равную поверхность с уплотненным или твердым покрытием и уклоном не более 3% в любом направлении.

Размеры испытательного коридора определяют в зависимости от диаметра окружности поворота по следу колес, колесной базы и ширины машины по шинам (рис. 132).

Размеры испытательного коридора определяют в зависимости от типа машины, диаметра окружности поворота по следу колес, колесной базы и ширины по шинам (рис. 132).

Указанные на рисунках 132 и 133 размеры коридора являются минимальными.

Колесной базой многоосной машины при установлении испытательного коридора по рисункам 132 и 133 является расстояние между осями первого и последнего заднего мостов. Допускается использовать

испытательные коридоры, зеркально-симметричные по отношению к изображенным на рисунках 132 и 133 [3].

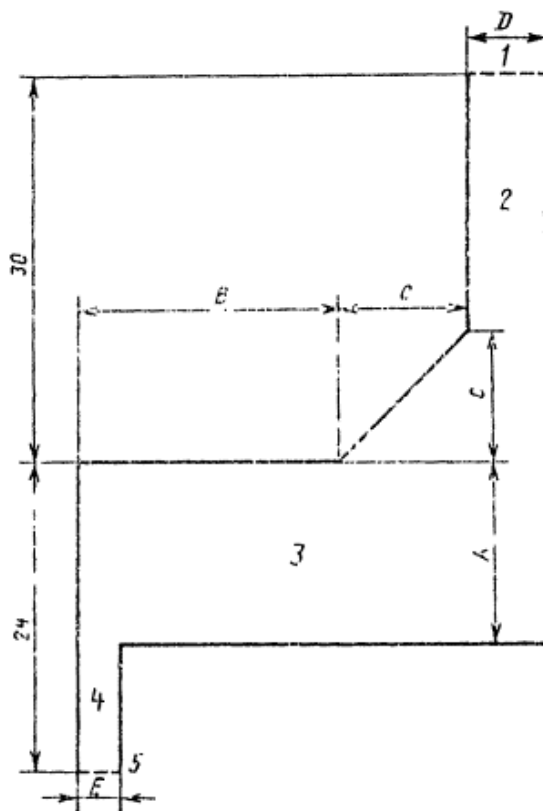


Рисунок 132 - Испытательный коридор для машин, предназначенных для движения по дорогам:

A - 14 м; B - в 1,75 раза больше диаметра окружности поворота по следу колес или 22 м (в зависимости от того, какой из размеров больше); C - в 2,00 раза больше максимальной колесной базы или 15 м (в зависимости от того, какой из размеров меньше); D - в 2,5 раза больше максимальной ширины по шинам; E - в 1,25 раза больше максимальной ширины по шинам; 1 - финиш; 2 - участок № 3; 3 - участок № 2; 4 - участок № 1; 5 - старт

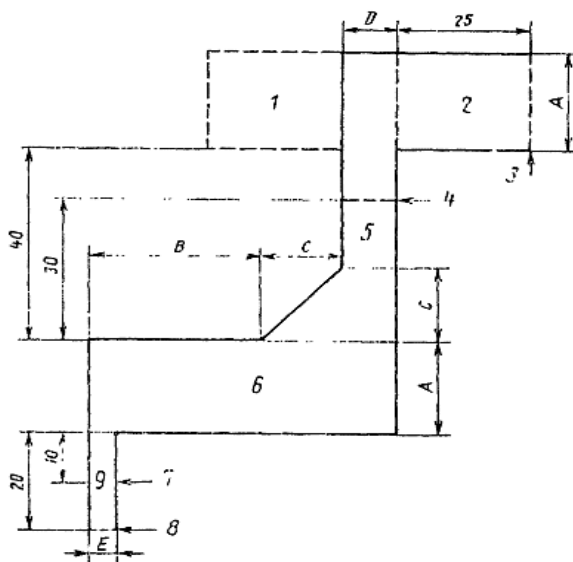


Рисунок 133 - Испытательный коридор для машин, не предназначенных для движения по дорогам:

A - в 1,10 раза больше диаметра окружности поворота по следу колес или 14 м (в зависимости от того, какой из размеров больше); B - в 1,75 раза больше диаметра окружности по следу колес или 22 м (в зависимости от того, какой из размеров больше); C - в 2,00 раза больше максимальной колесной базы или 15 м (в зависимости от того, какой из размеров меньше); D - в 2,5 раза больше максимальной ширины по шинам; E - в 1,25 раза больше максимальной ширины по шинам. Длина коридора: машины с диаметром окружности поворота по следу колес не менее 12 м, колесные тракторы и автогрейдеры должны начинать испытание у линии «Старт 1» и заканчивать у линии «Финиш 1». Остальные машины должны начинать испытание у линии «Старт 2» и заканчивать у линии «Финиш 2». 1 - вариант положения участка № 4; 2 - участок № 4; 3 - финиш; 4 - линия «Финиш 1»; 5 - участок № 3; 6 - участок № 2; 7 - линия «Старт 1»; 8 - линия «Старт 2»; 9 - участок № 1.

В испытательном коридоре, показанном на рисунке 132 (или зеркально-симметричном ему), допускается участку № 4 давать проти-

воположное направление, чтобы поворот с участка № 3 на участок № 4 можно было выполнять в любом из двух направлений. Этот вариант помогает разместить испытательный коридор, вписав его в размеры имеющейся испытательной площадки.

На машинах, которые могут быть оборудованы различными комплектами шин, при испытаниях (за исключением альтернативных испытаний) должны быть установлены шины из числа рекомендованных изготовителем, имеющие наименьшую ширину протектора.

Следы колес испытуемой машины должны находиться внутри испытательных коридоров. Данное требование не распространяется на следы колес прицепов или полуприцепов машин с тремя или более осями, не предназначенных для движения по дорогам.

Испытания рабочей системы рулевого управления

Эффективность системы рулевого управления должна быть достаточной для того, чтобы при движении машины с максимальной скоростью переднего хода следы ее колес не выходили за границы прямого испытательного коридора длиной 100 м, ширина которого в 1,25 раза превышает ширину машины по шинам. Допускается корректировать курс с помощью рулевого управления.

Машины с задними управляемыми колесами должны быть испытаны при движении со скоростью (8 ± 2) км/ч по круговой траектории диаметром, соответствующим примерно половине значения наибольшего угла поворота. При освобождении командного органа угол поворота не должен возрастать.

Система рулевого управления должна обеспечивать соответствие требованиям при прохождении испытательного коридора согласно рисунку 132 машинами, предназначенными для движения по дорогам, и коридора по рисунку 133 машинами, не предназначенными для движения по этим дорогам. Машины должны двигаться передним ходом с установившейся скоростью (16 ± 2) км/ч от момента, когда оси передних колес войдут в коридор, до момента, когда оси передних колес достигнут конца коридора. При этом регистрируют усилие управления, которое не должно превышать 115 Н. Допускается проводить несколько пробных заездов, чтобы оператор мог отработать навык плавного, постепенного приложения мускульного усилия к командному органу рулевого управления.

Рулевое управление колесных машин, предназначенных для движения по дорогам, допускается подвергать альтернативным испытаниям.

Альтернативный испытательный маршрут

Альтернативный испытательный маршрут для машин, предназначенных для движения по дорогам, представляет собой габаритную окружность поворота машины диаметром 24 м, нанесенную на поверхность (рис. 134).

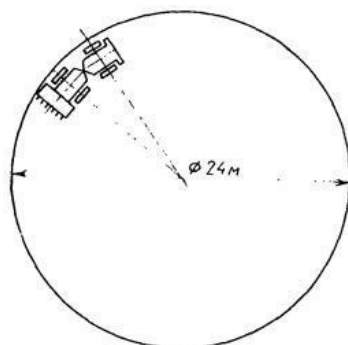


Рисунок 134 - Альтернативный маршрут для испытаний рулевого управления машин, предназначенных для движения по дорогам

Угол поворота

Угол поворота для последующего использования при данных альтернативных испытаниях определяют по следующей программе.

Используют только рабочий командный орган (например, рулевое колесо) и рабочую систему рулевого управления.

Органы управления других механизмов, которые могут повлиять на траекторию поворота (например, бортовые тормоза, наклон колес), использовать не допускается.

Машину выводят на испытательный маршрут и безостановочно двигают по круговой траектории со скоростью (3 ± 1) км/ч. Для определения угла поворота по линии испытательной окружности должна двигаться наиболее удаленная от центра поворота точка машины (рис. 3).

Испытания рабочих систем рулевого управления

Система рулевого управления должна обеспечивать поворот машины из положения прямолинейного движения на угол поворота в течение 4 с. Скорость переднего хода должна составлять (10 ± 2) км/ч, усилие управления не должно превышать 115 Н. Испытания проводят с поворотом в левую и правую стороны.

При подготовке автомобиля к испытаниям особое внимание уделяется контролю параметров, которые могут влиять на управление-

мость автомобиля, в частности углов установки управляемых колес и шкворней, состоянию подвески и шин. Проверяют и корректируют давление воздуха в шинах, а при наличии усилителя снимают на стенде все его характеристики. Устанавливается динамометрическое рулевое колесо. Подготовленный к испытаниям автомобиль проходит обкатку, объем и режимы которой указаны в предыдущих разделах. Перед пробеговыми испытаниями определяют при неподвижном автомобиле усилия на рулевом колесе, поворачивая его последовательно на каждые 90° вправо и влево. Затем, то же повторяют при движении автомобиля с малой скоростью, обычно 10 км/ч. Определяют максимальное усилие на рулевом колесе в процессе совершения двух маневров: установка автомобиля на стоянку при движении вперед и назад в соответствии с приведенной на рисунке 135 схемой. Определяется угол свободного хода рулевого колеса в положении передних колес, соответствующем движению по прямой.

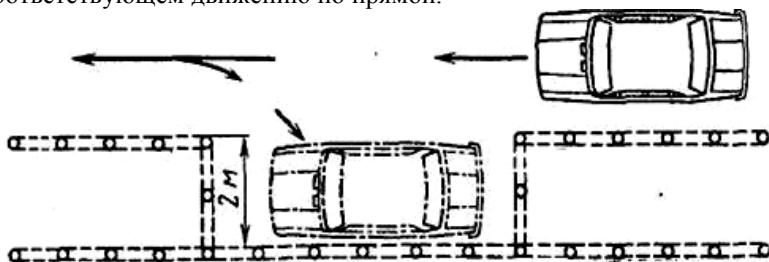


Рисунок 135 - Схема установки автомобиля на стоянку

При выборе маршрутов для испытания исходят из создания интенсивной нагрузки рулевого управления, которая возникает на поворотах средней и большой крутизны, характерных для городских условий, при движении автомобиля по прямой с большой скоростью, и на поворотах различной крутизны, которые встречаются при движении автомобиля по шоссе. Кроме того, предусматривается пробег автомобиля по неровным и булыжным дорогам. Для более полной оценки рулевого управления его нужно испытывать в горных условиях.

Испытания на городских маршрутах или в условиях, их имитирующих, позволяют обеспечить высокую энергонагруженность рулевого управления при совершении частых поворотов, в том числе наиболее трудных с углами $90-110^\circ$ и зигзагообразных, в процессе выполнения которых автомобиль переходит из левого поворота в правый.

В этих условиях работа водителя трудоемкая, а нагружение усилителя, если он имеется, наиболее полное.

Дорожные испытания усилителей обычно совмещаются с испытаниями рулевого управления. Программой контрольных испытаний автомобиля для оценки работы усилителя должно быть предусмотрено определение усилий на рулевом колесе при поворотах управляемых колес на месте и во время движения, а также стабилизации управляемых колес.

По усилию на рулевом колесе можно судить о качестве изготовления рулевого механизма, усилителя и его насоса. Испытания по оценке стабилизации преследуют цель определить качество изготовления и сборки подвижных соединений передней оси (шкворни, шаровые шарниры рулевого механизма), трение в рулевом механизме и усилителе.

Методика испытаний по определению усилия на рулевом колесе заключается в следующем. Автомобиль, нагруженный номинальной нагрузкой, устанавливают на горизонтальной, ровной, гладкой чистой и сухой площадке с цементно-бетонным покрытием. Управляемые колеса должны быть в нейтральном положении. Нагрузка, приходящаяся на переднюю ось, должна соответствовать инструкции по эксплуатации. Перед испытаниями проверяют свободный ход рулевого колеса и давление в шинах передних колес.

Усилия обычно замеряют с помощью динамометрического колеса с самопишущим механизмом. Важно, чтобы этот прибор не изменял существенно условия труда водителя. Усилия на рулевом колесе измеряют при плавных поворотах управляемых колес автомобиля из нейтрального положения вправо до упора в ограничитель с последующим возвратом в нейтральное положение с остановками через каждые 90° поворота приблизительно на 1 с. Усилия должны записываться в течение всего времени замера.

Затем автомобиль передвигают на новое место так, чтобы управляемые колеса оказались на новом участке покрытия. Опыт повторяют в том же порядке при повороте управляемых колес влево. Измерения производятся во время работы двигателя (число оборотов коленчатого вала на 20-30 % больше минимальных холостых). Усилия на рулевом колесе не должны превышать величины, оговоренной техническими условиями. При поворотах вправо и влево они должны быть приблизительно одинаковыми и не должны уменьшаться с увеличением угла поворота. Ступеньки на записи усилий, вызываемые остановками рулевого колеса через 90° , служат для определения угла поворота, которому соответствует записанное усилие.

Испытания по определению усилий на рулевом колесе во время движения производят по траектории в форме "восьмерка" на горизонтальной чистой и сухой площадке с асфальто-бетонным или цементобетонным покрытием, на которой вешками размечаются траектории движения.

Для легковых автомобилей и автобусов с числом мест до 8, а также для грузовых с общей массой более 3,5 т диаметры кругов "восьмерки" равны 20 м, расстояние между центрами 28 м, для автомобилей с большей общей массой соответственно 30 и 42 м. Скорости движения автомобиля в первом случае составляют 25 км/ч, во втором 20 км/ч. Усилия могут замеряться тем же прибором, что и при поворотах управляемых колес на месте. В качестве оценочного параметра принимается среднее усилие из шести экспериментальных значений, полученных при трех заездах (по два на каждый заезд).

Причины неисправностей усилителя, повышающих усилия на рулевом колесе, обычно перечисляются в инструкциях по эксплуатации и ремонту автомобиля.

При испытаниях по оценке стабилизации управляемых колес определяют скорость, с которой управляемые колеса автомобиля и рулевое колесо занимают нейтральное положение после поворота.

У современных автомобилей, предназначенных для движения по дорогам общего пользования, способность управляемых колес возвращаться в нейтральное положение существенно улучшает их маневренность. У автомобилей грузоподъемностью до 8-10 т стабилизация управляемых колес (в указанном смысле) является обязательной.

При наличии усилителя способность управляемых колес возвращаться в нейтральное положение зависит не только от величины стабилизирующего момента на управляемых колесах и трения в рулевом управлении, но и от усилий центрирующих пружин усилителя и величины реактивного действия.

Испытания по определению стабилизации управляемых колес заключаются в следующем.

На горизонтальной ровной сухой площадке с асфальтобетонным или цементобетонным покрытием размечается окружность диаметром 30 м. Водитель ведет автомобиль так, чтобы переднее левое колесо двигалось по этой окружности с установившейся скоростью (20 км/ч). В определенный момент водитель отпускает рулевое колесо и оно под действием стабилизирующего момента возвращается в сторону нейтрального положения до полной остановки, после чего прекращается движение автомобиля. Стабилизация оценивается по сред-

ней скорости возврата рулевого колеса (или управляемых колес) в нейтральное положение и по углу, на который рулевое колесо не доходит до нейтрального положения.

Скорость возврата рулевого колеса записывается на ленту шлейфного осциллографа с помощью датчика угловой скорости вращения рулевого колеса или определяется по записи угла поворота рулевого колеса. Скорость возврата управляемых колес может быть определена по скорости вращения рулевого колеса с учетом углового передаточного числа рулевого управления.

В качестве датчика угла поворота рулевого колеса удобно использовать проволочный потенциометр, связав его с помощью шкива и пасика с рулевым валом.

Скорость возврата рулевого колеса в нейтральное положение в указанных условиях должна быть в пределах $0,5-2,5 \text{ с}^{-1}$, угол α_c - не более 60° .

При испытаниях в загородных условиях и на шоссе автомобиль способен развить большие скорости. При этом с наибольшей степенью может проявляться «виляние» колес, способность автомобиля к «держанию» дороги и другие явления, например способность рулевого управления и усилителя воспринимать обратные удары при наезде автомобиля на неровности дороги.

При испытаниях в условиях горно-холмистой местности можно создавать высокую силовую нагруженность элементов рулевого управления, а также определять производительность насоса гидроусилителя или компрессора пневмоусилителя во время движения автомобиля с поворотами на уклонах при работе двигателя на холостом ходу.

После испытаний рулевое управление разбирают, осматривают и обмеряют его детали. Проверяют наличие смазки в шарнирах, а неразборные шарниры разрезают для проверки их водо- и пыленепроницаемости и определения износа сопряженных деталей. После анализа всех выявленных дефектов дают заключение о соответствии рулевого управления техническим условиям.

4.5.8 Испытания шин и колес

Лабораторные испытания. Работу шины во многом определяют ее упругие или жесткостные характеристики, в частности характеристики радиальной, тангенциальной, боковой и угловой жесткостей, представляющих собой отношение соответственно радиального, тангенциального, бокового усилий, а также момента в месте контакта шин

с дорогой к вызываемым ими деформациям шины в соответствующих направлениях [4, 9, 16].

Для определения радиальной жесткости обычно используют пресс, имеющий механизм нагружения и систему отчета деформаций. В шинной промышленности для этой цели применяют стенд ОПШ-30, предназначенный для испытаний металлических образцов на разрыв. Аналогичный стенд, который разработан на базе машины УММ-50, имеется на автомобильном полигоне НАМИ.

Стенд ОПШ-30 (рис. 136) имеет неподвижную траверсу 3, на которой установлен гидроцилиндр 4.

Его плунжер 5 через подвижную траверсу 6 и тяги 12 перемещает стол 13, воздействующий на шину 11, которая подвешена с помощью тросов 1 к траверсе 3. На этой траверсе укреплен крюк 2 подъемной тали для установки колеса. Давление в гидроцилиндре создается насосом 10 и измеряется силоизмерительным прибором 7, показания которого пропорциональны действующей нагрузке.

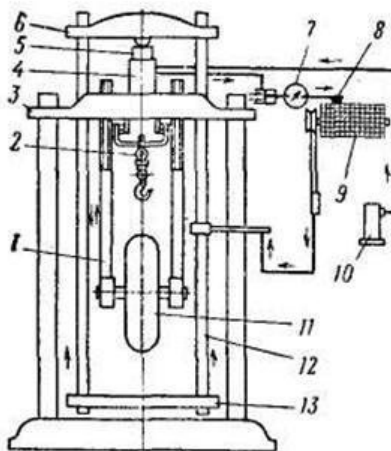


Рисунок 136 - Стенд ОПШ-30

Стенд оборудован записывающим устройством, барабан которого соединен тросиком с тягой 12 и поворачивается на угол, пропорциональный деформации шины, а перо 8 в зависимости от действующей нагрузки перемещается по образующей барабана 9 и автоматически вычерчивает кривые в координатах усилие - радиальная деформация шины. На стенде кроме характеристик радиальной жесткости определяют площади отпечатков и статические радиусы шин, а также

прочность каркаса методом продавливания шины наконечником соответствующей формы с последующим подсчетом работы, затраченной на разрушение, которая характеризует прочность каркаса.

Тангенциальную, или окружную, жесткость шины определяют на установках, принципиальная схема одной из которых дана на рисунке 137.

По верхней штанге 1 установки перемещается груз 2. Это позволяет регулировать вертикальное усилие, прикладываемое к испытываемому колесу 6, путем изменения момента груза 2 относительно опоры 8. Винт 3 служит для поддержания рычага в горизонтальном положении и непосредственно передает усилие через рессору 5 на балку 10, закрепленную на оси стойки 8 и имеющую груз 9, служащий для вывешивания колеса относительно опорной плиты 7. Карданный вал 11 соединяет колесо с храповым устройством 12, собачка 14 которого через сектор 13 и трос связана с винтом 16.

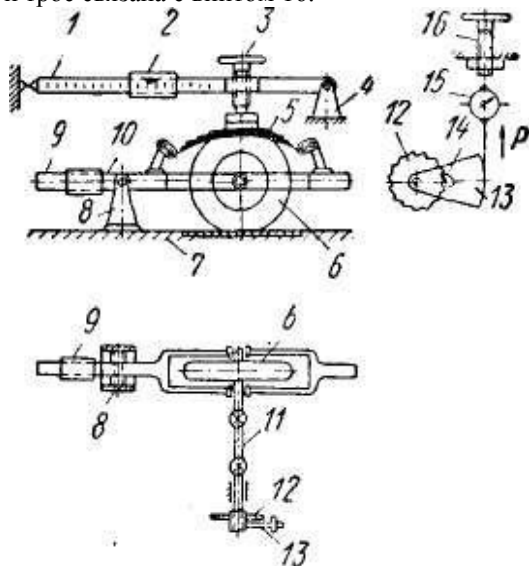


Рисунок 137 - Установка для определения тангенциальной жесткости шин

По осевому перемещению винта 16 с учетом передаточного отношения определяют угол закручивания, а по динамометру 15 усилие, которое создается на колесе. Отношение этого усилия к углу поворота колеса - тангенциальная, или окружная, жесткость шины.

Боковую жесткость шины определяют на установках, схема одной из которых изображена на рисунке 138. Испытуемое колесо 6 жестко связано с трубой 3, свободно посаженной на оси, вследствие чего труба может перемещаться вдоль оси и вращаться вокруг нее. Через подшипники труба связана с рамой 4, на которую воздействуют груз 5, прижимая шину к основанию.

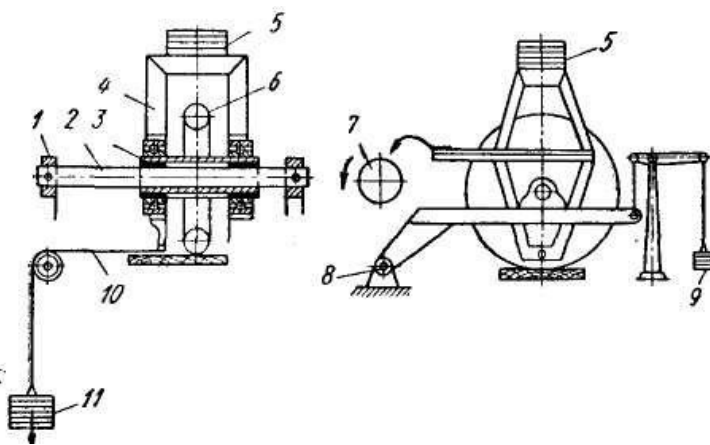


Рисунок 138 - Установка для определения боковой жесткости шин

Груз 11 через блок и трос 10 создает боковое усилие на колесе. Ось 2 жестко связана со станиной 1, последняя может качаться на шарнире 8, что необходимо для первоначального вывешивания колеса, которое осуществляется с помощью противовеса 9. Боковая деформация шины фиксируется самопишущим устройством 7. По величине отношения боковой силы к боковой деформации шины определяют ее боковую жесткость.

Для определения угловой жесткости шины опирают шину на поворотный диск, взаимодействующий с основанием через шарики. По отношению момента, поворачивающего диск, к углу его поворота подсчитывают угловую жесткость в месте контакта шины с основанием.

Существуют универсальные стенды, которые позволяют определять все перечисленные жесткостные параметры.

Для определения сцепных качеств шин в лабораторных условиях используются те же установки, которые применяются для исследования жесткостных параметров.

Продольный коэффициент сцепления, представляющий собой отношение касательного усилия в месте контакта к нормальной нагрузке на колесе при его скольжении, определяется на установке, которая используется для снятия тангенциальной жесткости шины (см. рис. 138). Поперечный коэффициент сцепления, характеризуемый отношением боковой силы к нормальной нагрузке на колесе при боковом скольжении колеса, определяется на установке, изображенной на рисунке 139.

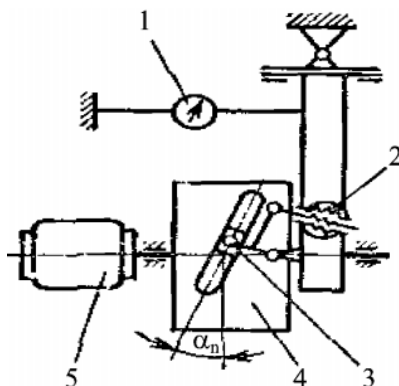


Рисунок 139 - Схема стэнда для определения коэффициентов сопротивления уводу шин:

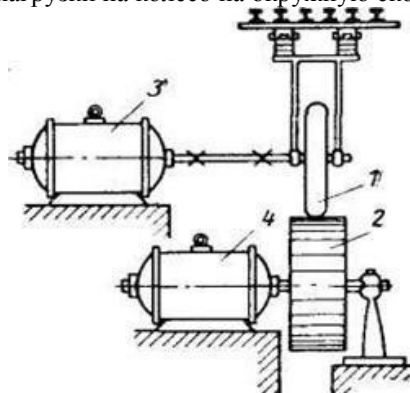
1 – динамометр; 2 – винтовой механизм; 3 – колесо; 4 – барабан; 5 – электродвигатель

На этой же установке, если колесо опереть не на неподвижное основание, а на вращающийся барабан или диск с приводом от электродвигателя, можно снимать характеристики бокового увода шин. Однако не менее распространены стэнды, на которых боковую силу изменяют поворотом оси вращения колеса по отношению к оси вращения бегового барабана.

Сопротивление качению в лабораторных условиях определяется на стэндах с беговым барабаном или вращающимся в горизонтальной плоскости диском. Принципиальная схема стэнда с беговым барабаном приведена на рисунке 140а.

Колесо с испытуемой шиной 1 опирается на беговой барабан 2 и имеет привод от электродвигателя 3, а барабан соединен с генератором 4. Разность мощностей электродвигателя и генератора (за вычетом мощности, обусловленной вентиляционными потерями при вращении

шины) определит мощность, затрачиваемую на преодоление сопротивления качению колеса, а коэффициент сопротивления вычисляется как мощность, затрачиваемая на качение колеса по барабану, деленная на произведение нагрузки на колесо на окружную скорость.



а)



б)

Рисунок 140 - Стенд для определения сопротивления качению шин:

а - устройство стенда; б - внешний вид стенда

Испытания шин на долговечность, включая усталостную прочность каркаса и износостойкость протектора, проводят на шинообкатных станках, схема одного из которых приведена на рисунке 141.

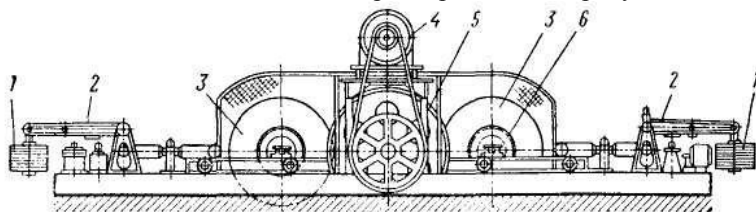


Рисунок 141- Шинообкатный станок

Беговой барабан 5 получает привод от электродвигателя 4 и приводит во вращение две испытываемые шины 3. Они установлены на каретках 6, которые, перемещаясь на роликах по направляющим станины, прижимают шины к беговому барабану под действием грузов 1 через угловые рычаги 2. Станок является универсальным, на нем можно проводить испытания шин диаметром до 1400 мм при нагрузке до 45 кН и скорости качения 25-150 км/ч. Для проверки прочности каркаса при воздействии динамических нагрузок на рабочей поверхности барабана укрепляют различных размеров препятствия.

В целях ускорения процесса испытаний на износ шин применяют станки, на которых в процессе обкатки на шину действует крутящий момент, создаваемый гидротормозом, динамомашинной, либо станки с замкнутым контуром мощности (рис. 142). При возрастании крутящего момента от 0,5 до 1 Н · м интенсивность износа при обкатке по барабану со стальной рифленной поверхностью увеличивается в 4,5 раза.

Колеса и ступицы в лабораторных условиях подвергаются главным образом испытаниям на прочность. Прочность ободов исследуется в основном тензометрическим методом, который подробно будет описан ниже при рассмотрении методов испытаний несущих систем. Обод колеса в сборе с шиной, находящейся под давлением, подвергают действию вертикальной и боковой нагрузки. Тангенциальные нагрузки и крутящие моменты не учитываются, так как их влияние на прочность обода незначительно.

Испытания проводят на установках, аналогичных тем, которые применяют при испытании шин. Диски колес подвергают усталостным испытаниям на стендах, схема одного из которых представлена на рисунке 143.



а)



б)

Рисунок 142 - Испытательные стенды для динамических испытаний шин легковых и легких грузовых автомобилей:

а - 6-ти позиционные; б - 2-х позиционные стенды

Особенностью стенда является то, что в процессе испытаний колесо 1 с испытуемым диском остается неподвижным. Это позволяет

наблюдать процесс возникновения и развития усталостных трещин, которые образуются в результате действия изгибающего момента при вращении несбалансированной массы 2. Масса установлена на валу, который через упругую муфту 3 соединен с электродвигателем 4. Основание стэнда смонтировано на упругой подвеске 5. На этом же стэнде можно проводить усталостные испытания ступиц колес.

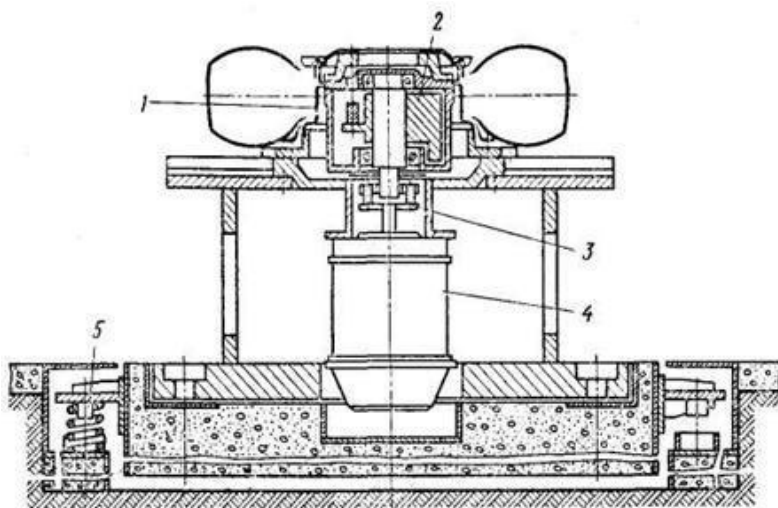


Рисунок 143 - Стенд для испытаний дисков колес

Шины в сборе с ободьями подвергают прочностным испытаниям в броневой камере под давлением, доводя его до значения, при котором разрушается шина или обод. Для предотвращения взрыва вместо воздуха в шину нагнетается вода.

Дорожные испытания. В дорожных условиях шины подвергают испытаниям для определения их сцепных качеств, сопротивления качению, характеристики бокового увода, влияния шин на основные эксплуатационные качества автомобиля, а также надежности шин, колес и ступиц в условиях, характерных для эксплуатации. Сцепные качества, сопротивления качению и характеристики бокового увода шин в дорожных условиях определяют на специальных, чаще одноколесных тележках, хотя существуют двух- и трехколесные тележки.

Следует указать, что до сих пор ни в отечественной, ни в зарубежной практике не существует установившихся взглядов относитель-

но схемы и конструкции тележек в зависимости от их назначения. Однако в большинстве случаев одноколесные тележки применяют для определения коэффициента сцепления в продольном направлении и сопротивления качению, а также характеристик бокового увода шин небольших размеров. В последнем случае для создания боковой силы ось поворачивается в горизонтальной плоскости. Для определения коэффициента сцепления шин в поперечном направлении и характеристики бокового увода шин средних и больших размеров рекомендуется использовать двухколесные тележки, поскольку в этом случае при повороте обоих колес навстречу возникающие на них боковые силы нейтрализуют одна другую, не нагружая рамы тележки и траверсы. Как правило, тележки имеют тормозное устройство для регулирования проскальзывания шины относительно дороги вплоть до полного скольжения. Однако имеются конструкции тележек, у которых отсутствует тормоз, а заданное проскальзывание испытываемого колеса обеспечивается выбором определенного рассогласования кинематики качения испытываемого и опорных колес тележки.

Существуют конструкции тележек с активным приводом, на которых можно испытывать шины, как в тормозном, так и в тяговом режиме. Наиболее точно коэффициент сцепления может быть определен на тележках, схемы которых обеспечивают независимость вертикальной нагрузки на колесе от приложенного к нему момента. Наиболее просто это решается применением параллельных горизонтально расположенных шарнирных штанг, связывающих тележку с тягачом, как это сделано на тележке ПКРС-2У (рис. 144).

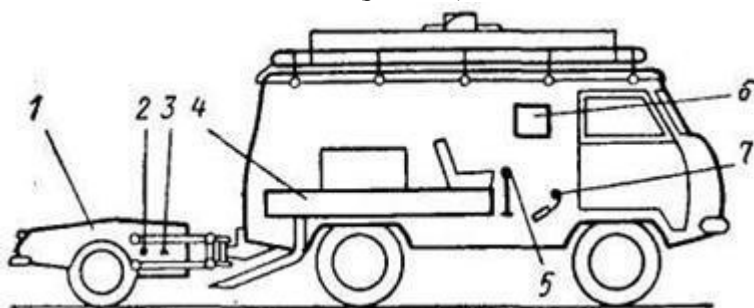


Рисунок 144 - Тележка для определения коэффициента сцепления дорожного полотна

Прицеп 1 снабжен датчиком 3 коэффициента сцепления, а также датчиком 2 ровности профиля. На тягаче размещены рабочее место

оператора, бак 4 для воды, рукоятка управления 5 подачи воды для увлажнения дороги, регистрирующие приборы 6 и педаль 7 для торможения колеса тележки при замерах.

При разработке любой новой модели шины проводят комплекс лабораторно-дорожных испытаний по определению влияния шин на основные эксплуатационные качества автомобиля. Обязательными являются испытания на топливную экономичность, устойчивость и управляемость, скоростные, тормозные и сцепные качества, плавность хода. Для автомобилей высокой проходимости, кроме того, обязательны испытания по определению влияния шин данной модели на проходимость автомобиля, а для легковых автомобилей испытания на шум при работе шин.

При испытаниях используются в основном общепринятые методы. Однако испытания шин имеют особенность, которая заключается в том, что метод замера параметров должен обеспечивать не только качественное, но и количественное сопоставление моделей шин, так как без этого невозможно выбрать лучшую модель, если испытывается несколько моделей. Кроме того, эксперимент должен ставиться с высокой точностью и в одинаковых условиях, чтобы можно было получить достоверные данные и установить различие во влиянии каждой из испытываемых моделей на изучаемое эксплуатационное качество автомобиля. Так, например, в случае определения влияния шин на устойчивость и управляемость автомобиля используется метод, в котором оценочным критерием достоинства шин является кубическое значение средней скорости прохождения специальной слаломной трассы, состоящей из отрезков прямых и поворотов. При этом заезды должны совершаться с максимальной скоростью, а их число при испытаниях каждой шины должно быть не меньше 10. Заезд зачитывается, если при прохождении трассы не будет сбита ни одна вешка. Шины считаются приемлемыми, если кубическое значение скорости прохождения трассы на опытных шинах меньше такого же значения для эталонных шин не более чем на 10%.

Сцепные качества шин определяют в тяговом и тормозном режимах, включая буксование и полное скольжение.

В первом случае автомобиль с испытываемыми шинами буксирует динамометрическую машину, оборудованную гидротормозом, с помощью которого можно плавно увеличивать силу тяги вплоть до буксования колес тягача. Во втором случае динамометрическая машина используется в качестве тягача. Оценочным критерием сцепных качеств шин является сила тяги на крюке, которая определяется с помо-

щью электрического динамометра и записывается на ленту осциллографа либо самопишущего прибора. Длина мерного участка составляет 100 м, а число заездов не менее двух в том и другом направлении.

Сопротивление качению шин в процессе лабораторно-дорожных испытаний определяют, используя метод подсчета пути и времени свободного качения автомобиля, начиная с какой-то начальной скорости, например 50 км/ч до остановки, или методом буксировки автомобиля на испытуемых шинах с замером силы тяги. Устанавливая на один и тот же автомобиль последовательно опытные и эталонные шины, можно получить сравнительные данные по сопротивлению качению шин, как и по всем прочим характеристикам автомобиля, включая топливную экономичность, скоростные, тормозные и другие его качества. При этом для успешного проведения эксперимента необходимо, прежде всего, обеспечить идентичность условий испытаний для исследуемых моделей шин.

Важное значение имеет тщательная подготовка автомобиля и шин, включая обязательно прогрев их перед проведением зачетных заездов. Прогрев шин необходимо выполнять в течение не менее 1 ч при скорости, близкой к той, с которой будет проводиться эксперимент, так как только после этого стабилизируется характеристика шины.

Наиболее достоверные результаты о долговечности шин, или ходимости шин, включая износостойкость их протектора и усталостную прочность каркаса, можно получить, испытывая достаточно большое число шин в условиях эксплуатации.

В целях сокращения времени испытаний используют метод оценки результатов по неоконченным эксплуатационным испытаниям. С помощью этого метода, опираясь на статистические закономерности, можно с приемлемой степенью точности определить средний пробег шин уже тогда, когда из строя выходит 25- 30% всех испытуемых шин. Тем не менее, время эксплуатационных испытаний продолжительное, в связи с чем для его сокращения организуют ускоренные дорожные испытания.

Такие испытания выполняют на автомобилях с полной нагрузкой при больших среднесуточных пробегах на маршрутах, которые могут быть приняты как типовые. Наиболее эффективны ускоренные испытания при их проведении на автомобильном полигоне (рис. 145 - 147).



**Рисунок 145 - Испытательный полигон шин Contidrom
фирмы Continental**



**Рисунок 146 - Испытательный полигон зимних шин "*White Hell*"
компании Nokian**

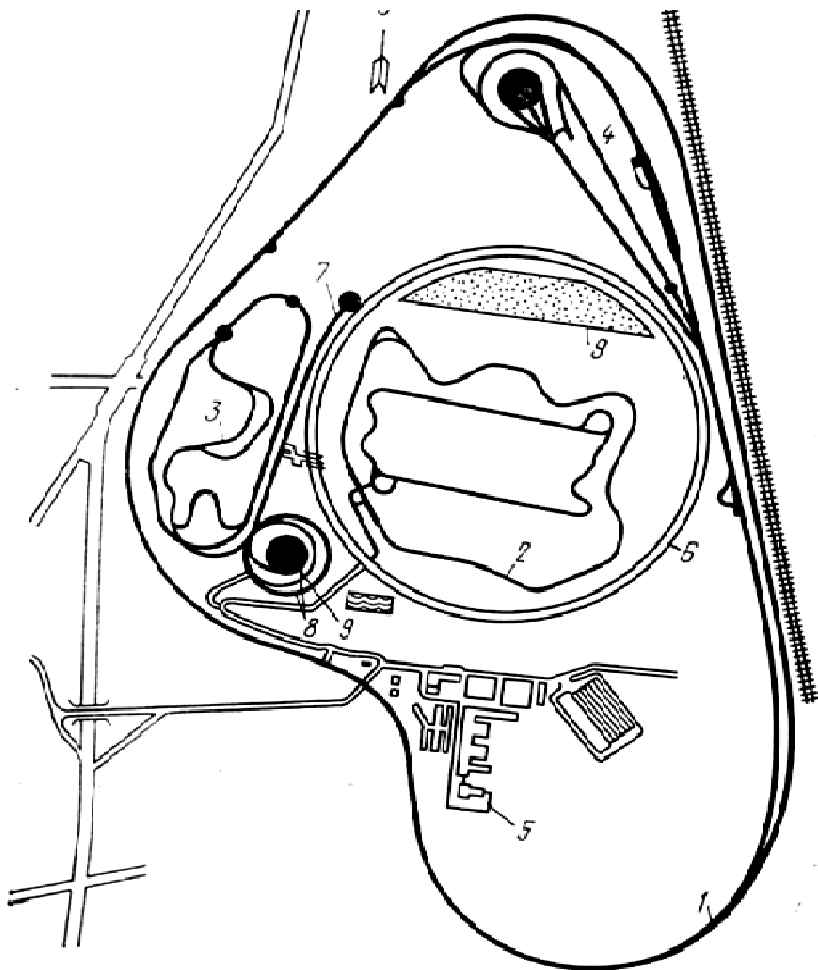


Рисунок 147 - Схема испытательного полигон фирмы Мишлен:

1 - скоростное кольцо; 2 - трасса различных дорожных покрытий; 3 - трасса с кольцевыми поворотами и наклонными участками с обратным наклоном поперечного профиля; 4 - трек аквапланирования и измерения сопротивления качению; 5 - корпус сендовых испытаний; 6 - кольцевой трек; 7 - комплекс участков для испытания устойчивости автомобиля при коэффициентах сцепления от 0,15 - до 1

В условиях ускоренных испытаний пробег шин меньше эксплуатационного, поэтому их желательно проводить как сравнительные, т. е. параллельно испытывать опытные и стандартные шины, используемые в качестве эталона. Учитывая, что при ускоренных испытаниях шины находятся примерно в одинаковых условиях, число шин каждого варианта может составлять не более 15-20 шт.

Перед испытаниями шин их взвешивают и балансируют, измеряют ширину профиля, в том числе под нагрузкой, глубину протектора в четырех сечениях, отстоящих одно от другого на 90° по окружности шины (одно из сечений проходит через вентиль). В каждом сечении замеряют глубину протектора в нескольких точках, число которых зависит от рисунка протектора, хотя может быть и произвольным, однако при этом обязательно должны быть сделаны замеры посередине протектора и в его крайних точках. В процессе испытаний систематически делают замеры. Они служат исходным материалом для определения износа.

Дорожные испытания колес проводят для выявления прочностных качеств, главным образом в условиях ударных нагрузок о неровности, которые могут вызвать разрушение и погнутости закранов ободьев и разрушение деталей крепления колес к ступице, а также самопроизвольный демонтаж шины с обода или нарушение ее герметичности, если шина бескамерная. Эти испытания проводят, как правило, на дорогах второй категории, имеющих участки с нарушенным покрытием, по бездорожьям глубокой колеи, при движении по которым колеса подвергаются воздействию значительных вертикальных и, что особенно важно, боковых сил.

Прочностные качества дисков колес и ступиц определяют путем специальных ускоренных испытаний во время движения автомобилей по траектории, представляющей собой двойную или одинарную восьмерку. Скорость автомобиля задается наибольшей с учетом требований безопасности. При этом возникают боковые силы, которые нагружают колеса и ступицы изгибающим моментом, позволяя в короткий срок получить данные об их усталостной прочности. При определении прочностных качеств колес и ступиц широко применяется тензометрический метод, позволяющий подробно изучить напряженное состояние детали, выявить зоны концентрации напряжений, а также те области, в которых напряжения малы. На основании полученных материалов делают заключение о равнопрочности обода по сечению и диска, затем увеличивают, если это необходимо, напряжение соответствующей зоны и удаляют часть металла там, где напряжения незначи-

тельные. В результате таких мероприятий может быть повышена несущая способность детали и уменьшен ее вес. Возможность изучения напряженного состояния с помощью тензометрирования имеет особое значение для деталей, теоретические методы расчета которых отсутствуют или слабо разработаны. К таким деталям относятся диски колес и ступицы.

4.5.9 Испытания рам и кузовов

Лабораторные испытания. Рамы и несущие кузова в лабораторных условиях испытывают для определения их жесткостных и прочностных характеристик под действием статических и динамических нагрузок, вызывающих изгиб и кручение несущей системы.

Жесткость и напряженное состояние рам и кузовов при статическом нагружении определяют на стендах, позволяющих воспроизводить нагрузку, которую воспринимает несущая система автомобиля от двигателя, водителя и пассажиров, грузов или багажа, бензинового бака, запасного колеса и других агрегатов. Одним из способов создания нагрузки при испытаниях кузова на изгиб является применение одного нагружающего винта и рычажной системы, распределяющей усилие от винта по отдельным точкам кузова, либо нескольких винтов или каких-нибудь других нагружающих устройств. Для испытаний рам и кузовов на кручение используют специальные стенды.

Деформации и напряжения в разных точках кузова и рамы определяют различными методами, в том числе методом хрупких лаковых покрытий, позволяющих дать качественную оценку напряженности на отдельных участках конструкции по величине и направлению трещин, которые образуются при деформации системы. Для определения величины деформаций, особенно в наиболее напряженных местах, целесообразно использовать механические тензометры - приборы с большим (1000) передаточным числом механизма. Существуют и другие методы, однако в последнее время наиболее распространен метод электротензометрирования, заключающийся в определении деформаций исследуемого объекта с помощью тензорезисторов (тензосопротивлений).

Тензорезистор наклеивают на поверхность детали. При деформации детали будут меняться длина и поперечное сечение нити тензорезистора, что вызывает изменение его сопротивления, а следовательно, и величины протекающего тока. Таким образом, по изменению силы тока в цепи можно судить о величине действующих деформаций

в детали, если провести предварительную тарировку. Колебания силы тока, вызванные изменением сопротивления тензодатчиков, усиливаются электронным усилителем и подаются на прибор визуального отсчета, в качестве которого используется микроамперметр, или на записывающий прибор - самописец или осциллограф.

На усталостную прочность рамы и кузова испытывают на стендах-пульсаторах с механическим, электромагнитным и инерционным возбуждением. Общий вид стенда с инерционным возбуждением, на котором проводятся усталостные испытания рам при кручении вокруг продольной оси, показан на рисунке 148.

Основными элементами инерционных стендов являются двухвальные вибраторы, закрепляемые на раме и создающие усилие либо момент, которые изменяются по синусоидальному закону. В этом случае рама 5, установленная на пружинных или резиновых опорах 4, представляет собой упругое звено колебательной системы, а вибраторы 3, связанные с рамой, в совокупности со специальными грузами 1, закрепленными на ярме 2, или без них выполняют роль инерционных элементов.

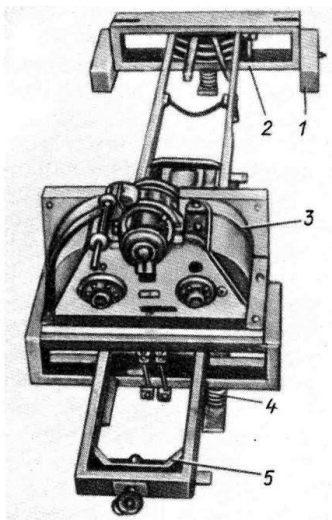


Рисунок 148 - Стенд для усталостных испытаний рам на кручении

Перемещая по раме вибратор, а также изменяя вес грузов, можно создавать различные схемы нагрузок. Статические и динамические

реакции, воспринимаемые опорами стенов, фиксируются с помощью динамометрических элементов с тензодатчиками, которые указывают действующие на раму нагрузки. Регулируя частоту вращения и величину эксцентриситета неуравновешенных масс вибратора, изменяют режим испытаний.

С помощью таких стенов можно моделировать многие из типичных, возникающих в эксплуатации поломок лонжеронов, поперечин и заклепочных соединений при минимальных затратах времени и средств на испытания. Вибрационные стенды применяют также при испытаниях кузовов, кабин грузовых автомобилей и оперения.

На рисунке 149а представлена схема нагружения кузова (рамы) легкового автомобиля при статических испытаниях на изгиб.

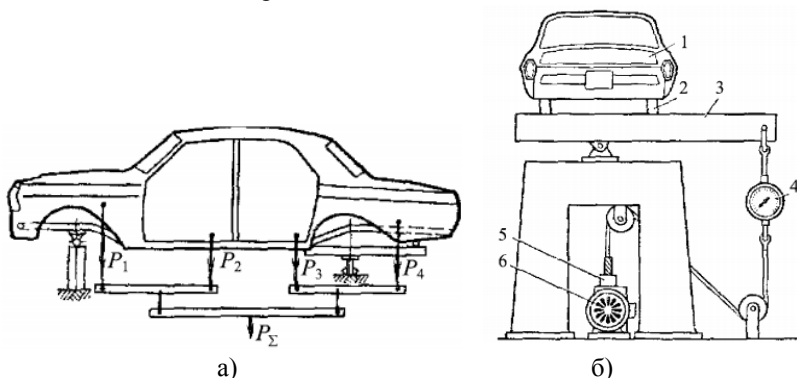


Рисунок 149 - Схема нагружения кузова при статических испытаниях:

а - на изгиб; б - на кручение

Суммарное усилие P_{Σ} с помощью системы рычагов раскладывается на четыре составляющие P_1 – P_4 которые имитируют воздействие на несущую систему автомобиля четырех основных сосредоточенных масс: двигателя в сборе со сцеплением и коробкой передач, переднего сиденья и двух сидящих на нем пассажиров, заднего сиденья и трех сидящих на нем пассажиров, бензобака с топливом и багажа. Суммарное усилие $P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$ в каждом конкретном случае определяют исходя из характеристик указанных масс и принимаемого коэффициента перегрузки. При испытаниях кузова легкового автомобиля на изгиб на стенде можно использовать распределенную по длине салона вертикальную нагрузку 4000–4450 Н. В исследовательских лабораториях компании «Форд» (США) проверка конструкции на изгиб

и кручение производится в стендовых условиях путем нагружения кузова изгибной нагрузкой, соответствующей двукратной перегрузке, и закручиванием его моментом 3000 Н·м.

Одной из задач статических испытаний является определение жесткости конструкции. Прогиб основания и деформации проемов кузова или кабины в момент действия максимальных изгибающих или скручивающих нагрузок не должны превышать допустимых величин, определяемых зазорами между силовыми элементами дверных проемов и соответствующими поверхностями дверей. Дополнительные ограничения на величину допустимых деформаций кузовных элементов могут быть связаны с конструкцией дверных замков, так как самопроизвольное открывание дверей при действии нагрузок на кузов (раму) недопустимо.

Оценивают жесткость системы по измеренным деформациям и перемещениям элементов кузова. Для этого на базовую плиту стенда устанавливают определенное число стрелочных индикаторов с делением 0,01–0,02 мм или применяют установку типа «Alpha- 3D», позволяющую фиксировать перемещение любой точки кузова с высокой точностью. По данным измеренных перемещений силовых элементов основания кузова или лонжеронов рамы строят эпюры прогибов. Характерной величиной является максимальный прогиб конструкции при действии нагрузки определенного уровня.

Для несущих кузовов легковых автомобилей максимальный прогиб силовых элементов основания при действии номинальной эксплуатационной нагрузки обычно находится в пределах 0,5–1,0 мм.

Жесткость несущей системы на кручение проверяют при нагружении ее скручивающим моментом измерением угла закручивания (рис. 149б). С этой целью кузов 1 на фальшрессорах 2 устанавливают на подвижных опорах – передней скользящей и задней качающейся в поперечной плоскости. К консольной части задней опоры 3 прикладывают усилие (измеряемое динамометром 4), вызывающее поворот опоры относительно продольной оси кузова. Таким образом, на конструкцию действует скручивающий момент. Усилие передается от электродвигателя 6 через редуктор 5 с большим передаточным числом.

Для измерения углов закручивания используют стрелочные индикаторы, устанавливаемые слева и справа под силовыми элементами несущей системы и фиксирующие их вертикальные перемещения в процессе нагружения. По полученным данным строят линии упругих деформаций левого и правого лонжеронов рамы (или соответственно левого и правого порогов кузова) и вычисляют углы закручивания по-

следовательно расположенных сечений. Углы закручивания можно определять также угломерными устройствами, например оптическими квадрантами.

При оценке результатов исследования жесткости кузова (рамы) на кручение часто оперируют не углами относительного закручивания сечений, а характеристиками жесткости. Одну из характеристик определяют по формуле $\sigma_{\text{УВ}} = M_{\text{кр}} / \theta$ где $M_{\text{кр}}$ – скручивающий момент, действующий на испытываемую – угол относительного поворота сечений, $\sigma_{\text{Уконструкция}}$, кНм; расположенных над передней и задней осью автомобиля (угол закручивания несущей системы на длине базы автомобиля), рад. При одинаковой силовой схеме несущей системы удлинение базы автомобиля приводит к уменьшению показателя жесткости B , так как увеличивается угол закручивания системы при действии того же момента $M_{\text{кр}}$. Поэтому сопоставлять характеристики жесткости различных кузовов необходимо с учетом длины базы автомобиля.

На рисунке 150 показана установка кузова легкового автомобиля для усталостных испытаний по указанной методике на динамическом стенде.

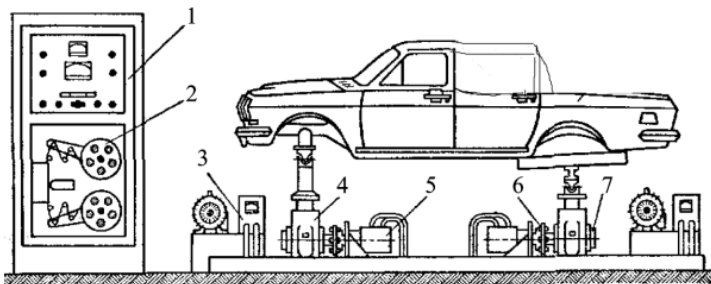


Рисунок 150 - Стенд для испытаний автомобильного кузова на усталость:

1 – АСУ стенда; 2 – перфолента, задающая углы поворота роторов гидроусилителей момента; 3 – насосная станция, питающая гидроусилитель; 4 – кривошипно-шатунный нагрузчитель; 5 – гидроусилитель момента; 6 – соединительная муфта; 7 – контрольное устройство (датчик обратной связи)

Перед началом испытаний измеряют жесткость кузова на кручение. По этому параметру в процессе испытаний оценивают состояние конструкции, выявляют степень влияния усталостных трещин на

общую жесткость системы, делают своевременное заключение о необходимости окончания эксперимента.

По мере появления усталостных трещин жесткость кузова уменьшается, причем особенно интенсивно после возникновения больших трещин (до 25–30% периметра сечения) в передних и задних стойках кузова. С ослаблением сечения стоек нарушаются связи между основанием и крышей, и верхняя силовая обвязка резко уменьшает способность воспринимать кососимметричные нагрузки.

Методики проведения испытаний на усталость рам и кузовов имеют много общего. Как правило, при выборе нагрузки предпочтение отдают кососимметричному нагружению (скручиванию). Однако для усталостной прочности лонжеронов рамы, особенно при наличии различного рода ослаблений и концентраторов напряжений, наиболее опасен режим изгиба. Обычно частота изменения нагрузки на стенде находится в пределах 2–5 Гц.

При испытаниях, связанных с необходимостью оценки эффективности каких-либо изменений в конструкции, полноразмерную раму можно заменить вырезанными из нее замкнутыми и открытыми узлами, что позволяет использовать при испытаниях более простые методики и оборудование (при меньших затратах для получения необходимой информации).

При испытании кабин, кузовов и их оборудования используют также ударные стенды. На этих стендах испытываемому объекту, укрепленному на платформе, сбрасываемой с определенной высоты, можно сообщать ускорения в диапазоне 0–100g. Величину ускорения регулируют изменением жесткости резиновых прокладок, расположенных между основанием и платформой.

Герметичность кабины и кузова проверяют, например, методом нагнетания в салон воздуха под давлением.

На звукоизоляцию кузов испытывают в лабораторных условиях на роликовом стенде путем замера уровня шума, подвешивая шумомер упруго на высоте головы пассажиров каждого ряда сидений. Уровень шума измеряют при работе двигателя с максимальной мощностью на каждой передаче, а также в режиме торможения двигателем. В процессе испытаний стекла кабины должны быть подняты, воздухозаборник закрыт, а электродвигатель отопления выключен.

Испытание кузова на водонепроницаемость проводят в дождевой камере с включенными стеклоочистителями, приборами освещения и сигнализации. Обычно автомобиль находится в камере в течение 15 мин, при этом фиксируется проникновение воды в салон,

багажник и отсек двигателя. Не допускается проникновение воды в ответственные части электроаппаратуры, образование конденсата в приборах освещения.

Принцип испытаний деталей арматуры заключается в воспроизведении на стендах условий работы этих деталей, причем предварительно устанавливают базовое число циклов, которое должен выдерживать испытываемый объект.

В настоящее время накоплен большой опыт проведения подобных испытаний. В лабораторных условиях широко используются гидравлические нагрузжатели и приводные механизмы. Например, на специальном стенде непрерывно производят открывание и закрывание дверей автомобиля, крышки багажника и капота, точно моделируя воздействие руки человека.

Петли и замки дверей, должны, как минимум, выдерживать 100 тыс. циклов открывания и закрывания, капота – 5 тыс. циклов, а крышки багажника – 20 тыс., циклов. Запирающее устройство замков дверей испытывают с помощью гидравлического приводного механизма стенда: в течение 4 секунд вставляется ключ, поворачивается вправо на 180° , вынимается, снова вставляется, поворачивается влево на 180° и вынимается. Таким образом, полностью имитируется открывание и запираение замка двери.

Аналогичные испытания проходят и замки зажигания. Упругие элементы сидений в эксплуатации находятся под действием динамических нагрузок. Надежность сидений оценивают, например, по результатам 200 тыс. циклов нагружений их манекеном массой 135 кг.

При испытаниях сидений определяют также упругую и амплитудно-частотную характеристику подушки. Эти характеристики используются для оценки комфортабельности посадки водителя и пассажиров. Снимают упругую характеристику сиденья при установке промежуточной профилированной плиты, на которую действует нагрузка. По результатам испытаний строят график в координатах нагрузка–деформация.

Дорожные испытания. Автомобильные рамы и несущие кузова подвергают дорожным испытаниям для определения их прочности и жесткостных характеристик в условиях комплексного воздействия изгибающих нагрузок и крутящих моментов, обусловленных профилем дороги. Для ускорения испытаний их проводят на участках разбитых дорог обычно с булыжным покрытием и просевшим основанием. Существенно ускорить процесс испытаний без ухудшения их качества возможно при проведении испытаний на специальных дорогах автопо-

лигона: «бельгийской мостовой», дороге типа «короткая волна», «разбитый булыжник». Значительно же ускоряется процесс испытаний при применении дороги с искусственными неровностями трапецевидного профиля, которые расположены на полотне дороги в шахматном порядке, с расстоянием между ближайшими неровностями по длине колеи, равным базе автомобиля. При такой схеме расположения неровностей в раме или кузове автомобиля возникают наибольшие нагрузки, а следовательно, в максимальной степени ускоряются испытания, хотя скорость приложения нагрузок является небольшой, так как скорость движения автомобиля по таким неровностям мала. На дороге со сменными препятствиями эффективно могут испытываться также оперение, кузова, кабины грузовых автомобилей, детали их крепления к раме и другие узлы.

Режимы нагружения элементов несущей системы в основном определяют конфигурация неровностей, а также скорость движения автомобиля. Размеры и форму неровностей и режимы движения выбирают при предварительных режимометрических испытаниях, которые заключаются в определении уровня напряжений в характерных точках рамы или несущего кузова при движении автомобиля в типичных условиях эксплуатации, включая самые тяжелые. Запись напряжений проводят обычно с помощью тензодатчиков, сигналы от которых подаются к осциллографу, который их записывает на бумажную ленту.

На рисунке 151 показано расположение измерительной аппаратуры на автомобиле при проведении тензометрирования в дорожных условиях.

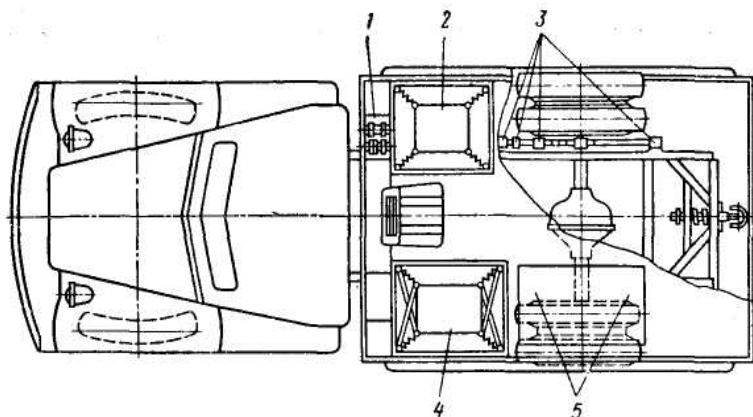


Рисунок 151 - Дорожная тензометрическая установка

Блок питания состоит из аккумуляторной батареи 5 и преобразователя - генератора 1, который вырабатывает напряжение, необходимое для работы усилителя 4.

От усилителя напряжение подается на тензодатчики 3. Поступающий от них сигнал усиливается, а затем подается на осциллограф 2, который записывает процесс на специальную бумажную ленту.

В последнее время большое распространение получают магнитографы, осуществляющие запись процесса на магнитную ленту. Преимущества такой системы записи заключаются в том, что магнитная лента позволяет зафиксировать больший объем информации по сравнению с бумажной лентой. Это дает возможность производить непрерывную запись на больших отрезках пути, упрощая процесс режимометрирования. Главное же преимущество системы магнитной записи заключается в существенном ускорении статистической обработки информации путем непосредственной подачи сигнала с магнитной ленты на вход электронно-вычислительной машины.

Кузова легковых автомобилей и автобусов, а также кабины грузовых автомобилей испытывают для определения их акустических характеристик. Испытания проводят с применением той же аппаратуры, что и в стендовых условиях, при разгоне автомобиля с максимально возможным ускорением и полностью открытой дроссельной заслонкой, а также при замедлении с полностью закрытой дроссельной заслонкой.

Испытания на водонепроницаемость кузовов и кабин производят путем преодоления автомобилем неглубокого, около 10 см, брода со скоростью 25-30 км/ч, а в условиях полигона, кроме того, путем проезда по участку дороги, оборудованному дождевальными установками, с максимальной скоростью, допускаемой нормами безопасности.

Для получения достоверных результатов число заездов через брод и участок с искусственным дождем должно быть около десяти.

Кузова подвергают специальным испытаниям на загрязнение путем выполнения нескольких, обычно пяти, заездов по преодолению вязкого неглубокого брода со скоростью до 30 км/ч. После испытаний проверяют визуально и фотографируют загрязнение различных частей кузова, включая двигательный отсек.

Пыленепроницаемость кузова определяют путем выполнения нескольких, обычно трех заездов, со скоростью 30 км/ч по участку дороги, покрытой слоем пыли, следуя на расстоянии примерно 30 м за поднимающим пыль автомобилем. После каждого заезда визуально проверяют проникновение пыли в пассажирское помещение, багажное

отделение и двигательный отсек. Результаты проверки отмечают в журнале или путевом протоколе.

4.5.10 Испытания на управляемость и устойчивость

Под управляемостью автомобиля (точнее, системы автомобиль-водитель) подразумевают совокупность свойств, обуславливающих возможность изменять в соответствии с желанием водителя направление движения автомобиля при поддержании возможно высокой скорости движения. Качественно управляемость автомобиля можно оценивать по степени приближения фактической траектории (в плане) его движения к желаемой (с учетом скорости движения). К основным количественным показателям управляемости можно отнести:

- предельные значения кривизны траектории автомобиля при круговом движении (минимальные радиусы кривизны);
- предельные скорости изменения кривизны траекторий различных точек автомобиля;
- значения отклонений траектории и направления фактического движения от заданных и частота повторяемости отклонений.

К показателям управляемости относят также количество энергии, затрачиваемой водителем на управление автомобилем при заданной траектории движения («легкость управления»).

На большинство показателей, характеризующих управляемость системы автомобиль - водитель, влияют как конструктивные параметры автомобиля, так и данные водителя как управляющего звена. Поэтому в современной трактовке рассматривается управляемость не автомобиля изолированно как механической системы, а управляемость системы водитель-автомобиль.

При экспериментальных исследованиях в целях исключения или сведения к минимуму влияния индивидуальных особенностей водителя сравнительные испытания нескольких однотипных или различных автомобилей проводят с одним водителем. Применяют также систему осреднения получаемых данных, проводя испытания одного и того же автомобиля с несколькими водителями.

При движении автомобиля в различных дорожных условиях на его управляемость сильно влияют внешние воздействия («возмущения»), оказываемые дорогой (например, дорожными неровностями) и воздушной средой (порывы бокового ветра и т. п.). В зависимости от того, как реагирует автомобиль на эти возмущения, его движение может быть устойчивым или неустойчивым. Устойчивость автомобиля

тесно связана с управляемостью, так как чем выше устойчивость, тем больше вероятность приближения фактических параметров движения автомобиля к задаваемым действиями водителя. Различают устойчивость автомобиля по опрокидыванию (поперечному и продольному), направлению движения (курсовая устойчивость) и боковому смещению (боковая устойчивость).

Дорожные условия (дороги и площадки для испытаний) определяются программой и методикой испытаний (ровное асфальтобетонное, цементобетонное, булыжное покрытие, заснеженная дорога, гладкий лед). Метеорологические условия: температура воздуха от +3 до +30° С, при испытаниях на заснеженной дороге и на льду от -2 до -15° С; скорость ветра не более 3 м/с; отсутствие осадков.

Испытание «пробег» проводят в нормальном эксплуатационном режиме. Целью его является субъективная оценка автомобиля двумя водителями, прошедшими специальную подготовку. Пробег 300-600 км выполняется по дорогам общего пользования и скоростной дороге автомобильного полигона. Водители оценивают автомобиль как объект управления и качество рулевого управления испытуемого автомобиля. В протоколе испытания указывают дорожные и метеорологические условия, показания счетчика пути, скорости движения.

В процессе пробега определяют управляемость автомобиля на участках дорог с ровным и волнистым микропрофилем при различных скоростях движения: от 20 - 30 км/ч до скорости, максимально возможной в этих условиях. Оценка производится по шкале субъективной оценки с четырех или пятибалльной градацией, начиная от 5 «хорошо», до 1 «неудовлетворительно» (недопустимо). Первая оценка относится к случаю, когда при движении боковые отклонения практически не ощущаются, можно двигаться длительно, не корректируя положение автомобиля поворотом рулевого колеса. Оценки 2 и 1 соответствуют условиям, при которых движение сопровождается значительными боковыми отклонениями, делающими движение опасным, а при наличии встречного транспорта недопустимым. Промежуточные оценки относятся к промежуточным характеристикам поведения автомобиля на дороге.

По аналогичной системе оценивают колебания курсового угла и их демпфирование (затухание), крен автомобиля, его колебания и демпфирование, чувствительность автомобиля к управлению, стабилизацию положения управляемых колес и усилия на рулевом колесе.

По комплексу перечисленных наблюдений и оценок дают общее заключение об управляемости автомобиля при испытании «пробег».

Испытание «курсовая устойчивость» проводят на прямолинейном участке дороги с шириной проезжей части не менее 3,5 м. Поперечный уклон полотна дороги не должен превышать 0,5%, продольный уклон 1%. Виды дорог: с асфальтобетонным или цементобетонным покрытием в сухом и мокром состоянии с нормированной величиной неровностей (в том числе с искусственными неровностями заданного профиля); бульажное шоссе хорошего качества в сухом состоянии; укатанная заснеженная дорога. Длина мерного участка должна быть не менее 800 м.

Измерительная аппаратура должна обеспечивать непрерывное измерение углов поворота рулевого колеса, продольной оси автомобиля и времени с отметками начала и конца прохождения участка замера. В качестве датчика угла поворота рулевого колеса используют проводочный круговой потенциометр повышенной точности, датчика поворота продольной оси автомобиля - гироскопический полукомпас авиационного типа; регистрирующим прибором является осциллограф или магнитограф.

Во время испытаний выполняют заданное число заездов в одном направлении (число зачетных заездов не менее восьми). Перед выездом на измерительный участок устанавливают заданную скорость, выдерживаемую с точностью ± 3 км/ч. Опыты проводят при скорости 60 и 100 км/ч. Применяют и другие значения скоростей, например предельную на данной дороге (по условиям безопасности движения) и скорость на 20-25% меньше ее. Записи обрабатывают для получения средних интегральных значений углов поворота рулевого колеса.

Работу водителя по поддержанию заданного направления движения оценивают средней интегральной угловой скоростью поворота рулевого колеса на участке замера. Лучшей управляемости соответствуют меньшие значения указанного оценочного параметра.

Полученные по данному методу результаты («инструментальная оценка») сопоставляют с субъективной оценкой, фиксируемой в протоколах испытаний. Заключительная оценка дается при их достаточном совпадении. В противном случае опыты необходимо повторить, проанализировав возможные причины расхождения оценок.

Испытание «переставка» (рис. 152) заключается в переводе автомобиля с одной полосы движения на другую, параллельную ей (боковое смещение 3,5 м). Необходимость выполнения такого маневра возникает при аварийной ситуации, связанной с появлением на полосе движения неожиданного препятствия в непосредственной близости от автомобиля. Длина пути, на котором должна быть выполнена «пере-

ставка», принята равной 12 и 20 м. Опыт производят на дороге с асфальтобетонным или цементобетонным покрытием в сухом состоянии, на мокром асфальтобетонном покрытии и на заснеженной укатанной дороге.

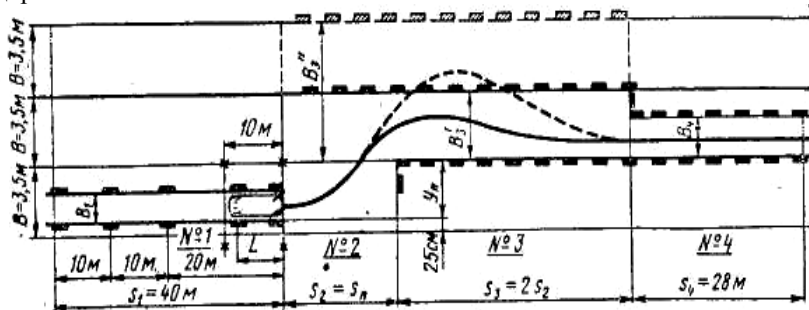


Рисунок 152 Схема разметки площадки для испытаний «переставка»:

X - места установки фотостворов; B_a - ширина автомобиля; y_n - ширина препятствия («смещение»); L - база автомобиля; № 1 - участок «Вход»; № 2 - участок «Переставка», № 3 - участок «Установка»; № 4 - участок «Выход». Для испытаний типа I на дороге с двумя полосами движения $B_3 = 3,5$ м; для испытаний типа II на дороге с тремя полосами $B_3 = 7,0$ м. При $B_a = 1,46 - 1,55$ м $B_1 = 1,90$ м, $B_4 = 2,20$ м, при $B_a = 2,46 - 2,55$ м $B_1 = 3$ м; $B_4 = 3,50$ м

Посредством серии предварительных заездов определяют наибольшую скорость, при которой автомобиль может совершать маневр «переставка» на заданном участке пути (12 и 20 м). При близкой к ней скорости производят установленное методикой количество зачетных заездов. Зачетными считаются заезды, при которых автомобиль не выходит за габариты полос движения, ограниченные резиновыми конусами (т. е. не задевает и не сбивает конуса).

Оценочным параметром является скорость автомобиля в момент входа в «переставку». Скорость определяют посредством двух фотостворов, установленных на расстоянии (базе) 10 м один от другого, и хронографа с точностью измерения до 0,001 с.

В каждом заезде водитель фиксирует снос автомобиля, возникновение колебаний курсового угла, бокового отклонения, угла крена и оценивает по шкале субъективной оценки их демпфирование, а также чувствительность автомобиля к управлению и усилие на рулевом колесе, требуемое для выполнения маневра.

При проведении опытов кроме субъективной оценки поведения автомобиля могут быть зафиксированы посредством соответствующей аппаратуры (см. выше) изменения углов поворота продольной оси автомобиля и рулевого колеса по времени.

Отраслевым стандартом «Автомобильный подвижной состав. Устойчивость и управляемость. Нормы для проектирования. Технические требования» нормируются значения предельных по траекторной управляемости скоростей при выполнении данного маневра.

Испытание «вход в поворот» имеет целью установление предельной скорости, с которой автомобиль может двигаться, сохраняя управляемость, на поворотах постоянного радиуса дороги с высоким коэффициентом сцепления.

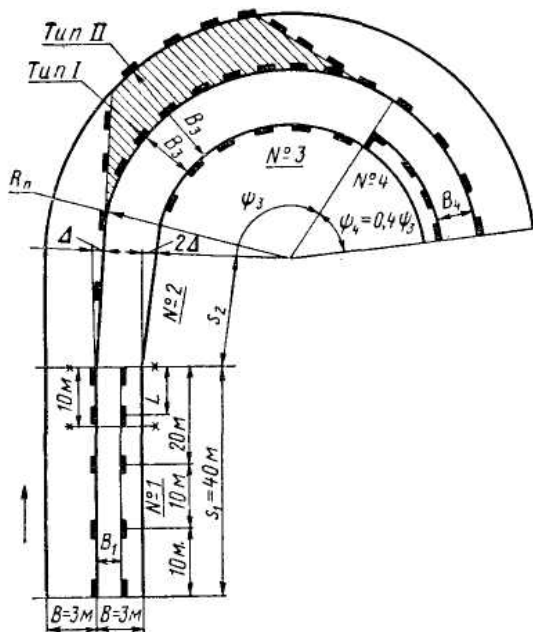


Рисунок 153 - Схема разметки площадки для испытания «вход в поворот $R_n=35$ м»

№ 1 - участок «Вход»; № 2 - участок «Начало поворота»; № 3 - участок «Поворот»; №4 - участок «Выход». При $V_a = 1,46 - 1,55$ м $B_1 = 1,90$ м; $B_4 = 2,60$ м; при $V_a = 2,46 - 2,55$ м $B_1 = 3,00$ м, $B_4 = 3,90$ м. Для $R_n = 35$ м $S_2 = 15$ м, для $R_n = 50$ м $S_2 = 17,5$ м

Испытание проводят на горизонтальной площадке диаметром не менее 120 м с ровным асфальтобетонным или цементобетонным покрытием в сухом состоянии. На площадке (рис. 153) наносят линии (или устанавливают вехи в виде резиновых конусов), определяющие въездной «коридор» шириной 3 м и окружности поворота с радиусами 35 и 25 м (по внутренней бровке поворота) (рис. 153, 154).

Испытуемый автомобиль оборудуют одним или двумя страховочными приспособлениями - навесными колесами на специальных кронштейнах, ограничивающими боковой наклон автомобиля на повороте (с отрывом колес одной стороны от поверхности площадки) углом не более 25- 30°. Легковые автомобили рекомендуется оборудовать двумя страховочными колесами, устанавливаемыми на кронштейнах у переднего и заднего буферов. Вес страховочных приспособлений должен быть учтен при балластировке автомобиля.

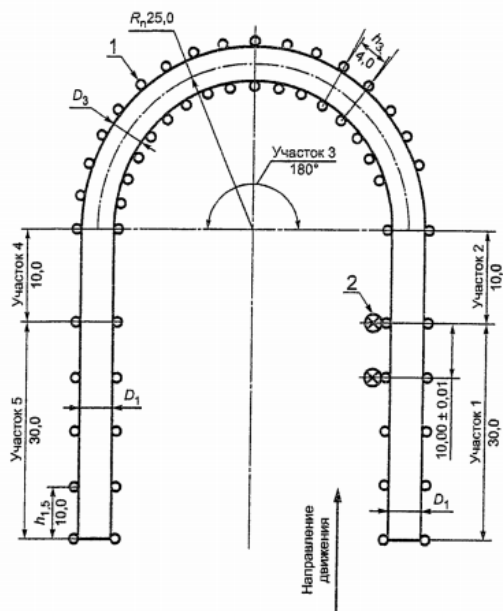


Рисунок 154 - Разметка участка испытаний «поворот $R_n = 25$ м»:

1 – вертикальные ограничители разметки коридоров движения;
 2 – датчики измерения скорости; $h_{1,5}$ – шаг установки вертикальных ограничителей на участках 1 и 5; h_3 – шаг установки вертикальных ограничителей на участке; D_1 – ширина коридора на участках 1 и 5.

Скорость автомобиля во время опыта можно определять по показаниям любого прибора, регистрирующего скорость с точностью не менее 0,5 км/ч. Водитель контролирует скорость автомобиля по протарированному спидометру.

Путем последовательных заездов (при каждом из двух указанных выше радиусах поворота) с постепенным увеличением скорости на 1-2 км/ч находят предельную скорость по траекторной управляемости на повороте, после чего проводят пять-шесть зачетных заездов с предельной скоростью. Оценочным параметром является средняя предельная скорость по всем зачетным заездам.

В каждом заезде водитель и наблюдатель, находящийся вне автомобиля, фиксируют снос, колебания курсового угла, угла крена, выход автомобиля из полосы движения, занос, опрокидывание (по опоре на страховочное колесо). Указанным выше ОСТом нормируется оценочный параметр, т. е. средняя скорость автомобиля в момент входа в поворот.

Легкость управления автомобилем оценивают по *величине усилий на ободу рулевого колеса* при повороте управляемых колес на месте, при движении по траектории «восьмерка» и при переезде препятствий. Испытания проводят на горизонтальной асфальтобетонной площадке в сухом состоянии. Повороты на месте производят вправо и влево до упора в ограничители. Если на автомобиле есть усилитель рулевого привода, то испытания проводят при работающем двигателе.

Повороты **при движении по траектории «восьмерка»** осуществляют со скоростями 25 км/ч для легковых автомобилей, автобусов с числом мест до восьми и грузовых автомобилей с полной массой до 3500 кг и 20 км/ч для остальных автомобилей. Первую категорию автомобилей испытывают при движении по траектории «восьмерка» диаметром 20 м и с расстоянием между центрами 28 м, а вторую - диаметром 30 м и с расстоянием между центрами 42 м.

Переезд искусственных препятствий трапецевидной формы высотой 6 см и шириной по основанию 30 см, установленных последовательно через 0,75 м, производят со скоростью 20 км/ч поочередно колесами одной и другой стороны автомобиля. При всех испытаниях регистрируются усилия на рулевом колесе. В результате обработки полученных данных двух-трех опытов определяют максимальные усилия при каждом виде испытаний.

Наименьшие радиусы поворота переднего наружного колеса и габаритные радиусы поворота (внешний и внутренний), *характеризующие ширину проезда*, определяют при повороте автомобиля вправо

и влево. Испытания проводят на ровной горизонтальной площадке с твердым покрытием. Автомобиль движется с минимально возможной скоростью (на низшей передаче) по кругу с повернутыми до упора в ограничители управляемыми колесами. При этом переднее наружное колесо оставляет на дороге меловой отпечаток.

Автомобиль проезжает полный круг, после чего измеряют **диаметр круга по осевой линии следа** переднего внешнего колеса в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Для определения габаритных радиусов поворота измеряют расстояние от оси следа переднего внешнего колеса до отвесов, укрепленных на автомобиле в двух точках наиболее приближенной к центру поворота и наиболее удаленной от него.

Устойчивость – это совокупность свойств, определяющих критические параметры по устойчивости движения и положения автомобильного транспортного средства (АТС) или его звеньев.

Признаком потери устойчивости является скольжение АТС или его опрокидывание. В зависимости от направления скольжения или опрокидывания АТС различают поперечную и продольную устойчивость.

Испытания «опрокидывание на стенде» проводят с целью определения показателей поперечной устойчивости против опрокидывания при наклоне платформы стенда до величины, при которой наблюдается отрыв колес одной стороны одиночного автомобиля или трактора или колес одной стороны одного из звеньев седельного автопоезда от опорной поверхности.

Испытания проводят на стенде с опрокидывающей платформой (рис. 155, 156). Испытуемую машину устанавливают на опорной поверхности платформы таким образом, чтобы его продольная ось была параллельна оси поворота платформы. Управляемые колеса должны находиться в положении, соответствующем прямолинейному движению. Стояночный тормоз при этом должен быть включен. Для предотвращения скольжения и опрокидывания устанавливают соответствующие приспособления. Наклон платформы осуществляют с угловой скоростью, не превышающей 0,5 °/с, до отрыва одного, а затем всех колес одной стороны одиночного АТС (звена автопоезда) от опорной поверхности. Момент отрыва определяют визуально. Платформу возвращают в исходное положение.

В процессе испытаний измеряют и регистрируют: угол наклона опорной поверхности опрокидывающей платформы относительно горизонтальной опорной поверхности; углы наклона подрессоренных

масс относительно горизонтальной опорной поверхности в зонах переднего и заднего свесов, соответственно, в местах, удобных для установки измерительных приборов.

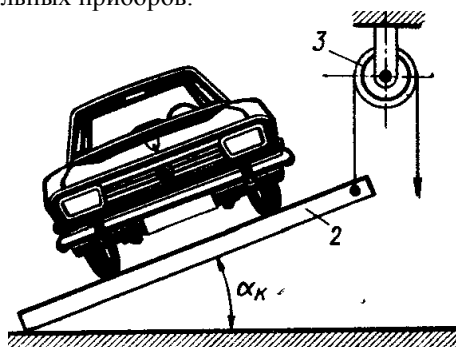


Рисунок 155 - Стенд испытания автомобилей на поперечную устойчивость (пояснения в тексте)



Рисунок 156 - Испытания трактора на поперечную устойчивость

При положении платформы, соответствующем углу опрокидывания, дополнительно измеряют боковые деформации шин каждой из

осей. Боковые деформации шины оси определяют как разницу двух расстояний между диском колеса и внешней боковой поверхностью неподвижного упора, измеренных параллельно плоскости платформы. Измерение производят в начальном положении, и положении платформы, соответствующем углу опрокидывания. Измерение производится линейкой и угольником 90 градусов, прикладываемым к внешней боковой поверхности упора. Допускается ступенчатый подъем платформы с регистрацией углов при остановках платформы через каждые 1° – 2° в области, близкой к отрыву всех колес одной стороны от платформы. Результатами испытаний являются: – среднее значение угла поперечной устойчивости, при котором происходит отрыв колес одной стороны автомобиля или трактора (звена автопоезда) от платформы.

4.5.11 Испытания на надежность

Понятие надежности автомобиля и параметры ее оценки.

Одно из важнейших эксплуатационных свойств автомобилей – надежность – определяется комплексом понятий, включающих безотказность, долговечность, прочность, сохраняемость и ремонтпригодность. Эти понятия регламентированы соответствующими стандартами (ГОСТ 13377-75, 16504-74). Ниже рассматриваются испытания на безотказность и долговечность, поскольку эти показатели могут определяться непосредственно в процессе дорожных испытаний автомобилей.

Безотказность оценивается числом отказов автомобиля, его агрегатов, систем, узлов или отдельных деталей на единицу пробега или времени работы. Понятия отказ, неисправность, дефект, их классификация и определения, причины возникновения регламентируются специальными нормативными документами (ГОСТ 13377-75, 17102-71).

Долговечность оценивается наработкой автомобилей или их отдельных агрегатов, исчисляемой в единицах пробега (км) или времени работы до наступления предельного состояния, т. е. невозможности дальнейшей эксплуатации автомобиля или агрегата, обусловленной снижением эффективности или требованиями безопасности.

Долговечность автомобиля и его отдельных агрегатов, узлов и деталей зависит от износостойкости сопряженных деталей (пар) и от усталостной прочности деталей, подверженных повторяющимся нагрузкам, например, на изгиб, кручение, контактным (поверхностным) напряжениям.

Кроме указанных факторов на долговечность существенно влияют другие виды повреждений деталей, в том числе коррозия, за твердевание или старение резиновых, кожаных или полимерных деталей, перегорание нитей ламп и выгорание (эрозия) контактов, нарушение формы или первоначальных размеров деталей (коробление блоков, картеров, осадка пружин, рессор) и т. п.

Показатели безотказности и долговечности зависят не только от качеств самого автомобиля, но и в большой степени от условий, в которых эксплуатируется или испытывается данный автомобиль.

Методы испытаний на надежность (ресурс). Применяются три основных метода проведения ресурсных испытаний:

- в автомобильных хозяйствах с перевозкой различных (реальных) грузов;
- в испытательных организациях с проведением пробеговой части испытаний по дорогам общего пользования при загрузке автомобилей балластом;
- в условиях испытательного полигона с пробегами по специальным дорогам различных типов при загрузке автомобилей балластом.

В первом случае условия испытаний очень близки к условиям обычной эксплуатации. При проведении испытаний в экспериментально-производственных автохозяйствах (ЭПАХ) более точно и тщательно фиксируются условия работы автомобилей, расходы эксплуатационных материалов, отказы и неисправности, выполненные ремонты и замененные при этом агрегаты и детали. Недостатком является обычно невысокий суточный пробег и соответственно длительные сроки испытаний. Однако некоторые типы автомобилей целесообразно испытывать именно в ЭПАХ. Сюда могут быть отнесены городские автобусы, такси, грузовые автомобили и автопоезда для дальних магистральных перевозок, автомобили-самосвалы (особенно внедорожные), специальные автомобили, служащие для перевозки определенных категорий грузов, и т. п.

Во втором случае, при проведении испытаний на дорогах общего пользования по заданным маршрутам с балластом вместо полезной нагрузки, существенно сокращаются сроки испытаний. Однако при этом не учитываются многие факторы, влияющие на работу автомобиля и его агрегатов и систем (например, кузова) в реальной эксплуатации.

При проведении испытаний на автомобильном полигоне используются специальные дороги и сооружения. Создаваемые при по-

лигонных испытаниях особо тяжелые (форсированные) режимы работы автомобиля позволяют в несколько раз сократить пробег, а следовательно, сроки и стоимость испытаний. Однако вследствие специфичности условий этих испытаний необходимо знать переходные коэффициенты для приведения полученных результатов испытаний к условиям эксплуатации на дорогах общего пользования. К форсированным полигонным испытаниям предъявляется одно важнейшее требование- получаемые отказы и неисправности должны быть типичными, т. е. аналогичными встречающимся в эксплуатации. Этим условием может ограничиваться степень форсирования нагрузочных режимов автомобиля при полигонных испытаниях.

Общий порядок и условия проведения ресурсных испытаний. Исходя из задач, стоящих перед испытанием, разрабатывают программу, которая устанавливает условия испытаний. Основные из них следующие:

- число автомобилей, одновременно подвергаемых испытанию;
- общая величина пробега и пробеги на отдельных этапах;
- хранение, техническое обслуживание, дорожно-климатические условия, число смен и регламент работы в пределах смены и т. п.;
- нагрузка и скоростные режимы при проведении пробеговой части испытаний;
- содержание периодических циклов лабораторно-дорожных испытаний, служащих для проверки и оценки изменяющегося при пробеге технического состояния испытуемых автомобилей;
- объемы работ при начальной, конечной и промежуточных разборках (полных или частичных) автомобиля и его агрегатов, выполняемых для осмотра и измерения износов деталей;
- подготовка автомобиля к испытаниям (установка контрольной аппаратуры, регистрирующих приборов, выполнение первоначальных обмеров деталей и т. п.);
- подготовка эталонных агрегатов и узлов, устанавливаемых на автомобиле при проведении периодических лабораторно-дорожных испытаний для сравнительной оценки технического состояния собственных агрегатов и узлов автомобиля.

При проведении ресурсных испытаний особенно важным является правильный выбор комплекса дорог как по их номенклатуре (видам), так и по количественному соотношению в общем объеме пробега. Большое значение имеет также последовательность чередования дорог. Поэтому целесообразно комбинировать в определенном сочетании пробег по различным видам дорог, характерных для эксплуатации

онного использования данного типа автомобиля, в циклы, из которых и будет складываться общий пробег при ресурсных испытаниях. Для установления того, как влияют на работу (в том числе на долговечность, безотказность) автомобиля и его агрегатов дорожные условия, практикуют в процессе специальных методологических испытаний пробеги автомобилей в дифференцированных дорожных условиях, в частности по отдельным видам испытательных дорог автомобильного полигона: «бельгийской» мостовой, «ровной булыжной», «булыжной специального профиля», «треку» со сменными неровностями и др. На этих дорогах определяют характерные для них поломки, отказы, неисправности, ресурсы деталей, узлов и систем конкретных типов автомобилей. Сопоставляя эти данные с материалами, полученными в автохозяйствах на дорогах общего пользования, определяют соответствующие переходные коэффициенты, с помощью которых приводят пробег к той или иной категории эксплуатации (применительно к которой, учитывая характерные для автомобиля условия эксплуатации, назначают его ресурс). В целях единообразия и сопоставимости результатов обычно приводят пробег к первой категории условий эксплуатации.

Соотношение пробегов по различным видам дорог, включаемых в общий пробег при испытаниях автомобилей, в настоящее время регламентируется стандартами, типовыми или рабочими программами-методиками соответствующих видов испытаний, в том числе длительных контрольных, приемочных и ресурсных испытаний. Этими же документами может устанавливаться и последовательность выполнения пробегов в различных дорожных условиях, протяженность циклов и общее их количество в объеме испытания.

В ходе ресурсных испытаний периодически, через заданные программой интервалы пробега, как указывалось выше, должны проводиться циклы лабораторно-стендовых и лабораторно-дорожных испытаний (с применением методов и средств технической диагностики), при которых определяются показатели основных эксплуатационных свойств автомобиля (тягово-скоростных, тормозных, топливной экономичности, токсичности, а также расход масла и пропуск газов в картер двигателя и т. п.) с целью оценки стабильности этих свойств.

Режимы работы автомобиля и его агрегатов. Режимы работы автомобиля в целом как транспортного средства характеризуются величиной перевозимого полезного груза и скоростными показателями движения, т. е. распределением скоростей на отдельных участках маршрута и средней скоростью на всем маршруте. Важным показате-

лем является также расход топлива на участках и средний расход за пробег.

Характеристики рабочего режима отдельных агрегатов автомобиля складываются в основном из показателей нагрузочного режима (напряжений, усилий в деталях или моментов, нагрузки двигателя, т. е. степени использования его мощности или крутящего момента), скоростного режима (скорости движения автомобиля, частоты вращения шестерен, подшипников, коленчатого вала двигателя и др.) и теплового режима (температуры охлаждающей жидкости и масла в двигателе, масла и рабочих жидкостей в агрегатах), а также из ряда количественных («цикловых») показателей, определяющих степень использования отдельных механизмов автомобиля (количество пусков двигателя, включений передач, суммарного числа оборотов коленчатого вала двигателя, продолжительности движения на разных передачах, числа включений сцепления, тормоза, интенсивности торможений и др.).

Общий режим работы автомобиля характеризуется таким образом, кроме названных выше основных показателей, еще и комплексом режимов отдельных агрегатов.

Для регистрации показателей нагрузочных, скоростных, тепловых и «цикловых» режимов автомобилей используется специальная аппаратура, состоящая из датчиков, устанавливаемых на агрегаты, и регистрирующих приборов непрерывного (например, магнитографы, самописцы) и импульсного действия (счетчики, режимомеры анализаторы).

Для регистрации отдельных показателей работы автомобиля в эксплуатации, скорости движения, числа и продолжительности остановок, времени работы двигателя, пройденного пути в определенные отрезки времени применяются упрощенные приборы контрольного типа с записью указанных параметров на бумажной ленте или диске, так называемые автometry. Автومتر устанавливают в кабине водителя и соединяют гибким валом с приводом спидометра. Вращение диска или протяжка ленты осуществляется часовым механизмом. Время полного оборота диска у разных моделей автometry может изменяться от нескольких часов до 7 дней. Регистрация и анализ режимов работы автомобиля и его механизмов в эксплуатации являются основным методом получения исходных данных для назначения режимов работы при дорожных испытаниях автомобиля и стендовых испытаниях отдельных агрегатов.

Дефекты, отказы и неисправности автомобилей при ресурсных испытаниях. Дефекты, отказы и неисправности, возникающие в

автомобилях при их работе, могут быть подразделены на систематические, случайные и перегрузочные (аварийные). Основной задачей испытаний является выявление систематических отказов, отражающих особенности конструкции автомобиля, уровень технологии его изготовления, а также условия эксплуатации.

В связи с тем, что, например, при разрушении того или иного агрегата часто бывает трудно установить первоначальную причину отказа, важно своевременно заметить появление неисправности, пока не развились ее последствия. В данном случае наряду с объективными методами контроля за работой агрегатов (температура, давление, уровень и состояние масла и др.) большое значение имеют квалификация и опыт персонала, наблюдательность, знание мест и узлов, на которые нужно обращать особое внимание.

При анализе причин неисправностей и отказов необходимо придерживаться определенной системы. Агрегат осматривают на месте, проверяют температурное состояние, если возможно, проверяют его работу. Затем измеряют зазоры в соединениях, проверяют регулировки. Перед снятием агрегата с автомобиля определяют состояние креплений агрегата и его внешний вид: загрязнение, наличие подтекания смазки из уплотнений, внешних повреждений, трещин и т. п. В случае необходимости открывают крышки картеров или полностью разбирают агрегат. Осматривают детали в том состоянии, в котором они работали. После промывки и очистки деталей от нагара или отложений их вновь осматривают. Определяют расположение и характер износов, наличие забоин, сколов, задиров, выкрашиваний и других повреждений. Проверяют размеры деталей. Дефектные детали подвергают металловедческим, металлографическим исследованиям, производят химический анализ для определения соответствия деталей требованиям чертежа.

Методы определения износов деталей. В зависимости от формы исследуемых деталей и характера их износа абсолютные величины и темп износа (т. е. износ в единицу времени или на единицу пробега) определяют различными способами. При правильных, простых, геометрических формах детали и равномерном износе ее рабочих поверхностей для измерения детали перед началом испытательного пробега и по его окончании применяют обычные микрометрические инструменты (микрометры, пассиметры). Однако в связи с тем, что равномерно детали изнашиваются редко, целесообразно измерять местные износы на каждом характерном участке поверхности детали, а у цилиндрических деталей - односторонний, так называемый радиальный износ.

Для замера местного износа разработаны методы, в том числе метод искусственных баз, заключающийся в нарезании алмазным резцом на поверхности детали лунок или в нанесении алмазной пирамидой отпечатков, по изменению размеров которых (длина чечевицеобразной лунки, диагональ отпечатка) в процессе работы детали определяют, используя соответствующие расчетные формулы, местные износы (рисунок 157).

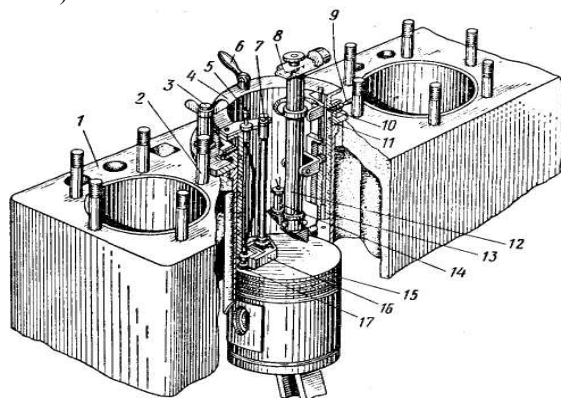


Рисунок 157 - Прибор для определения износа цилиндров двигателя методом вырезанных лунок

1 - плоскость разреза блока; 2 и 9 - фиксаторные штифты; 3 - установочная шпилька; 4 - шаблон; 5 - рукоятка вращения резца; 6 - рукоятка шаблона; 7 - рукоятка управления резцедержавкой; 8 - окулярный микрометр; 10 - винт фокусировки микроскопа; 11 - корпус прибора; 12 - микроскоп; 13 - гильза цилиндра; 14 - лампа; 15 - поршень двигателя; 16 - механизм для вырезания лунок; 17 - резцедержавка

Для определения темпа износа применяют два основных метода. Один из них основан на определении количества железа, содержащегося в смазочном масле, и не требует разборки механизма, износ деталей которого исследуют. При этом методе отбирают так называемую среднюю пробу масла из картера агрегата, сжигают ее, прокаливают и взвешивают, а затем растворяют остаток в соляной кислоте и определяют содержание железа по цвету раствора колориметрическим методом или специальным прибором - полярографом. Большим недостатком метода является то, что он позволяет исследовать только темп

суммарного износа механизма независимо от того, от каких деталей, содержащих железо, попали в картерное масло продукты износа.

Другой метод заключается в определении темпа износа с помощью радиоактивных изотопов. Этот метод требует предварительной разборки механизма для активации исследуемых деталей путем нанесения радиоактивных веществ. Темп износа подготовленной таким образом детали пропорционален числу импульсов, регистрируемых радиометрической аппаратурой. Недостатком метода является невозможность определения топографии износа детали и сложность тарировки, т. е. установления зависимости между числом регистрируемых аппаратурой импульсов и количественным показателем износа детали. Следует иметь в виду, что при этом методе необходимо исключить или ограничить вредное влияние радиоактивных излучений на организм человека.

Порядок подготовки и проведения измерений деталей. При разборке и подготовке к обмеру агрегатов одного или нескольких одновременно испытываемых автомобилей необходимо принимать меры против смешивания и перепутывания однородных деталей, чтобы можно было собрать агрегат точно в первоначальной комплектности. Для этого детали маркируют по определенной системе при помощи электрографа или другими способами, однако без повреждения рабочих поверхностей и деформирования детали в целом. Применяют также ящики и стенды с нумерованными ячейками для укладки в определенном заданном порядке деталей разбираемых узлов и агрегатов.

При выборе системы измерения износов деталей исходят из того, что число точек замера и их расположение должны определять наибольшие абсолютные величины износов и выявлять характер распределения износов по поверхности детали.

Для того чтобы определить места обмера на детали, используют координатную сетку. При обмере цилиндрических деталей обычно применяют цилиндрическую систему координат, производя замеры по нескольким поясам (сечениям) в необходимых направлениях (радиусах). Пояса и направления ориентируют относительно базовых плоскостей и осей симметрии детали с учетом направлений действия факторов, обуславливающих расположение и характер износа деталей.

Детали необходимо замерять при нормальных температурных условиях, установленных для технических измерений. Измерительные инструменты должны быть проверены или протарированы в соответствии с действующими положениями об их поверке. При измерении деталей, подверженных Деформациям от затяжки креплений, необхо-

димо осуществлять их сборку, пользуясь динамометрическими ключами. Для определения износа деталей, подверженных короблению или недостаточно жестких по конструкции, следует пользоваться методами, исключаящими влияние деформации детали на точность измерений износа, т. е. методами, по которым можно установить местный износ в требуемых точках (например, метод искусственных баз).

4.5.12 Испытания на шумность работы

При движении автомобиля двигатель, трансмиссия, подвеска, шины и панели кузова являются источниками шума. Шум возникает также от потоков воздуха, обтекающих кузов. Выпуску каждой новой модели автомобиля обязательно предшествуют испытания, в которых определяют характеристики наружного и внутреннего шума на различных режимах работы. Целью таких испытаний, является проверка соответствия возникающего при движении автомобиля шума действующим нормам по шумности.

Методика проведения доводочных, приемочных и контрольных испытаний автомобилей по уровням внешнего и внутреннего шумов регламентирована ГОСТ. Обычно при таких испытаниях исследуют не менее двух автомобилей одной модели, которые должны быть технически исправными. Износ протектора шин не должен превышать 30%, давление в шинах должно соответствовать давлению, указанному в инструкции предприятия-изготовителя. При измерении внутреннего шума все окна автомобиля должны быть закрыты, а климатические и вентиляционные установки включены.

В автомобиле, испытываемом без нагрузки, разрешается находиться водителю и одному-двум испытателям. Испытания проводят на горизонтальном (уклон не более 1 %) участке дороги с асфальто- или цементобетонным покрытием длиной 1-1,5 км, расположенным вне зоны сильных магнитных и электростатических полей. Уровень звука от посторонних источников должен быть ниже уровня, создаваемого испытываемым автомобилем, не менее чем на 10 дБ. Поверхность участка необходимо очистить от песка, гравия, грязи и снега. Наиболее пригодно для проведения испытаний место, в радиусе 50 м от которого нет зданий, сооружений и других объектов, излучающих или отражающих звук. Измерения при ветре более 5 м/с, а также во время дождя и грозы не проводят.

Для измерений уровня шума применяют прецизионные шумомеры. По частотной характеристике шумомера измеряют уровни звука, а характеристике С-уровень звукового давления (в дБ)

$$L = 20 \lg p/p_0,$$

где p - среднеквадратичное значение звукового давления в точке измерения, Па;

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па} - \text{пороговая величина звукового давления.}$$

При измерениях внешнего шума участок дороги длиной 20 м размечают согласно схеме, приведенной на рисунок 158.

Линии АА и ВВ ограничивают измерительный участок, линия ВВ является осевой линией движения автомобиля. В точках М установлены микрофоны шумомера на высоте 1,2 м от уровня дороги. Автомобили с механической коробкой передач должны приближаться к измерительному участку на второй передаче, если в коробке меньше четырех передач, или на третьей, если в коробке больше четырех передач.

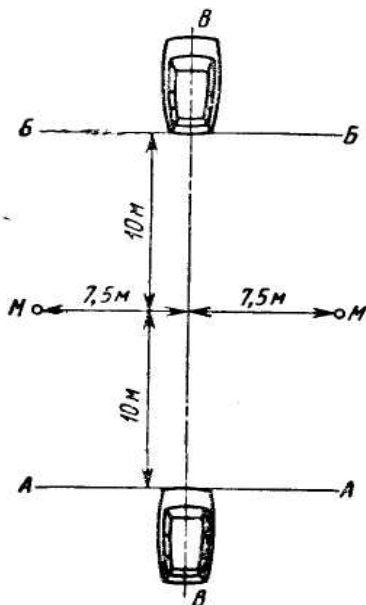


Рисунок 158 - Схема разметки участка дороги при измерении внешнего шума

Скорость движения автомобиля должна быть наименьшей из перечисленных ниже:

- соответствующей $\frac{3}{4}$ номинальной частоты вращения двигателя;

- соответствующей $\frac{3}{4}$ максимальной частоты вращения двигателя по регулятору;

- 50 км/ч.

Автомобили с автоматической коробкой передач должны приближаться к началу участка с наименьшей из следующих скоростей:

- соответствующей $\frac{3}{4}$ максимальной скорости автомобиля;

- 50 км/ч.

Движение автомобиля на измерительном участке в прямом и обратном направлениях производят с интенсивным разгоном. В момент пересечения линии АА (ББ) резко нажимают до упора педаль управления дроссельной заслонкой, которую отпускают только в конце участка. Измерения производят с каждой стороны автомобиля не менее трех раз. При измерении уровня звука (характеристика А) регистрируют максимальные показания шумомера. Для получения спектра внешнего шума последовательно измеряют звуковое давление (характеристика С) в каждой октавной полосе 31,5-63- 125-250-500- 1000-2000-4000-8000 Гц и строят графики средних арифметических уровней звукового давления в октавных полосах.

При измерениях внутреннего шума микрофон устанавливают в точках, расположенных в осевой плоскости автомобиля на высоте 0,6 м от середины сиденья. Число замеров (от одного до трех) зависит от числа рядов сидений в автомобиле. Если кабина водителя изолированная, то измерения проводят также у сиденья водителя. Испытания осуществляют при интенсивном разгоне автомобиля в соответствии с описанной выше методикой.

В экспериментально-исследовательских работах качество шумоизоляции кузова и кабины можно оценить методом сравнения частотных спектров шума двигателя (главного источника шума) и шума в салоне. Для получения таких спектрограмм при работе двигателя на различных режимах микрофон шумомера устанавливают поочередно в моторном отсеке на расстоянии 0,2-0,3 м от двигателя и в кабине на уровне головы водителя. Для получения таких оценок применяют и безмоторную электроакустическую установку, возможная схема которой показана на рисунке 159.

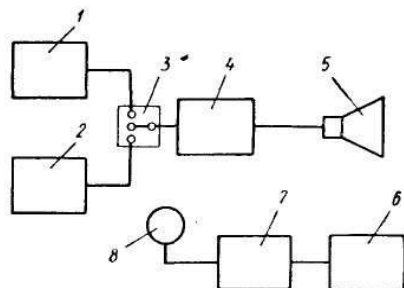


Рисунок 159 - Схема безмоторной электроакустической установки для исследований звукоизоляции кузова и кабины

С помощью этой установки можно оценить эффективность шумоизоляции двумя методами: частотно-модулированного тона и магнитной записи уровня шума двигателя.

При использовании метода частотно-модулированного тона на вход громкоговорителя 5, установленного под капотом двигателя, от звукового генератора 1 подаются сигналы заданного уровня, которые предварительно усиливаются усилителем 4. Одновременно шумомер 7 измеряет уровень шума под капотом двигателя и в салоне автомобиля на рабочем месте водителя. По разности звукового давления, измеренного под капотом и в кабине автомобиля, определяют уровень заглушения шума для всего исследуемого диапазона частот (обычно 25-8000 Гц) и строят частотную характеристику заглушения. По характеристике заглушения можно объективно оценить изолирующие свойства различных материалов.

В случае применения второго метода безмоторных акустических исследований предварительно записывают уровень шума двигателя, работающего на разных скоростных и нагрузочных режимах, через устройство 3 на пленку магнитографа 2. Воспроизведенный при помощи магнитографа и усиленный усилителем 4 шум подается на вход громкоговорителя 5, установленного под капотом исследуемого автомобиля. С помощью микрофона 8, шумомера 7 и анализатора 6 регистрируются уровни и частотные спектры шума в отсеке двигателя и в кабине автомобиля. Как и в первом случае, по разности уровней частотных составляющих спектра воспроизведенного шума двигателя и шума на рабочем месте водителя строят частотную характеристику заглушения.

При несущем кузове, как правило, усложняются задачи надежной звукоизоляции пассажирского салона. Поэтому испытания на

шумность таких конструкций проводят особенно тщательно в условиях, наиболее полно отражающих возможные скоростные и нагрузочные режимы работы двигателя и автомобиля.

В соответствии с ГОСТ Р 51920-2002 при испытаниях тракторов место проведения измерений шума - открытое свободное пространство, в котором расстояние до крупных отражающих шум поверхностей (сооружений, других машин, лесных посадок) должно быть не менее 50 м от испытуемого трактора и измерительных микрофонов.

Центральная часть поверхности этого пространства радиусом не менее 20 м должна иметь покрытие из бетона, асфальта или другого материала с подобными свойствами.

В центральной части пространства размечается измерительная площадка согласно рисунку 160. Площадка должна быть очищена от сыпучих материалов, рыхлого снега и т.п.

Уровень звука внешнего шума, производимого трактором, определяют при его разгоне от установившейся скорости движения, равной 75% скорости на высшей транспортной передаче без нагрузки на крюке, при проезде трактора мимо микрофонов шумомера, установленных на измерительном участке согласно рисунку 1 на высоте $(1,2 \pm 0,05)$ м от опорной поверхности.

В момент пересечения линии AA' передними колесами трактора оператор осуществляет режим разгона быстрым переводом рычага (педали) в положение полной подачи топлива и поддерживает режим разгона трактора до пересечения линии BB' его задними колесами. В момент пересечения линии BB' оператор быстро переводит рычаг подачи топлива в исходное положение.

За показатель уровня звука внешнего шума следует принимать максимальный из результатов измерений уровня звука с правой и левой сторон трактора. При превышении этого показателя допустимого значения по конструкторской документации на 1 дБЛ следует провести еще по два дополнительных измерения для правой и левой сторон. Если из полученных таким образом четырех измерений три будут находиться в пределах, установленных в разделе 4, то данный трактор отвечает установленной норме внешнего шума.

Измерения внешнего шума неподвижного трактора с работающим двигателем

Микрофоны должны быть расположены в точке X на расстоянии 7 м от ближайшей поверхности трактора согласно рисунку 162 на высоте $(1,2 \pm 0,05)$ м от опорной поверхности.

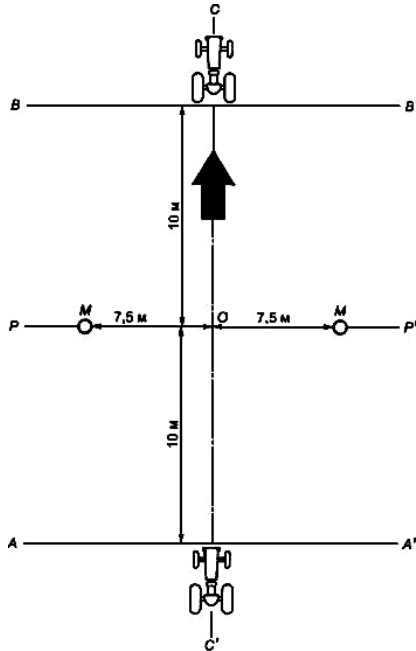


Рисунок 160 - Схема измерения внешнего шума при движении трактора

C-C' - траектория движения трактора; M - место расположения микрофонов; A-A' и B-B' – границы измерительного участка, по которому трактор движется в режиме разгона; P-P' - центральная линия разметки участка; O - центральная точка разметки измерительной площадки

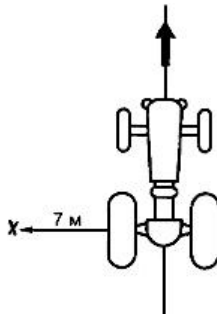


Рисунок 162 - Схема измерения внешнего шума неподвижного трактора

Двигатель трактора должен работать с частотой вращения коленчатого вала, допускаемой регулятором, при которой двигатель развивает максимальную мощность. Двигатель без регулятора частоты вращения коленчатого вала должен работать с частотой, составляющей 75% частоты вращения, указанной изготовителем, при которой двигатель развивает максимальную мощность.

Перед проведением всех измерений двигатель следует прогреть до рабочей температуры, указанной изготовителем. Частоту вращения коленчатого вала двигателя следует измерять отдельным тахометром (без использования тахометра трактора).

За уровень звука внешнего шума неподвижного трактора следует принимать максимальное значение из признанных действительными измерений.

4.5.13 Испытание агрегатов и элементов гидравлических систем

Испытания шестеренных насосов

Испытания, при которых получают или проверяют физические параметры и характеристики, проводятся на стендах при частоте вращения (циклов) или параметрах энергетического питания, отличающихся от номинальных не более чем на 10 % (рис. 163). Насосы испытываются на одной из следующих жидкостей: масле И-40А по ГОСТ 20799, масле «Цилиндровое 52» по ГОСТ 6411 при температуре до 353 К (80 °С). В технически обоснованных случаях допускается применять другие минеральные масла.

Испытания проводятся по определению зависимости подачи, мощности и КПД насоса. При каждом режиме измеряются: - частота вращения или циклов; подача или время заполнения объема мерного бака; давление на входе; давление на выходе; мощность (крутящий момент на валу) насоса или параметры энергетического питания; температура жидкости.

При проведении испытаний давление на выходе устанавливается равным минимально возможному, и далее ступенчато увеличивается до величин 25, 50, 75, 100 и 105 % номинального давления. Проверка подачи номинального режима проводится при номинальном давлении на входе и выходе из насоса.

Контрольные испытания на надежность проводят при параметрах номинального режима с отклонением $\pm 10\%$.

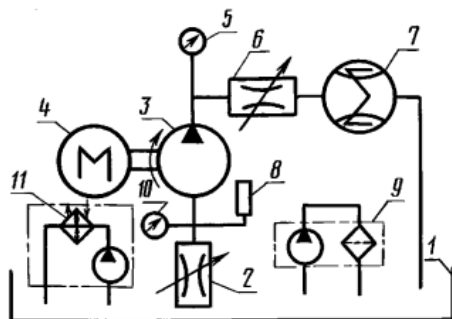


Рисунок 163 - Схема стенда для испытания насосов: 1 - бак для рабочей жидкости; 2 - дроссель всасывающего трубопровода; 3 - испытуемый насос; 4 - привод насоса; 5 - манометр; 6 - дроссель нагнетательного трубопровода; 7 - устройство для измерения подачи; 8 - термометр; 9 - фильтр; 10 - мановакуумметр; 11 - теплообменник

Частоту вращения или циклов определяют одним из следующих способов: тахометром или строботахометром; автоматическим счетным устройством числа оборотов вала; посредством замера частоты тока и напряжения сети; измерением времени 60—120 двойных ходов рабочих органов секундомером (в случае, если число двойных ходов не более двух в секунду).

Давление измеряется на расстоянии от насоса не более шести диаметров отводящего (подводящего) трубопровода или в местах, предусмотренных на насосе. Соединительные линии между местами отбора давления и приборами должны быть полностью заполнены жидкостью. Для снижения колебаний стрелки при измерении давления перед прибором допускается устанавливать гаситель пульсаций. Колебание стрелки прибора не должно выходить за пределы трех делений шкалы. Манометр для измерения давления на выходе должен быть выбран так, чтобы при номинальном режиме показания находились в средней трети шкалы, а максимально возможное давление на выходе не превышало предела измерения манометра.

Подачу насоса измеряют на выходе из насоса после мест отбора жидкости, идущей на охлаждение, промывку и его смазку. Подачу насоса измеряют объемным способом или сужающим устройством. Измерение подачи объемным способом проводится при помощи отградуированного мерного бака, время заполнения которого определяют секундомером или отсчетным устройством. Размеры мерного бака и расстояние между отсчетными уровнями должны быть выбираются

так, чтобы время замера составляло не менее 20 с., предельная погрешность мерной емкости не должна быть более 0,5 %.

Мощность или крутящий момент на валу (с одновременным измерением частоты вращения) измеряют одним из указанных ниже способов: балансирным электродвигателем; измерением потребляемой мощности электродвигателя.

При измерении крутящего момента балансирным электродвигателем усилие на плече двигателя должно измеряться рычажными или ленточными весами с относительной предельной погрешностью не более 0,5 %. При измерении усилия ленточными весами, которые имеют значительное перемещение, передача усилия на весы должна осуществляться металлической лентой или стальным тросиком, прилегающим к цилиндрической поверхности концентрической оси вращения. При этом центр тяжести балансирного электродвигателя должен быть выведен на ось вращения. Длина плеч и рычагов определяется с погрешностью не более 0,1 %.

При определении мощности насоса посредством измерения потребляемой электрической мощности следует учитывать КПД электродвигателя.

Температура рабочей жидкости измеряется в подводящем трубопроводе (или баке) термометром с ценой деления не более 2 °С. Температуру элементов насоса измеряется датчиками температуры или термометрами с погрешностью не более 5 °С.

Давление насоса P_{on} , МПа, подсчитывается по формуле:

$$P_{on} = P_2 + P_i + (Zm_2 - Zmi) \rho g \quad 10 - 6,$$

где P_2 и P_i - показания приборов давления, соединенных соответственно с выходом и входом, МПа; Zm_2 и Zmi - вертикальные отметки положения приборов от входного штуцера прибора до центра выходного и входного патрубков насоса, м; ρ - плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³; $g = 9,81$ м/с².

Опытная мощность N_{on} , кВт, на валу насоса при балансирном электродвигателе подсчитывается по формуле:

$$N_{on} = \frac{\pi}{30000} n_{on} l (F - F_0),$$

где n_{on} - частота вращения, мин⁻¹; l - плечо балансирного электродвигателя, м; F - показания весов, Н; F_0 - начальное усилие на весах, включая усилие, вызываемое вентиляционным моментом, Н.

Опытная мощность на валу насоса при измерении потребляемой электрической мощности подсчитывается по формуле:

$$N_{on} = \frac{C_w(\alpha_A + \alpha_B + \alpha_C)}{1000} \eta_{ДВ},$$

где C_w — постоянная ваттметра, Вт/дел.; $\alpha_A, \alpha_B, \alpha_C$ — отсчеты по шкале А, В, С ваттметра, дел.; $\eta_{ДВ}$ — КПД электродвигателя.

Общий КПД η в процентах определяется по формуле:

$$N_{on} = \frac{P_{on} Q_{on}}{N_{on}} \cdot 100,$$

Испытания гидрораспределителей

Испытания гидрораспределителей проводятся по требованиям ГОСТ 20245-74 на испытательных стендах, аттестованных в соответствии с ГОСТ 24555 на рабочей жидкости вязкостью 30...35 мм²/с.

Испытания аппаратов начинают с проверки функционирования, прочности и герметичности. В зависимости от типа гидроаппарата проверяют: проход рабочей жидкости в линиях, предусмотренных схемой гидроаппарата; характер и величину перемещения рабочих элементов гидроаппарата; регулирование расхода, давления, времени и т.д.

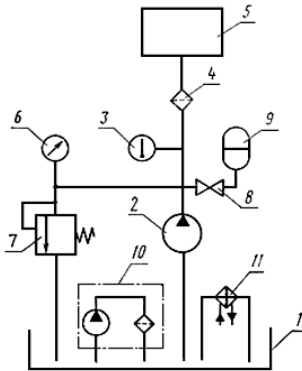


Рисунок 164 - Схема стенда для проверки прочности и наружной герметичности: 1 - гидробак; 2 - насос; 3 - термометр; 4 - фильтр; 5 - испытуемый гидрораспределитель; 6 - манометр; 7 - переливной гидроклапан; 8 - вентиль; 9 - гидроаккумулятор; 10 - фильтрующая установка; 11 - теплообменный аппарат

Прочность проверяют одновременным подводом рабочей жидкости к различным линиям гидроаппарата при давлении не менее 1,5

$P_{ном}$ для каждой из этих линий с выдержкой не менее 3 мин (рис. 164). При этом потение наружных поверхностей, течь по резьбам и стыкам не допускаются. Наружную герметичность проверяют давлением не менее $1,5 P_{ном}$, а также при других давлениях, указанных в технической документации, утвержденной в установленном порядке. Продолжительность проверки при предварительных, приемочных, типовых и периодических испытаниях - не менее 3 мин, при приемосдаточных - не менее 30 с.

Внутреннюю герметичность напорных гидроклапанов проверяют при давлении настройки, равном номинальному, при номинальном расходе и давлении на входе, указанном в стандартах или технических условиях на конкретные аппараты (рис. 165). Если давление на входе не указано, проверку следует проводить при давлении, равном не менее $0,8 P_{ном}$

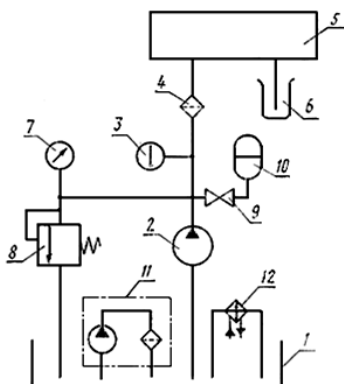


Рисунок 165 - Схема стенда для проверки внутренней герметичности: 1 - гидробак; 2 - насос; 3 - термометр; 4 - фильтр; 5 - испытываемый гидрораспределитель; 6 - мензурка; 7 - манометр; 8 - переливной гидроклапан; 9 - вентиль; 10 - гидроаккумулятор; 11 - фильтрующая установка; 12 - теплообменный аппарат

Утечки, за исключением случаев, предусмотренных в стандартах или технических условиях, измеряют в течение не менее 60 с:

- для распределителей, обратных клапанов и гидрозамков - после пяти циклов переключения не менее чем через 60 с после окончания последнего цикла и установления заданного значения давления;

- для клапанов давления и гидроаппаратов управления расходом - не менее чем через 30 с после установления заданного значения давления.

При проверке герметичности сопряжений типа "клапан-седло" рабочую жидкость подают через подклапанную полость в надклапанную полость гидроаппарата (рис. 166). После достижения в надклапанной полости номинального давления или пробного давления (контролируемого манометром, подключенным к надклапанной полости) давление в подклапанной полости медленно снижают.

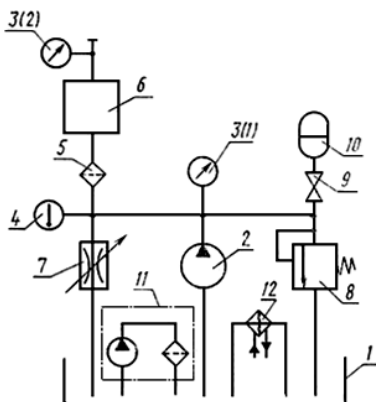


Рисунок 166 - Схема стенда для проверки герметичности сопряжения типа "клапан-седло": 1 - гидробак; 2 - насос; 3 - манометр; 4 - термометр; 5 - фильтр; 6 - испытываемый гидроаппарат; 7 - гидродроссель; 8 - предохранительный гидроклапан; 9 - вентиль; 10 - гидроаккумулятор; 11 - фильтрующая установка; 12 - теплообменный аппарат

Герметичность сопряжений проверяют по падению давления в надклапанной полости за определенное время. Значение падения давления, время, за которое происходит падение давления, и момент начала отсчета времени должны быть указаны в стандартах или технических условиях на конкретные гидроаппараты. Объем рабочей жидкости в надклапанной полости должен быть в пределах 1-2% номинального расхода испытываемого гидроаппарата.

Проверку ресурса и наработки до отказа проводят на стенде, обеспечивающем функционирование гидроаппарата в соответствии с

его назначением. При этом обеспечивают выдержку запорно-регулирующего элемента в фиксируемых положениях.

Испытания проводят по этапам продолжительностью каждого не более 30% ресурса. После каждого этапа измеряют основные параметры испытываемого гидроаппарата. Результаты измерений заносят в журнал ресурсных испытаний. При измерении ресурса в циклах их число должно регистрироваться счетчиком.

Зависимость перепада давлений от расхода проверяют на основных линиях проверяемого гидроаппарата при всех фиксированных позициях запорно-регулирующего элемента (рис. 167). Результаты измерений перепадов давлений при различных расходах рабочей жидкости оформляют в виде диаграмм.

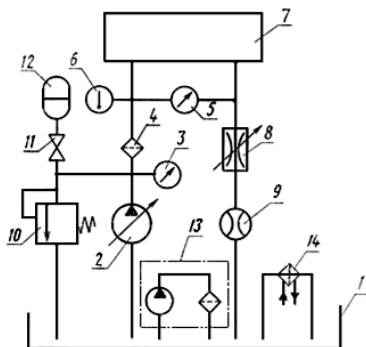


Рисунок 167 - Схема стенда для проверки перепада давления, соотношения давлений и зависимости перепада давления от расхода: 1 - гидробак; 2 - насос; 3 - манометр; 4 - фильтр; 5 - дифференциальный манометр; 6 - термометр; 7 - испытываемый гидроаппарат; 8 - гидродроссель; 9 - расходомер; 10 - предохранительный гидроклапан; 11 - вентиль; 12 - гидроаккумулятор; 13 - фильтрующая установка; 14 - теплообменный аппарат

Для построения диаграммы зависимости перепада давлений от расхода рабочей жидкости необходимо измерить перепад давлений при расходе от Q_{min} до Q_{max} не менее чем при десяти значениях расхода с равным интервалом (рис. 168).

Проверку максимального расхода при номинальном давлении проводят пропусканием через гидрораспределитель максимального расхода рабочей жидкости, величина которого установлена в технической документации.

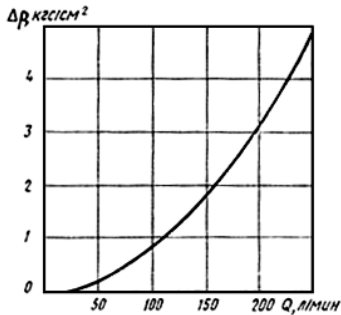


Рисунок 168 - Типовая форма диаграммы зависимости перепада давления от расхода

Проверку изменения давления настройки от расхода проводят не менее чем при пяти значениях настройки испытываемого гидроаппарата, взятых с равным интервалом в пределах установленного диапазона давлений (рис. 169). При этом величина расхода в диапазоне, установленном в стандартах или технических условиях на конкретные аппараты, должна изменяться плавно.

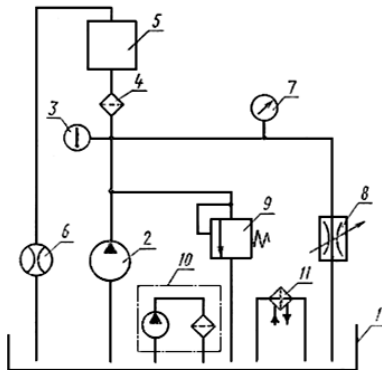


Рисунок 169 - Схема стэнда для проверки зависимости изменения давления настройки от расхода: 1 - гидробак; 2 - насос, 3 - термометр; 4 - фильтр; 5 - испытываемый гидроаппарат; 6 - расходомер; 7 - манометр; 8 - гидропрессель; 9 - предохранительный гидроклапан; 10 - фильтрующая установка; 11 - теплообменный аппарат

Проверка зависимости расхода от вязкости рабочей жидкости проводится при условии, что перепад давления рабочей жидкости на испытываемом гидроаппарате должен быть наибольшим (рис. 170). Испытания проводятся не менее чем при пяти значениях расхода рабочей жидкости в пределах диапазона регулирования с равным интервалом (в том числе при минимальном стабильном расходе). Вязкость рабочей жидкости меняют изменением ее температуры.

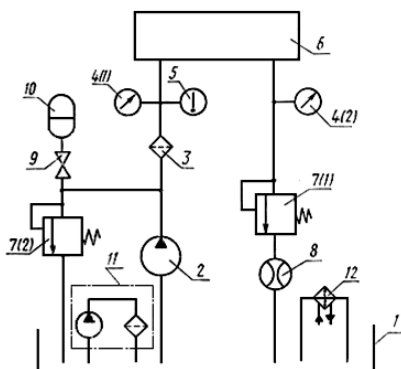


Рисунок 170 - Схема стенда для проверки зависимости расхода от вязкости рабочей жидкости, зависимости расхода от разности давлений на входе и выходе, минимального расхода, допускаемого отклонения расхода: 1 - гидробак; 2 - насос; 3 - фильтр; 4 - манометр; 5 - термометр; 6 - испытываемый гидроаппарат; 7 - переливной гидроклапан; 8 - расходомер (или мера вместимости); 9 - вентиль; 10 - гидроаккумулятор; 11 - фильтрующая установка; 12 - теплообменный аппарат

Также проводятся испытания гидрораспределителей по таким параметрам как:

- проверка превышения давления настройки при мгновенном возрастании давления;
- проверка давления разгрузки напорного гидроклапана непосредственного действия при дистанционном управлении;
- проверка времени нарастания давления в напорном гидроклапане с дистанционным управлением после прекращения разгрузки;
- проверка изменения редуцированного давления при изменении давления на входе в редукционном гидроклапане;
- проверка изменения редуцированного давления при изменении расхода в редукционном гидроклапане;

- проверка минимального расхода;
- проверка максимальной продолжительности включения гидрораспределителя при номинальных значениях давления и расхода;
- проверка времени срабатывания гидрораспределителя;
- проверка максимального числа срабатывания гидрораспределителя в 1 ч (1 мин);
- проверка давления открывания;
- проверка включения электромагнитом запорно-регулирующего элемента гидрораспределителя при напряжении ниже номинального.

Испытания гидроцилиндров

Испытания гидроцилиндров проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 18464-96 на стендах, аттестованных в соответствии с ГОСТ 24555.

Перед проведением периодических и типовых испытаний необходимо проверить соответствие деталей и сборочных единиц гидроцилиндров рабочим чертежам, а также провести микрометрический обмер основных деталей. А также удалить воздух из гидравлической системы испытательного стенда и испытуемого гидроцилиндра, подвергнуть гидроцилиндры обкатке, режим которой устанавливается в стандартах или технических документах на гидроцилиндры конкретного типа.

Внешний вид гидроцилиндров проверяют визуально на соответствие требованиям ГОСТ. Габаритные и присоединительные размеры проверяют универсальными средствами измерений линейных и угловых величин. Массу гидроцилиндра определяют взвешиванием без рабочей жидкости, средств консервации и заглушек. Материалы деталей проверяют по сертификатам.

Функционирование проверяют путем последовательного сообщения полостей (полости) с напорной и сливной магистралями, осуществляя трехкратное перемещение штока (плунжера) по всей длине в обе стороны (рис. 171).

Прочность гидроцилиндров проверяют при статическом пробном давлении по ГОСТ 16514 в течение не менее 30 с при приемосдаточных испытаниях и не менее 3 мин при других видах испытаний.

Прочность гидроцилиндров двухстороннего действия проверяют в двух крайних положениях поршня, гидроцилиндров одностороннего действия - в одном крайнем положении поршня.

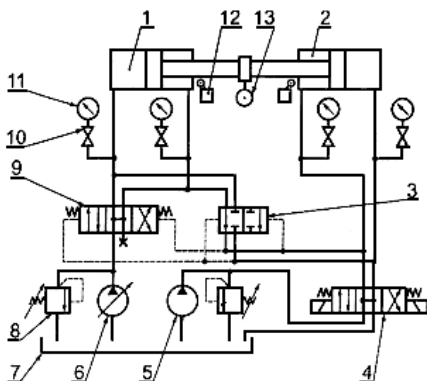


Рисунок 171 - Схема стенда для испытания гидроцилиндров на функционирование под нагрузкой, герметичность по штоку, толкающую и тянущую силу на штоке, скорость поршня (плунжера), общий и механический КПД, ресурс, наработку до отказа, торможение: 1 - испытываемый гидроцилиндр; 2 - нагрузочный гидроцилиндр; 3 - двухпозиционный гидрораспределитель с гидравлическим управлением; 4 - трехпозиционный гидрораспределитель с электромагнитным управлением; 5 - нагрузочный насос; 6 - насос привода; 7 - гидробак; 8 - предохранительный гидроклапан; 9 - трехпозиционный гидрораспределитель с гидравлическим управлением; 10 - кран-демпфер; 11 - манометр; 12 - выключатель; 13 - динамометр

Не допускаются видимые признаки разрушения и деформации гидроцилиндра, прекращение функционирования, нарушение наружной герметичности или превышение установленных норм герметичности через уплотнитель штока (плунжера).

Продольную устойчивость штока (плунжера) проверяется при давлении, равном 1,5 номинального, в течение не менее 3 мин при неподвижном штоке (плунжере) на гидроцилиндре, закрепленном в соответствии с его конструкцией (крепление на фланце, цапфах, проушинах и др.). При проверке на продольную устойчивость штоков (плунжер) должен быть выдвинут на 0,95-0,98 длины его хода. Изгиб штока (плунжера), контролируемый визуально, не допускается.

Наружную герметичность проверяют при статическом пробном давлении по ГОСТ 16514 в рабочих полостях гидроцилиндра (рис. 172). Потение наружных поверхностей, течь рабочей жидкости через стыки, сварные швы и неподвижные соединения не допускаются.

Утечку рабочей жидкости (удельный объем выносимой рабочей жидкости) через уплотнитель штока (плунжера) при работе гидроцилиндра проверяют при номинальном давлении, номинальной скорости гидроцилиндра, но не менее 0,2 м/с, и кинематической вязкости рабочей жидкости, указанной в стандартах или технических документах на гидроцилиндры конкретного типа, в течение не менее заданного количества двойных ходов.

Внутреннюю утечку проверяют при номинальном давлении не менее чем через 30 с после установки поршня в двух крайних и среднем положениях. Утечку рабочей жидкости, поступающую из полости гидроцилиндра, не находящейся под давлением, измеряют путем фиксирования секундомером времени заполнения мерной емкости.

Для гидроцилиндров с ходом до 320 мм допускается не проверять внутреннюю утечку в среднем положении поршня.

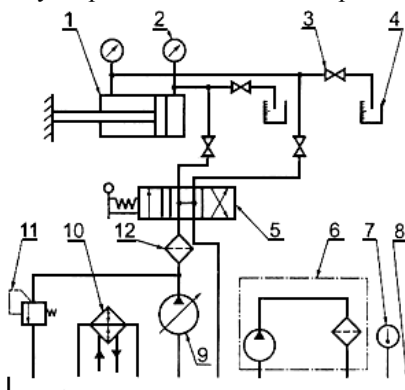


Рисунок 172 - Схема стенда для испытания гидроцилиндров на прочность, функционирование на холостом ходу, наружную герметичность по неподвижным соединениям, внутреннюю утечку, давления страгивания и холостого хода: 1 - испытуемый гидроцилиндр; 2 - манометр; 3 - вентиль; 4 - мерная емкость; 5 - гидрораспределитель; 6 - фильтрующая установка; 7 - термометр; 8 - гидробак; 9 - насос; 10 - теплообменный аппарат; 11 - предохранительный гидроклапан; 12 - фильтр

Давление страгивания без нагрузки и давление холостого хода определяют в следующем порядке: поршень (плунжер) устанавливают в одно из крайних положений, после чего в полость, являющуюся в данном случае рабочей, подают рабочую жидкость и постепенно уве-

личивают давление от значения, при котором поршень еще не движется, до значения, при котором он начинает перемещаться. Давление начала перемещения является давлением страгивания. При начавшемся после страгивания перемещении поршня давление плавно уменьшаются до значения, при котором поршень начнет перемещаться рывками, что определяют визуально. Для телескопических гидроцилиндров давление страгивания и холостого хода определяют для каждого звена отдельно.

Время торможения следует измерять секундомером при номинальных нагрузке и скорости гидроцилиндра. При необходимости проводят осциллографирование времени прохождения тормозного пути.

Значения толкающей и тянущей номинальной силы гидроцилиндра проверяют при номинальном значении давления в процессе перемещения гидроцилиндра. При определении динамических сил гидроцилиндра следует использовать преобразователи с усилительными и регистрирующими приборами. Допускается измерять номинальную силу тарированным гидроцилиндром.

Проверку наработки до отказа и ресурса следует проводить в соответствии с ГОСТ 22976 на режимах, установленных в стандартах или технических документах на гидроцилиндры конкретного типа.

Наработку до отказа и ресурс следует проверять по этапам, продолжительность каждого этапа не должна превышать 25% заданного значения ресурса.

Перед началом и после завершения испытаний измеряют диаметры гильзы, поршня, опорных колец, штока и определить износ трущихся поверхностей.

После каждого этапа гидроцилиндры проверяют на соответствие основным параметрам, а также требованиям ГОСТ 16514 в части предельного состояния.

Наработку до отказа и ресурс определяют в циклах работы или километрах пройденного пути. Число циклов должно регистрироваться счетчиками.

Испытания резиновых рукавов высокого давления с металлической оплеткой

Испытания рукавов проводят не менее чем через 16 ч после вулканизации при температуре испытаний $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$. При арбитражных

испытаниях выдержку после вулканизации и испытания проводят при температуре $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

Состояние наружной поверхности рукавов проверяют визуально или сравнением с контрольным образцом. Конструкцию рукава проверяют визуально в торце рукава.

Размеры рукавов проверяют измерительными приборами, обеспечивающими заданную точность измерений: штангенциркулем по ГОСТ 166, толщиномером по ГОСТ 11358, измерительной линейкой по ГОСТ 427, индикаторным стенкомером по ГОСТ 11358, рулеткой по ГОСТ 7502, микроскопом по ГОСТ 8074, счетчиком метража с дискретностью отсчета 0,1 м. 8.4.1 Внутренний диаметр рукава измеряют цилиндрическими калибрами, при этом проходная сторона калибра должна проходить в рукав на расстояние 50 мм от конца рукава, или штангенциркулем на конце рукава.

Для измерения наружного диаметра верхней металлической оплетки на расстоянии не менее 2,5 от конца рукава по окружности срезают слои, находящиеся над оплеткой, в виде кольца шириной (9 ± 1) мм и измеряют штангенциркулем. Допускается измерять показатель в процессе изготовления рукавов.

Длину рукава определяют измерительной линейкой или рулеткой, или счетчиком метража.

Для проведения испытаний гидравлическим давлением применяют:

- источник давления с манометром класса точности до 2,5 по ГОСТ 2405, обеспечивающим проведение испытаний в рабочей зоне шкалы манометра. Манометр подбирают таким образом, чтобы измеряемое значение находилось от 1/3 до 4/5 предела измерения;
- секундомер 2-го класса точности;
- часы типа ВЧС-1-М2ПВ;
- металлическую измерительную линейку по ГОСТ 427.

Для испытания на герметичность один конец рукава присоединяют к источнику давления. Способ присоединения рукава - в соответствии с инструкцией на испытательное оборудование. Наполняют рукав рабочей жидкостью до полного удаления воздуха. Затем другой свободный конец рукава заглушают и в течение 1-2 мин повышают давление до $2P+5\%$. После этого источник давления отключают и выдерживают рукав под установленным давлением (2 ± 1) мин. Допускается в течение первой минуты дополнительно подключать источник давления. Допускается вместо определения времени повышения давления определять скорость повышения давления.

Рукав считают выдержавшим испытание, если по истечении указанного времени на его поверхности не будут обнаружены разрывы и капли рабочей жидкости.

При испытании на запас прочности рукава длиной (800 ± 200) мм или образцы, отрезанные от отобранных рукавов, и при отсутствии дефектов на его поверхности испытывают в течение 0,5-1,0 мин повышают давление до 3Р (4Р - для рукавов группы Z) или до разрыва рукава. Рукав считают выдержавшим испытание, если разрушающее давление - не менее 3Р (4Р - для рукавов группы Z). Рукава, испытанные на запас прочности, в партию не включают.

Если рукав не выдержал испытания из-за течи или дефектов на расстоянии не более 25 мм от места закрепления, испытание повторяют после повторного закрепления того же образца или на другом образце.

Для определения увеличения диаметра верхней металлической оплетки (распушивания) с конца рукава на длине $2,5 d_{вн}$ для рукавов диаметром до 10,0 мм включительно, 1,5 - для рукавов диаметром от 10,0 до 25,0 мм включительно и 1 - для рукавов диаметром свыше 25,0 мм снимают слои, находящиеся над оплеткой, методом шерохования или зачистки без повреждения латунного покрытия проволоки металлической оплетки. Затем не позднее чем через 15 мин штангенциркулем, расположенным параллельно торцу рукава, на расстоянии не менее 5 мм от торца измеряют диаметр в трех плоскостях. За значение показателя распушивания принимают среднеарифметическое значение результатов измерений.

Прочность связи верхней металлической оплетки со слоями, находящимися над ней, определяют следующим образом: от рукава отрезают три образца в виде колец шириной (35 ± 5) мм. По краям образца срезают слои до металлической оплетки таким образом, чтобы ширина расслаиваемого (рабочего) участка составляла 10-25 мм. На рабочем участке резины делают надрез по всей ширине кольца до металлической оплетки и по линии надреза с одной стороны резину отслаивают вручную на длину, достаточную для закрепления ее в зажиме динамометра. Кольцо надевают на стержень таким диаметром, чтобы оно могло свободно вращаться вокруг своей оси. Отслоенный участок закрепляют в верхнем зажиме динамометра, а стержень с кольцом - в нижнем. Затем отслаивают при скорости движения нижнего зажима (100 ± 10) мм/мин. Испытания проводят на динамометре, номинальное значение шкалы которого не должно превышать более чем в пять раз измеряемую нагрузку при отслаивании.

При испытании каждого образца записывают не менее трех пар (минимальных и максимальных) показаний прибора для рукавов внутренним диаметром до 10,0 мм включительно и не менее пяти пар - для рукавов диаметром свыше 10,0 мм.

За значение показателя прочности связи принимают среднеарифметическое значение результатов испытания, отнесенное к 1 см ширины образца. За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытания шести образцов.

При невозможности отслоения наружного резинового слоя от металлической оплетки (когезионный отрыв) образец считают выдержавшим испытание.

Для определения состояния внутренней поверхности от рукава отрезают образец длиной не менее 300 мм, разрезают его вдоль оси или направляют его на источник света и поворачивают вокруг оси. Определение проводят визуально или сравнением с контрольным образцом.

Изменение массы внутреннего резинового слоя определяют по ГОСТ 9.030 на образцах резины внутреннего слоя, отслоенных от рукава и тщательно зачищенных от клея и нитей. Допускается определять изменение массы на образцах, отобранных от вулканизированной трубки из резины внутреннего слоя, применяемой для изготовления данной партии рукавов.

Для определения морозостойкости рукав выдерживают при температуре не выше минус 60°C для районов с холодным климатом и минус 50°C для районов с умеренным климатом, в течение не менее 4 ч. Затем при заданной температуре и не более чем через 15 с после воздействия заданной температуры в течение (10 ± 2) с рукава внутренним диаметром до 22,0 мм включительно изгибают на 180°, а рукава внутренним диаметром свыше 22,0 мм - на 90° вокруг оправки диаметром 2R, где R - минимальный радиус изгиба. После испытания температуру рукава доводят до (23 ± 5) °C. На наружной поверхности рукава не должно быть трещин и при испытании гидравлическим давлением, рукав должен быть герметичным.

Для проведения динамических испытаний в соответствии с требованиями, рукава с концевой арматурой присоединяют к источнику, обеспечивающему изменение давления с частотой от 30 до 75 циклов/мин, при этом каждый цикл должен отвечать требованиям импульсного цикла, указанным на рисунке 173.

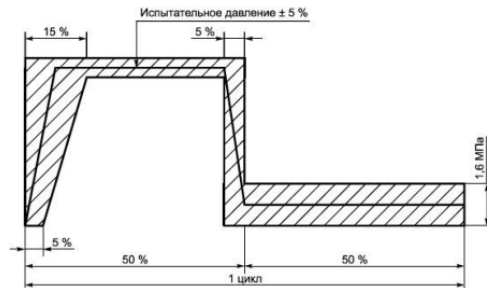


Рисунок 173 - Импульсный цикл динамического испытания рукавов

Температура испытательной жидкости должна быть $(93 \pm 5)^\circ\text{C}$. Рукава диаметром до 22 мм включительно должны иметь свободную длину, в 3,5 раза превышающую минимальный радиус изгиба с допуском $\pm 1\%$, и должны быть присоединены таким образом, чтобы рукав был изогнут на 180° , т.е. чтобы арматура на концах рукава располагалась параллельно и расстояние между концами было в 2 раза больше минимального радиуса изгиба, как показано на рисунке 174.

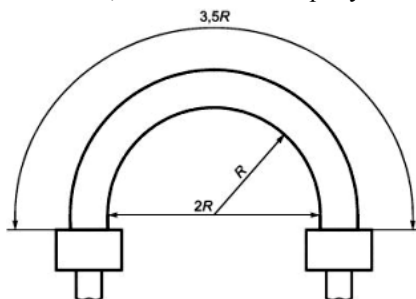


Рисунок 174 - Схема изгиба рукавов при динамических испытаниях

Рукава внутренним диаметром свыше 22 мм должны иметь свободную длину не менее 0,4 м и должны быть присоединены в прямом положении. Допускается по требованию потребителей испытывать рукава диаметром свыше 22 мм в изогнутом состоянии. Для испытания применяют любую рабочую жидкость. После испытания на рукаве, находящемся под давлением, не должно быть разрывов, дефектов и течи. Если рукав выдержал испытания, но при этом обнаружена

течь и дефекты на расстоянии не более 25 мм от места закрепления, рукав считают выдержавшим испытания.

Отклонение от перпендикулярности торца к оси рукава определяют транспортиром или угломером УМ по ГОСТ 5378. При этом рукав располагают в горизонтальной плоскости. Допускается применять угломер типа УН по ГОСТ 5378. Основание угломера должно быть расположено вдоль оси рукава с центром в торце рукава.

4.5.14 Испытание гидравлической навески

Испытания гидравлической навески тракторов проводят на площадке с бетонным основанием или покрытием, не уступающим ему по плотности. Отклонение от плоскостности поверхности площадки в пределах габаритных размеров трактора должно быть не более 5 мм; отклонение от горизонтали - не более 2%. Положение органов управления регулятором частоты вращения коленчатого вала двигателя, соответствует полной подаче топлива. Температура окружающего воздуха при испытаниях должна быть (23 ± 7) °С, а атмосферное давление не менее 96,6 кПа. Атмосферное давление, температуру воздуха, влажность окружающей среды измеряется впереди трактора на расстоянии 2-2,5 м от него на высоте 1,5 м от поверхности площадки.

В случаях, предусмотренных программой испытаний, трактор может испытываться в условиях, соответствующих его эксплуатации.

Рабочая жидкость, используемая в гидросистеме, должна соответствовать требованиям, указанным в технических условиях на конкретную модель трактора. Температура рабочей жидкости в баке должна быть (65 ± 5) °С.

Грузоподъемность навесного устройства трактора определяют в зависимости от программы испытаний по максимальным значениям подъемного усилия или массы поднимаемого груза, которые обеспечиваются по всему ходу навесного устройства.

Грузоподъемность определяют на расстоянии 610 мм от оси подвеса. Трактор закрепляют на площадке таким образом, чтобы под действием сил, создаваемых навесным устройством, не происходило изменений первоначального положения остова.

В навесное устройство устанавливают ось подвески или раму, которые должны иметь присоединительные размеры, соответствующие типу и исполнению навесного устройства.

Рама должна иметь исполнение, обеспечивающее расположение ее центра тяжести и приложение вертикальной нагрузки в точке,

отстоящей на 610 мм от оси шарниров нижних тяг на линии, перпендикулярной к плоскости присоединительного треугольника и проходящей через середину его основания.

Раскосы навесного устройства должны быть отрегулированы в соответствии с программой (методикой) предприятия-изготовителя.

Если на тракторе имеется несколько точек для присоединения верхней и (или) нижней тяг и несколько точек для присоединения раскоса к нижним тягам, то точки присоединения выбирают в соответствии с указаниями изготовителя и указывают в протоколе испытаний.

При установке рамы длина верхней тяги должна быть отрегулирована таким образом, чтобы при горизонтальном положении нижних тяг плоскость присоединительного треугольника навесного устройства принимала вертикальное положение.

Давление окончания открытия предохранительного клапана (максимальное давление в гидросистеме) и давление автоматического возврата золотника гидрораспределителя в нейтральное положение следует измерять по манометру, установленному на входе в гидрораспределитель, при плавном повышении давления регулируемым дросселем, установленным между замкнутыми внешними выводами гидрораспределителя.

Максимальное подъемное усилие измеряют при приложении вертикального усилия, направленного к середине оси подвеса или к центру тяжести рамы в статическом положении не менее чем в шести точках, приблизительно равнорасположенных по ходу навесного устройства (в том числе в начале и конце хода), при давлении окончания открытия предохранительного клапана. При этом к максимальному подъемному усилию должно быть добавлено усилие, создаваемое массой оси подвеса или рамы. Подъемное усилие в каждой из шести точек определяется путем корректирования максимальной подъемной силы до значения при давлении рабочей жидкости, соответствующем 90 % минимального давления настройки предохранительного клапана.

Максимальную массу груза, поднимаемого навесным устройством, измеряют при шарнирном навешивании груза на ось подвеса или на ось, проходящую через центр тяжести рамы параллельно оси подвеса. Центр тяжести груза должен располагаться на вертикальной линии, проходящей через середину оси подвеса или центр тяжести рамы. Груз увеличивают до максимальной массы, которую навесное устройство способно поднять по всему ходу навесного устройства при максимальном давлении в гидросистеме. При этом к максимальной массе груза должна быть прибавлена масса оси подвеса или рамы.

Время подъема и опускания навесного устройства измеряют при перемещении его из одного крайнего положения в другое с грузом, масса которого характеризует грузоподъемность навесного устройства.

Стабильность положения навесного устройства определяют при подъеме груза массой, характеризующей грузоподъемность. Навесное устройство должно быть установлено в крайнее верхнее положение, золотник гидрораспределителя - в нейтральное положение, двигатель - выключен. Измеряют первоначальную высоту расположения оси подвеса и ее перемещение через каждые 5 мин в течение 30 мин.

4.5.15 Испытание механических сцепных устройств или их элементов

Образцы сцепных устройств испытывают как на прочность, так и на функционирование.

Прочность сцепных устройств проверяют динамическим испытанием (испытанием на усталость).

Динамическое испытание, которое проводят с приближенно синусоидальной нагрузкой (переменной и/или пульсирующей), состоит из серии циклов нагружения, создающих в материале напряжения, соответствующие его марке. Наличие трещин или разрывов не допускается.

После проведения предписанных статических испытаний допускается лишь незначительная остаточная деформация. Если не предусмотрено иное, то после прекращения воздействия остаточная пластическая деформация должна составлять не более 10 % максимальной деформации, измеренной в ходе испытания.

Нагрузку при динамических испытаниях рассчитывают по горизонтальной составляющей силы, действующей в продольной оси транспортного средства, и по вертикальной составляющей силы. Горизонтальные составляющие силы и моментов, действующих перпендикулярно к продольной оси транспортного средства, не принимают во внимание, если они незначительны.

Для проведения динамических и статических испытаний образец помещают на соответствующий испытательный стенд так, чтобы он не подвергался воздействию любых дополнительных сил или моментов, помимо указанной испытательной силы. В случае испытаний на переменное воздействие направление прилагаемой силы не должно

отклоняться более чем на $\pm 1^\circ$ от указанного. В случае испытаний на пульсирующее и статическое воздействие угол должен быть установлен в расчете на максимальную испытательную силу. Для этого, как правило, требуется установка одного шарнира в месте применения силы (т.е. в месте сцепки), а другого - на надлежащем расстоянии от него.

Частота колебаний нагрузки при испытании не должна превышать 35 Гц. Выбранная частота колебаний гарантированно не должна совпадать с резонансной частотой испытательного стенда, в т.ч. испытываемого устройства. При асинхронном испытании частота обеих составляющих сил должна различаться не более чем на 1 % - 3 %. Для сцепных устройств, изготовленных из стали, число нагрузочных циклов должно составлять $2 \cdot 10^6$.

В ходе испытаний на пульсирующее воздействие испытательная сила варьируется в пределах от максимального до минимального значения, но не более 5 % максимальной испытательной силы, если иное не предусмотрено конкретной методикой испытаний.

В процессе статических испытаний, испытательную силу прилагают плавно и быстро и поддерживают в течение не менее 60 с.

Испытуемые сцепные устройства или их элементы, как правило, следует монтировать на испытательном стенде максимально жестко в том положении, в каком они практически будут использованы на транспортном средстве.

Сцепные устройства или их элементы должны быть испытаны в соответствии с состоянием при их эксплуатации. Испытательные нагрузки могут быть приложены с помощью особых приспособлений, не допускающих люфта.

Шаровые наконечники и тяговые кронштейны

Основным испытанием является динамическое испытание на усталость. Испытательный образец включает в себя шаровой наконечник, соединительную шейку шарового наконечника и держатели, необходимые для крепления устройства в сборе к транспортному средству. Шаровой наконечник и тяговый кронштейн жестко монтируют на испытательном стенде, на котором должно быть обеспечено воздействие переменной силы в положении их предполагаемого практического использования.

Устройства, представленные на испытание, должны иметь все детали и конструктивные элементы, которые могут повлиять на критерии прочности (например, штепсельную розетку, любую маркировку и

т.д.). Геометрическое положение шарового наконечника и места крепления сцепного устройства на опорной линии должны быть указаны предприятием - изготовителем и должны быть обозначены в протоколе испытаний. Все соответствующие положения точек крепления относительно опорной линии, о которых предприятие - изготовитель тягача должен предоставить всю необходимую информацию предприятию - изготовителю буксирного устройства, должны быть продублированы на испытательном стенде.

Образец, смонтированный на испытательном стенде, должен быть подвергнут испытанию на переменную нагрузку под указанным на рисунке 175 углом к шаровому наконечнику.

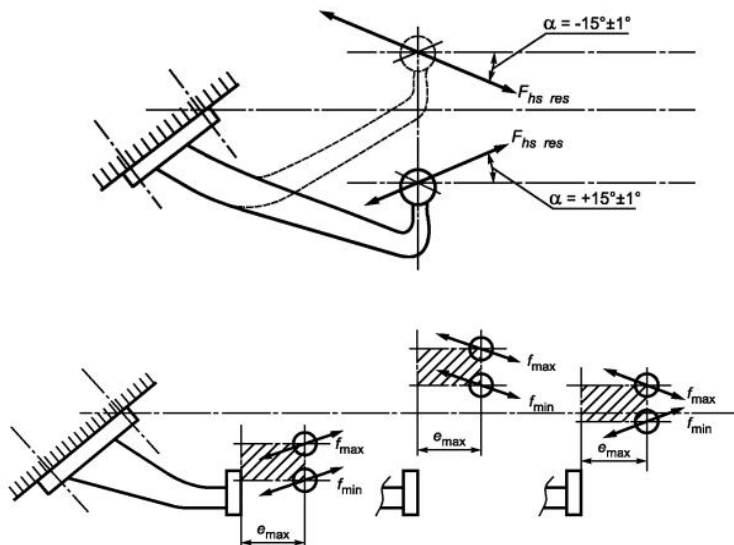


Рисунок 175 - Углы приложения испытательной силы

Направление испытательного угла определяют на основе взаиморасположения по вертикали горизонтальной базовой линии, проходящей через центр шарового наконечника, и горизонтальной линии, проходящей через наиболее высокую точку из всех ближайших к центру шарового наконечника точек крепления шарового устройства, при измерении в горизонтальной плоскости. Если линия, на которой лежит точка крепления, проходит выше горизонтальной базовой линии, то испытания проводят под углом $\alpha = +15^\circ \pm 1^\circ$, а если она проходит ниже этой линии, то испытания проводят под углом $\alpha = -15^\circ \pm 1^\circ$ (см.

рис. 175). Точки крепления, используемые для определения испытательного угла, должны соответствовать точкам, указанным предприятием - изготовителем транспортного средства и передающим основное тяговое воздействие на конструкцию тягача.

Испытательный угол выбирают для учета вертикальной статической и динамической нагрузки и применяют только в случае допустимой статической вертикальной нагрузки S , Н, не превышающей:

Сцепные головки испытываются на усталость с использованием переменной испытательной силы, за которым следует статическое испытание (испытание на подъем) на том же испытательном образце.

Динамическое испытание проводят на шаровом наконечнике класса А, имеющем достаточную прочность. Шаровой наконечник и сцепную головку размещают на испытательном стенде согласно инструкциям предприятия-изготовителя в положении, которое соответствует обычному положению эксплуатации. Следует исключить любую возможность воздействия на данный образец дополнительных сил помимо испытательной силы. Испытательная сила должна быть приложена вдоль линии, проходящей через центр шарового наконечника с наклоном назад на 15° (см. рис. 176).

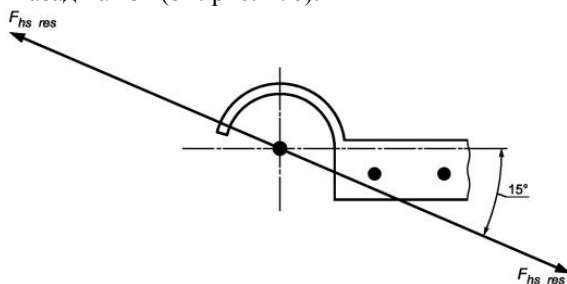


Рисунок 176 - Динамическое испытание сцепной головки

Испытание образца на усталостную прочность проводят на испытательном образце путем приложения испытательной силы

$$F_{hs\ res\ w} = \pm 0,6D.$$

D - это теоретическое исходное значение горизонтальных сил, действующих между тягачом и прицепом, используемое в качестве основы для определения горизонтальных нагрузок в процессе динамических испытаний.

Для механических сцепных устройств и их элементов, не предназначенных для восприятия вертикальных нагрузок, значение D , кН, составляет:

$$D = g \frac{TR}{T + R},$$

где T - технически допустимая максимальная масса тягача, т; R - технически допустимая максимальная масса прицепа с дышлом или полуприцепа, т; g - ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$).

Когда максимальная допустимая статическая вертикальная статическая нагрузка S превышает $120 D$, испытательный угол увеличивают до 20° .

Статическому испытанию на рассоединение. подвергают изношенный шаровой наконечник диаметром от 49,00 до 49,13 мм. Усилие рассоединения F_a , кН, прилагают перпендикулярно как к поперечной, так и к продольной осям, проходящим через центр сцепной головки, плавно и быстро увеличивают до значения

$$F_a = g(C + S/1000)$$

и поддерживают в течение 10 с.

Сцепная головка не должна отделяться от шарового наконечника, и ни один из элементов сцепной головки не должен обнаруживать остаточной деформации, негативным образом отражающейся на его функциональных возможностях.

Сцепные устройства типа «крюк-петля»

Сцепные устройства типа «крюк-петля» подвергаются динамическому испытанию, сопровождаемое приложением пульсирующей силы. Сцепное устройство монтируют таким же образом, как и на транспортном средстве, со всеми деталями, необходимыми для его установки. Вместе с тем, по согласованию с испытательной лабораторией любые упругие элементы могут быть нейтрализованы.

В случае сцепных устройств, предназначенных для использования с прицепами, оборудованными шарнирными сцепными тягами, когда опорная вертикальная нагрузка на сцепное устройство $S = 0$, испытательную силу прилагают в горизонтальном направлении, имитируя растягивающую силу, на крюке и варьируют в пределах $0,05D - 1,00D$.

В случае сцепных устройств, предназначенных для использования с прицепами с центрально расположенной осью, испытательная сила должна представлять собой результирующую горизонтальной и вертикальной сил, воздействующих на сцепное устройство, и должна быть приложена под углом α , т.е. вниз и назад (см. рис. 175), эквивалентным рассчитанному углу результирующей горизонтальной и вер-

тикальной сил, воздействующих на сцепное устройство. Усилие $F_{hs\ res}$, кН, рассчитывают по формуле

$$F_{hsres} = \sqrt{F_h^2 + F_s^2} \quad \text{где} \quad F_h = DuF_s = \frac{9,81S}{1000} + 0,8V$$

где V - амплитуда вертикальной силы, кН.

Применяемое усилие варьируют между $0,05F_{hsres}$ и $1,00F_{hsres}$.

В случае сцепных тяг полных прицепов, свободно перемещающихся в вертикальной плоскости, помимо испытания на усталостную прочность или аналитической проверки прочности, должна быть проверена степень устойчивости к продольному изгибу на основе либо теоретических расчетов при значении номинальной силы $3D$ либо посредством испытания на изгиб с применением силы, равной $3D$.

Седельно-сцепные устройства

Основными испытаниями на проверку прочности служат динамическое и статическое (на подъем). Седельно-сцепные устройства, предназначенные для непосредственного управления осями полуприцепов, должны быть подвергнуты дополнительному статическому испытанию (на изгиб). Для целей этого испытания устройство должно быть оснащено всеми креплениями, необходимыми для его монтажа на ТС. Способы монтажа должны быть идентичны используемым на самом ТС. Использование вычислительного метода в качестве альтернативы реальному испытанию не допускается.

Стандартные седельно-сцепные устройства, предназначенные для использования с направляющим клином или аналогичным приспособлением для непосредственного управления полуприцепами, должны быть проверены на прочность статическим испытанием на изгиб, возможный при эксплуатации направляющего приспособления, с одновременной нагрузкой на устройство. Максимальная допустимая опорная вертикальная нагрузка U должна воздействовать на седельно-сцепное устройство, находящееся в рабочем положении, по вертикали через жесткую пластину, размеры которой достаточны для того, чтобы полностью закрыть устройство.

Результирующая прилагаемой нагрузки должна проходить через центр горизонтального шарнира седельно-сцепного устройства.

Одновременно на боковые стороны управляющего приспособления шкворня должна воздействовать горизонтальная боковая сила, представляющая собой силу, необходимую для принудительного управления полуприцепом. Значение этой силы и направление ее приложения должны быть выбраны так, чтобы в центре шкворня сцепного

устройства действовал момент $0,75D$ кН·м, создаваемый силой, воздействующей на рычаг длиной $(0,5 \pm 0,1)$ м. Остаточная пластическая деформация при всех номинальных размерах может составлять 0,5 %. Появление трещин на деталях не допускается.

Все седельно-сцепные устройства должны быть подвергнуты статическому испытанию на подъем. После приложения силы подъема не более $F_a = gU$ на соединительной пластине не должно быть никаких существенных остаточных изгибов, превышающих 0,2 % по ее ширине.

В случае стандартных седельно-сцепных устройств со шкворнем такого же диаметра воздействие силы подъема $F_a = g2,5U$ не должно приводить к отделению шкворня от сцепного устройства. В случае нестандартных сцепных устройств со шкворнем диаметром более 50 мм, например сцепных устройств со шкворнем диаметром 90 мм, сила подъема должна составлять $F_a = g1,6U$, но не менее 500 кН.

Сила должна быть приложена с помощью рычага, один конец которого опирается на соединительную пластину, а к другому прилагают подъемную силу на расстоянии 1,0 - 1,5 м от центра шкворня сцепного устройства (см. рис. 177).

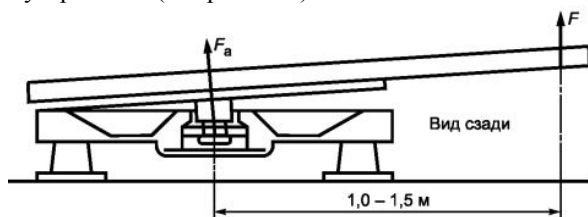


Рисунок 177 - Испытание седельно-сцепных устройств на подъем

Плечо рычага должно находиться под прямым углом к направлению входа шкворня в сцепное устройство. Если наименее благоприятное положение очевидно, то испытание проводят именно в этом положении. Если же наименее благоприятное положение определить нелегко, то испытательная лаборатория должна принять решение о том, с какой стороны следует проводить испытание. Достаточно лишь одного испытания.

Установочные плиты седельно-сцепных устройств проходят динамические и статические испытания. Испытания установочных плит на подъем проводят только с одной стороны на основе максимальных номинальных значений высоты сцепного устройства, макси-

мальных номинальных значений ширины и минимальных номинальных значений длины установочной плиты.

Контрольные вопросы:

1. Условия подбора измерительных комплексов и систем.
2. В чем преимущества и недостатки стендовых испытаний?
3. Какие показатели определяются при испытаниях тягово-скоростных свойств автомобилей?
4. Какие тормозные системы автомобилей подвергаются испытаниям?
5. Как определяются тягово-скоростных свойств тракторов?
6. В каких условиях проводят испытания тормозных свойств трактора?
7. На каких режимах определяется топливная характеристика машины?
8. Перечислите виды испытаний двигателей.
9. При каких испытаниях исследуют отдельные детали сцепления?
10. Какие основные характеристики определяют при испытании коробки передач в дорожных условиях?
11. При каких условиях может быть получена наиболее полная оценка характеристик жесткости и статической прочности балки моста?
12. По каким показателям определяют долговечность амортизаторов?
13. В чем заключаются испытания по определению жесткости рулевого привода?
14. Какие характеристики определяют работу шины?
15. По каким показателям проводят испытания рам и кузовов?
16. Методы испытаний на безизносность.
17. Что подразумевается под управляемостью автомобилем или трактором?
18. Какие три основных метода применяются для проведения ресурсных испытаний?
19. Перечислите показатели, определяемые при испытании рукавов высокого давления.
20. Методы проведения испытаний гидравлических систем их агрегатов и элементов.

5 СЕРТИФИКАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Сертификационные испытания отличаются повышенной требовательностью и регламентацией используемых методов, оборудования и аппаратуры, отражаемых в НТД на испытания. Это предусматривается в условиях аккредитации испытательных лабораторий (центров). Как известно, аккредитуемые лаборатории подбираются по признакам компетентности в области испытаний тех свойств, на оценивание которых они уполномочиваются, что становится известным из информации о их повседневной испытательной деятельности. Нормативно-техническая документация на проводимые такими лабораториями испытания обычно разрабатывается непосредственно в испытательных центрах и аттестуется на отраслевом уровне. Для сертификационных же испытаний эта нормативно-техническая документация дополнительно оценивается на соответствие требованиям, которые предусматриваются в стандартах или Правилах ЕЭК ООН. Поэтому даже в том случае, когда ранее аттестованная документация на испытания согласуется с требованиями Правил, обычно разрабатывается и вводится в действие отдельный руководящий документ о порядке применения программ, методик, оборудования, используемых в разных других видах испытаний, для проведения сертификационных испытаний по каждому Правилу или требованию стандарта.

В общем случае критериями оценки нормативно-технической документации на сертификационные испытания автомобильной техники являются достоверность получаемых результатов, возможные погрешности измерений оцениваемых показателей, степень воспроизводимости условий и результатов при повторении опытов. Назначение этих критериев зависит от располагаемых оборудования и средств измерений, составляющих технологическую базу производства испытаний. В частности, применительно к специальным сооружениям для испытаний автомобильной техники важна не только их конструктивная приспособленность, но и возможность поддержания их основных характеристик в стабильном состоянии, например, для испытательных дорог – характеристик микропрофиля (ровности), сцепных свойств покрытия и др. Применительно к средствам измерений нужно соответствие между метрологическими характеристиками (точности, чувствительности, разрешающей способности) и значениями измеряемых в сертификационных испытаниях показателей, указанными в Правилах или стандартах, а также допускаемыми их отклонениями. Для сертификационных испытаний требуется либо документация на поверку и

калибровку средств измерений, либо гарантированная возможность их контроля и аттестации уполномоченными органами метрологической службы.

Сертификационные испытания отличаются также предъявляемыми при аккредитации требованиями к персоналу испытателей, включая основное образование, ученые степени, стаж работы, опыт проведения испытаний и другие квалификационные и профессиональные данные.

Еще одна важная особенность сертификационных испытаний вытекает из принадлежности испытательной лаборатории (центра) к третьей стороне, обеспечивающей независимость заключений.

Характерно, что если при проведении иных видов испытаний комиссиями, в том числе и государственных, практикующееся привлечение технического персонала изготовителя (например, водителей-испытателей, контролеров в пробегах и др.) считалось не противоречащим целям испытаний, то при сертификационных испытаниях такая практика строго ограничена.

5.1 Испытания автомобилей и автобусов

На *внутреннюю пассивную безопасность* при сертификации автомобиля испытывают по нескольким Правилам ЕЭК ООН:

- №12 – Защита водителя от удара о систему рулевого управления автомобиля категории *M1* и *N1* при фронтальном ударе на скорости 50 км/ч со 100%-м перекрытием о жесткий барьер;

- №94 – Пассивная безопасность при фронтальном ударе на скорости 56 км/ч с 40%-м перекрытием о сминаемый барьер;

- №95 – Пассивная безопасность неподвижного автомобиля при боковом ударе на скорости 50 км/ч подвижным сминающимся барьером.

Предъявляются требования к *компонентам* автомобиля и местам их крепления:

- Правило ЕЭК ООН №14 – Требования к местам крепления ремней безопасности;

- Правило ЕЭК ООН №16 – Требования к ремням безопасности и другим удерживающим системам;

- Правило ЕЭК ООН №17 – Требования к прочности сидений и их креплений;

- Правило ЕЭК ООН №21 – Требования по травмобезопасности внутреннего оборудования;

- Глобальное Правило ООН №1 (будет введено взамен правила ЕЭК ООН №11) – Требования к замкам и петлям дверей;

- Глобальное Правило ООН №6 (будет введено взамен правила ЕЭК ООН №43) – Требования по оснащению безопасными стеклами;

- Глобальное Правило ООН № 7 (будет введено взамен правила ЕЭК ООН №25) – Требования к подголовникам сидений.

Внешняя безопасность автомобиля регламентируется:

- Правило ЕЭК ООН №26 – Требования к травмобезопасности наружных выступов;

- Глобальное Правило ООН № 9 (с 1.01.2016 г.) – Обеспечение защиты пешеходов.

Противопожарные требования регламентированы:

- Правилами ЕЭК ООН №34;

- Правилами ЕЭК ООН №67 – требования к автомобилям, работающим на сжиженном нефтяном газе («пропан»).

Следует заметить, что со временем все Правила ЕЭК ООН заменят Глобальными правилами ООН. Дело в том, что правила ЕЭК ООН «работают» в основном в Евросоюзе, России и в некоторых других странах. В США, Японии, Бразилии, Австралии и др. странах применяются свои Правила. В связи с расширением и взаимным проникновением рынков сбыта продукции появилась необходимость в унификации Правил в разных странах. Подразделение WP29 ООН начала работу по гармонизации Правил. В качестве основы взяты Правила ЕЭК ООН. На ноябрь 2011 года принято 11 Глобальных Правил, которые страны-участницы* соглашения обязаны ратифицировать в кратчайшие сроки.

Все правила принимаются только консенсусным голосованием (все должны быть «за»).

Рассмотрим некоторые ключевые Правила.

Испытание по Правилу ЕЭК ООН № 94

Объект испытания

Испытанию подвергаются только автомобили категории М1 полной массой не более 2,5 т. В момент испытания автомобиль должен быть в снаряженном состоянии, заправлен всеми смазочными и охлаждающими жидкостями, топливный бак заполнен негорючей жидкостью на 90%, укомплектован запасным колесом и инструментом (если комплектуется).

Испытание имитирует смещенное лобовое столкновение одинаковых автомобилей с 40%-м перекрытием водительских сторон на скорости каждого автомобиля 56+1 км/ч.

Ограничение по массе испытуемых автомобилей вызвано следующим статистическим наблюдением. Лобовое столкновение наиболее вероятно с автомобилем массой 1300...1500 кг, так как этих автомобилей больше всего на дорогах. Водитель и пассажиры автомобиля массой более 2,5 т при столкновении с наиболее вероятным автомобилем пострадают в меньшей степени. Конечно, возможно столкновение такого автомобиля с еще более тяжелым автомобилем, но вероятность этого события во много (в десятки) раз ниже.

В США применяется краш-тест со 100%-м перекрытием на скорости 50 км/ч в жесткий барьер. Несмотря на меньшую скорость, перегрузки, которым подвергаются манекены, оказываются больше, так как ударную нагрузку воспринимают оба лонжерона кузова и автомобиль останавливается «резче».

При испытании по Правилу №94 ударную нагрузку воспринимает один лонжерон, поэтому деформации кузова вблизи ног водителя очень велики, что в реальном ДТП снижает скорость эвакуации водителя из деформированного автомобиля, увеличивает вероятность большой кровопотери или гибели в результате пожара.

Фронтальный краш-тест, проводимый *EuroNCAP*, практически полностью соответствует правилу №94, но скорость автомобиля при этом испытании выше на 14% – 64 км/ч (но кинетическая энергия удара возрастает на 30% !).

Контролируемые параметры

При испытании не должны быть превышены критерии, контролируемые манекеном *Hybrid III*.

Кроме критериев повреждения человека (манекена) при испытаниях регламентируются следующие требования:

- остаточное смещение рулевого колеса, измеряемое в центре ступицы рулевого колеса, не должно превышать 80 мм в вертикальном направлении вверх и 100 мм в горизонтальном направлении назад;
- ни одна из дверей в ходе испытания не должна открываться;
- в ходе испытания не должно происходить заклинивания блокировочных систем передних дверей;
- необходимо, чтобы после удара можно было без помощи инструментов, за исключением тех, которые необходимы для удержания веса манекена:

а) открыть, по крайней мере, одну дверь, если таковая имеется, для каждого ряда сидений, а в случае отсутствия такой двери, по мере необходимости, отодвинуть сиденья или откинуть их спинки для эвакуации водителя и всех пассажиров; это, однако, применимо только к

транспортным средствам, оборудованным крышей жесткой конструкции;

б) освободить манекены из удерживающей их системы, которая в случае блокировки должна открываться под действием усилия не более 60 Н, прилагаемого к центру стопорного рычага;

в) извлечь манекены из транспортного средства без смещения сидений;

- если транспортное средство работает на жидком топливе, то допускается лишь незначительная утечка жидкости из системы питания;

- в случае постоянной утечки жидкости из системы питания после столкновения эта утечка не должна превышать 30 г/мин. В том случае, если жидкость из системы питания смешивается с жидкостями из других систем или если невозможно простым способом разделить различные жидкости и определить их количество, то постоянная утечка оценивается с учетом всей собранной жидкости.

Процедура испытаний

В автомобиль усаживают два манекена *Hybrid III* (водитель и пассажир).

Устанавливают и подключают регистрирующую аппаратуру.

Снаружи на автомобиле выполняется разметка для определения деформаций с помощью видеокамер. Внутри выполняется раскраска манекенов несохнущей краской для определения после испытания мест фактического контакта манекенов и интерьера.

Автомобиль разгоняется любым способом (обычно специальной катапультной, но можно разгонять собственным двигателем или спускать с горки).

Последние 5 м автомобиль должен ехать по инерции без каких-либо направляющих. Этот участок трека должен быть горизонтальным. Если автомобиль выдержал испытание, но скорость оказалась выше, то испытание пройдено.

Барьер

Сминаемый барьер (сертифицируемый по специальной методике) состоит из следующих частей (рис. 178):

- основной ячеистый блок – представляет собой сотовую конструкцию с пределом сжатия 0,342–0,03 МПа из алюминиевой фольги толщиной 0,076 мм $\pm 15\%$. Размер ячеек 19,1 мм $\pm 20\%$. Размеры блока: ширина 1000 мм; толщина 450 мм; высота 650 мм. Допуски на размеры $\pm 2,5$ мм;

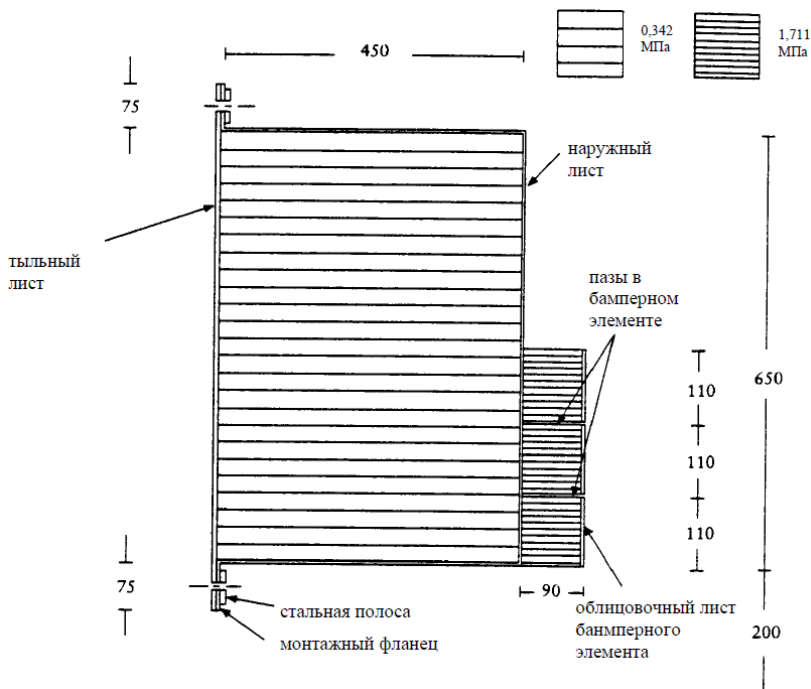


Рисунок 178 - Сминаемый барьер для испытания по Правилу ЕЭК ООН №94 (разрез по направлению движения автомобиля) облицовочный лист бамперного элемента

- бамперный блок – представляет собой сотовую конструкцию с пределом сжатия 1,711–0,17 МПа из такой же алюминиевой фольги, что и основной блок. Размер ячеек $6,4 \text{ мм} \pm 20\%$. Размеры блока: ширина та же; толщина 90 мм; высота 3 ± 110 мм. Допуски на размеры те же;

- с тыльной стороны на основной блок наклеен алюминиевый лист толщиной 2 мм;
- с наружной стороны на оба блока наклеены алюминиевые листы толщиной 0,81 мм.

Сминаемый барьер должен быть установлен перед железобетонным блоком массой не менее 70 т (на полигоне автозавода Volvo – 800 т). При испытании автомобиль ни одной частью не должен задеть железобетонный блок, поэтому между ним и сминаемым блоком устанавливают стальную дистанционную раму.

Видеосъемка высокоскоростными камерами (1000 кадров в секунду) ведется как минимум с двух точек: сбоку (со стороны водителя) и спереди (с железобетонного блока).

Испытание по Правилу ЕЭК ООН №12

Объект испытания

Испытанию подвергаются автомобили категории M1 и N1 или только рулевое управление в случае, если оно сертифицируется производителем автокомпонентов как отдельный механизм. Испытания автомобилей категории M1 можно не проводить, если он подлежит испытанию по Правилу ЕЭК ООН №94.

Так же как и по Правилу №94, в момент испытания автомобиль должен быть в снаряженном состоянии: заправлен всеми смазочными и охлаждающими жидкостями, топливный бак заполнен негорючей жидкостью на 90%, укомплектован запасным колесом и инструментом.

Комментарий

Целью испытаний является выявление потенциальной травмобезопасности путем проверки перемещения верхней части рулевой колонки и рулевого вала во время испытания автомобиля и (или) демпфирующей способности неподвижной рулевой колонки при ударе манекеном туловища, а также демпфирующей способности неподвижного рулевого колеса при ударе муляжом головы.

Испытание по правилу №94 более совершенно, так как по нему оценивается именно пассивная безопасность автомобиля, т.е. вероятность нанесения травм водителю и пассажиру, а не перемещение неких контрольных точек.

Процедура 1. Испытание на лобовой удар о барьер

Разгонная дорожка, механизм разгона и железобетонный блок те же, что и по правилу №94, но отсутствует деформируемый барьер. Блок снаружи должен быть покрыт фанерой толщиной 19 мм. Между фанерой и блоком допускается располагать стальной лист толщиной 25 мм (бетон без стальной облицовки во время удара крошится – блок становится одноразовым, а без фанеры становится «скользким», что искажает картину процесса деформирования металла при ударе).

Скорость автомобиля при испытании 48,3...53 км/ч (30...33 мили в час).

Массу измерительного оборудования (не более 25% от снаряженной массы), расположенного в автомобиле, отклонение скорости (в пределах допуска) учитывают, вводя поправочные коэффициенты.

Если расчетный коэффициент $k_1 < 0,83$, то принимают $k_1 = 0,83$.

Если расчетный коэффициент $k_2 < 0,8$, то принимают $k_1 = 0,8$.

Контролируемый параметр: перемещение верхней точки рулевой колонки и рулевого вала не должно превысить $a = 127$ мм (5 дюймов) по оси x в направлении «назад» и $b = 127$ мм по оси z в направлении «вверх»:

$$a1 \cdot k1 \cdot k2 < a \text{ и } b1 \cdot k1 \cdot k2 < b,$$

$a1, b1$ – реальные размеры, измеренные на испытанном автомобиле.

Измерение положения контрольной точки производят до и после испытания относительно точки шасси, которая гарантированно не перемещается в результате деформации при ударе.

За оси x и z принимаются оси салона автомобиля.

Все повреждения фотографируются с разных сторон.

Процедура 2. Испытание с использованием модели туловища

Испытание проводится, если рулевое управление представлено на сертификацию как отдельный механизм.

Рулевой механизм неподвижно закрепляют на специальном стенде.

Приводной механизм должен воздействовать на модель туловища только до начала удара.

Удар осуществляют моделью туловища, массой 34...36 кг со средними размерами, которые имеют 50% населения взрослого мужского населения США («50-й перцентиль»).

Скорость туловища при ударе $24,1 \pm 1,2$ км/ч ($15 \pm 0,8$ мили в час).

Перед ударом точка H модели туловища (рис. 179) должна находиться в горизонтальной плоскости, проходящей через точку R сиденья.

Контролируемый параметр

Сила, с которой рулевая колодка действует на туловище, не должна превышать 1111 даН. (даН – декаНьютон, 1 даН = 10 Н = 10/9,81 кгс = 1,019 кгс. При переходе из системы СГСЭ в систему СИ килограмм заменили декаНьютоном (пренебрегая сотыми, которые образуются при корректном переводе из системы в систему). Не путать с дН – дециНьютон – десятая доля Ньютона).

Измеритель силы может располагаться в рулевом механизме или в туловище.

Датчик силы в рулевом механизме должен иметь предел измерения не более 1960 даН (2000 кгс).

Датчики инерции в туловище должны иметь предел измерения не более 60g и располагаться слева и справа от центра масс туловища.

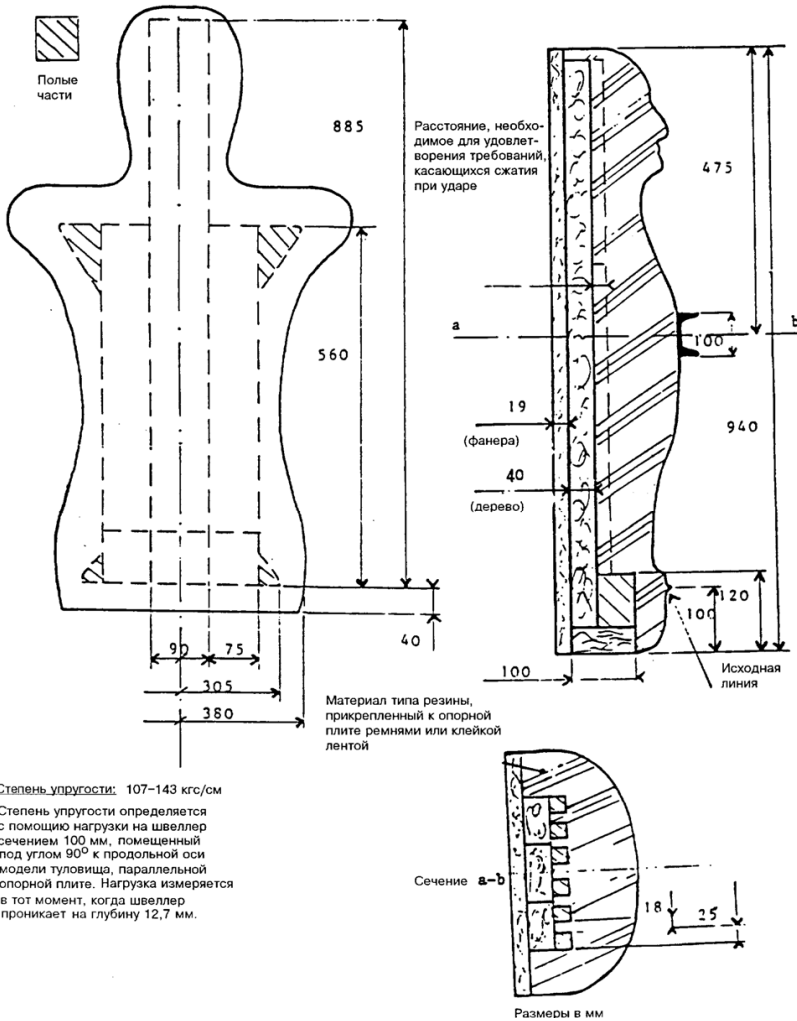


Рисунок 179 - Модель туловища для испытания по Правилу ЕЭК ООН №12

Скорость перемещения туловища контролируется с точностью 2%.

Время контролируется с точностью до 0,001 с.

После испытания все повреждения фотографируются и прилагаются к протоколу.

Процедура 3. Испытание с использованием муляжа головы

Испытывается рулевое управление, точнее устройство крепления рулевого колеса к рулевому валу и само рулевое колесо.

Процедура выполняется при испытании рулевого управления как в составе автомобиля, так и отдельно (если оно сертифицируется как отдельный механизм).

Испытательная установка

Испытательная установка представляет собой маятниковый ударный механизм. В качестве бойка выступает муляж головы – полу-сфера $\varnothing 165$ мм (6,5 дюймов) и массой 6,8 кг (15 фунтов).

Муляж головы должен быть оборудован двумя акселерометрами и прибором для измерения скорости в направлении удара.

Скорость удара 24,1 км/ч (15 миль в час). Точность измерения скорости $\pm 1\%$.

Испытательная процедура

Выполняются три или четыре удара каждый раз по новому рулевому колесу:

- в центр ступицы;
- в точку соединения наиболее жесткой спицы с ободом колеса с внутренней стороны;
- в среднюю точку наиболее короткого участка обода между спицами;
- в точку рулевого колеса при наихудшем его положении.

Контролируемые параметры

При любом из ударов нагрузка на муляж головы не должна превысить 80g в течение более 3 мс.

Испытание по Правилу ЕЭК ООН №95

Объект испытания

Испытанию подвергаются автомобили категории M1 и N1, если точка R самого низкого сиденья находится на высоте не выше 700 мм над поверхностью земли. В снаряженный автомобиль помещен манекен и дополнительное оборудование общей массой 100 кг.

Определение точек R и H

Под точкой H (принадлежит манекену) подразумевается центр вращения туловища и бедра объемного механизма определения точки H (рис. 180), установленного на сиденье автомобиля при сертификационных испытаниях.

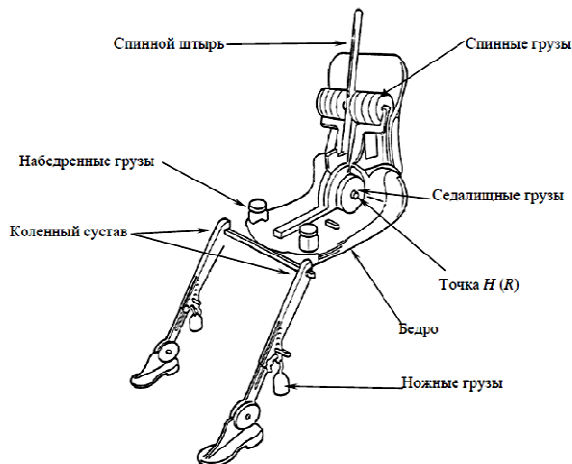


Рисунок 180 - Объемный механизм для определения точки H , эквивалентный по распределению масс мужчине весом 76 кг

Под точкой R (принадлежит сиденью) подразумевается некая точка над подушкой сиденья, которую определяет завод-изготовитель автомобиля.

Теоретически точки H и R совпадают с определенным допуском.

Точка $H (R)$ перемещается вместе с сиденьем.

Комментарий

Ограничения по высоте точки R вызвано тем обстоятельством, что при столкновении с наиболее вероятным легковым автомобилем удар приходится ниже 700 мм. Если точка R выше, то с высокой вероятностью можно утверждать, что человек на таком сиденье не пострадает от этого удара.

Схема испытания

Автомобиль установлен неподвижно и подготовлен: стекла и двери закрыты, но не заперты, рычаг КП в нейтральном положении, стояночный тормоз не включен и т. д. Со стороны манекена (пристегнутого ремнями безопасности) в автомобиль под прямым углом врезается тележка массой 950 ± 20 кг со сминаемым барьером в передней части.

Скорость удара 50 ± 1 км/ч. Продольная вертикальная плоскость симметрии тележки должна проходить через точку *R* сиденья с манекеном.

Контролируемые параметры

Контролируются параметры датчиков манекена *EUROSID* – 1, а также:

- при испытании не должны открыться двери;
- после испытания все двери должны открываться;
- удерживающая система (ремни безопасности) должна открыться без применения дополнительного инструмента;
- манекен можно вынуть без его повреждения;
- в салоне не должно быть появиться острых кромок;
- в случае постоянной утечки жидкости из системы питания после столкновения эта утечка не должна превышать 30 г/мин; в том случае, если жидкость из системы питания смешивается с жидкостями из других систем и если не- возможно простым способом разделить различные жидкости и определить их количество, то постоянная утечка оценивается с учетом всей собранной жидкости.

Тележка

Тележка должна иметь колею 1500 ± 10 мм, базу 3000 ± 10 мм. Центр масс расположен внутри базы на расстоянии 1000 ± 30 мм от передней оси на продольной оси тележки с допуском ± 10 мм и на высоте 500 ± 30 мм.

Спереди на тележке установлен деформируемый барьер таким образом, чтобы его ударная поверхность находилась бы на расстоянии 2000 ± 30 мм от центра масс тележки. Ширина барьера 1500 ± 10 мм, высота 500 ± 5 мм. Дорожный просвет под барьером 260 ± 5 мм.

Барьер состоит из 6 блоков, выполненных из алюминиевых сот (рис. 181).

Блоки 1 и 3 идентичны, имитируют лонжероны и бампер автомобиля и имеют энергию полной деформации по 10 ± 2 кДж.

Блоки 5 и 6 идентичны, имитируют крылья автомобиля и имеют энергию полной деформации по $3,5 \pm 1$ кДж.

Блок 2 имитирует бампер и силовой агрегат автомобиля и имеет энергию полной деформации 14 ± 2 кДж.

Блок 4 имитирует капот, навесное оборудование двигателя и имеет энергию полной деформации 4 ± 1 кДж.

Следует заметить, что независимая организация *EuroNCAP* проводит еще один боковой краш-тест, при котором автомобиль движется боком (на специальной тележке) и ударяется точкой *R* водительского

сиденья о вертикальный столб на скорости 35 км/ч. Испытание чрезвычайно «жесткое» и без боковых поясничных подушек, смонтированных в спинке сиденья, и потолочных шторок безопасности пройти его невозможно.

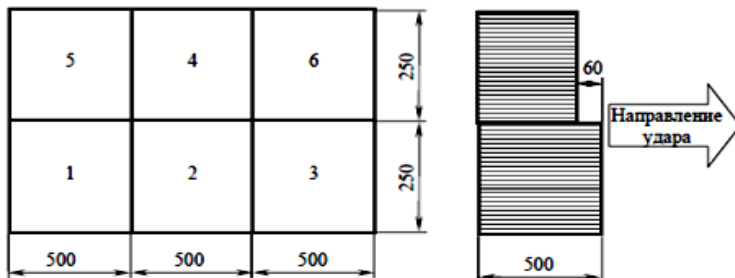


Рисунок 181 - Деформируемый барьер тележки при испытании по правилу ЕЭК ООН №95

Сертификационные испытания грузовых автомобилей

На *внутреннюю пассивную безопасность* при сертификации грузовые автомобили испытывают по Правилу ЕЭК ООН №29.

Кроме того, предъявляются требования к *внешней безопасности*:

- Правилем ЕЭК ООН №58 к задней противоподкатной защите;
- Правилем ЕЭК ООН №61 к выступам на задней панели кабины;
- Правилем ЕЭК ООН №73 к боковой противоподкатной защите;
- Правилем ЕЭК ООН №93 к передней противоподкатной защите;
- Глобальное Правило ООН № 1 (будет введено взамен правила ЕЭК ООН №11 с 1.01.2014 для автомобилей категорий N2 и N3) – Требования к замкам и петлям дверей.

Кратко рассмотрим внутреннюю пассивную безопасность.

Испытание по правилу ЕЭК ООН №29

Объект испытания.

Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов.

Испытания можно не проводить, если автомобиль прошел сертификацию по правилу ЕЭК ООН №33 (лобовое столкновение автомобилей категории M1 на скорости 50 км/ч с железобетонным блоком). Все испытания касаются кабины транспортного средства.

Испытание А. Испытание на удар спереди

Удар по кабине спереди осуществляется плитой, подвешенной на маятнике.

Маятник

Ударная плита маятника должна иметь массу 1500 ± 250 кг. Ударная поверхность должна иметь ширину 2500 мм, а высоту 800 мм. Края закруглены радиусом не менее 15 мм.

Радиус маятника (от точки подвеса до геометрического центра плиты) 3500 мм. Подвес плиты выполнен на двух двутаврах высотой сечения 100 мм с расстоянием между осями не менее 1000 мм.

Взаимное положение маятника и автомобиля

При вертикальном положении плиты маятника автомобиль должен касаться ее выступающей частью (рис. 182). Центр масс маятника должен находиться ниже точки R водительского сидения на 150 мм, но не выше 1400 мм от земли. Вертикальная ось симметрии маятника должна совпадать с продольной вертикальной плоскостью симметрии автомобиля.

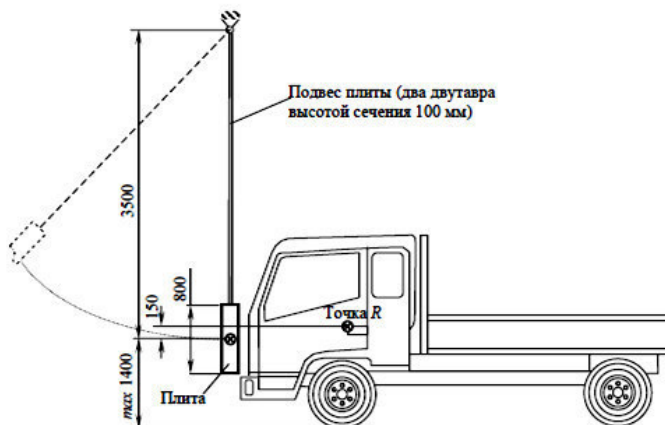


Рисунок 182 - Схема маятника и установки автомобиля при испытании по правилу ЕЭК ООН №29

Энергия удара

Если максимальная разрешенная масса автомобиля не превышает 7000 кг, то энергия удара должна составить 3000 кгс·м ($E = 29,43$ кДж), что обеспечивается подъемом центра масс маятника массой $m = 1500$ кг на высоту 2 м относительно исходного положения.

Если максимальная разрешенная масса автомобиля превышает 7000 кг, то энергия удара должна составить 4500 кгс·м ($E = 44,15$ кДж), что обеспечивается подъемом центра масс маятника массой $m = 1500$ кг на высоту 3 м относительно исходного положения.

Если масса маятника отличается от 1500 кг, то высоту подъема пересчитывают.

Испытание В. Прочность крыши

Испытанию может быть подвергнута только кабина, установленная на раме.

Крыша кабины должна выдержать нагрузку, равную нагрузке на переднюю ось автомобиля, но не более 98,1 кН (10 тс). При этом нагрузка должна быть равномерно распределена на все несущие элементы конструкции кабины.

Испытание С. Прочность задней стенки кабины

Испытанию может быть подвергнута только кабина, установленная на раме.

Задняя стенка кабины должна выдержать нагрузку 1962 Н (200 кгс) на каждые 9810 Н (1000 кгс) полезной разрешенной нагрузки автомобиля. Нагрузка должна быть распределена равномерно на всю площадь задней стенки кабины над лонжеронами рамы. Нагрузка должна действовать вдоль продольной оси автомобиля.

Испытание С необязательное.

Контролируемые параметры

После удара допускается деформация крепления кабины, однако кабина должна оставаться прикрепленной к раме.

Во время испытания двери не должны открыться, однако после испытания открытия дверей не требуется.

После испытаний А, В и С проверяется остаточное пространство в кабине.

На каждое из сидений должен поместиться и не касаться деформированных частей кабины манекен человека (50-й перцентиль взрослого мужчины). Манекен можно устанавливать по частям, но после сборки его точка Н должна совпадать с точкой R проверяемого сиденья, находящегося в среднем положении регулировок.

Сертификационные испытания автобусов

Автобусы подразделяются на две классификационные группы:

1. Вместимостью не более 22 пассажиров (маломестные):

- класс А – автобусы, в которых допускаются стоящие пассажиры;

- класс *B* – автобусы, в которых допускаются только сидящие пассажиры;

2. Вместимостью более 22 пассажиров и имеющие общую ширину свыше 2,30 м (крупногабаритные):

- класс *I* – автобусы, в которых допускаются стоящие пассажиры, при этом обеспечивается беспрепятственное перемещение пассажиров;

- класс *II* – автобусы, построенные главным образом для перевозки сидящих пассажиров и конструкцией которых допускается перевозка стоящих пассажиров в проходе и/или в месте для стоящих пассажиров, которое не превышает пространство, предусмотренное для двух двойных мест для сидения;

- класс *III* – автобусы, в которых допускаются только сидящие пассажиры.

Виды испытаний автобусов и их компонентов

Правило ЕЭК ООН №52 – Требования к общей конструкции маломестных автобусов.

Правило ЕЭК ООН №36 – Требования к общей конструкции автобусов большой вместимости.

Правило ЕЭК ООН №66 – Требования к прочности силовой структуры крупногабаритных автобусов (классов *I*, *II*, *III*).

Правило ЕЭК ООН №107 – Требования к общей конструкции автобусов категории *M2* и *M3*.

Правило ЕЭК ООН №118 – Требования по противопожарной безопасности к автобусам *II* и *III* классов.

Правило ЕЭК ООН №17 – Требования к сиденьям автобусов классов *I* и *A*.

Правило ЕЭК ООН №80 – Требования к сиденьям автобусов классов *B*, *II* и *III*.

Испытания автобусов по правилу ЕЭК ООН №66

Испытанию подлежат крупногабаритные автобусы *I*, *II* и *III* классов.

Основное испытание – опрокидывание автобуса на стенде (рис. 183).

Стенд представляет собой опрокидывающую платформу, на которую устанавливают автобус или, в случае многосекционных автобусов, отдельную секцию автобуса (рис. 184).

При испытании контролируется остаточное пространство внутри салона автобуса (рис. 185).

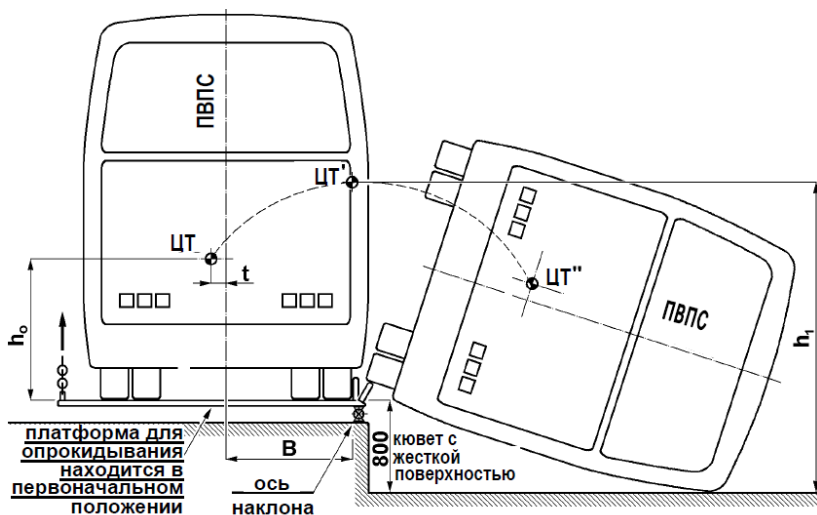


Рисунок 183 - Схема испытания автобуса на опрокидывание по правилу ЕЭК ООН №66

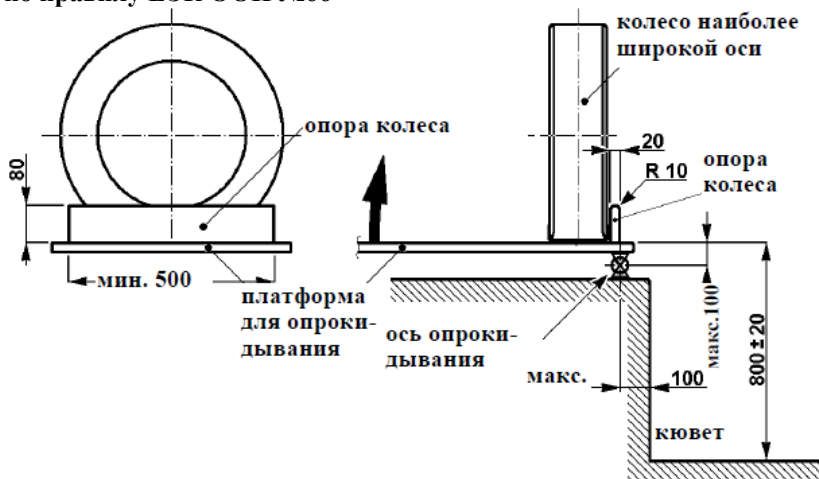


Рисунок 184 - Стенд для испытания автобуса на опрокидывание по правилу ЕЭК ООН №66

Кроме того, должны быть выполнены следующие условия:

- никакая часть транспортного средства, выходящая за пределы остаточного пространства в начале испытания (например, стойки, за-

щитные дуги, багажные полки), не должна в ходе испытания проникать в остаточное пространство. Никакие конструктивные части, которые первоначально находились в остаточном пространстве (например, вертикальные поручни, перегородки, мини-кухни, туалеты), при оценке проникновения в это пространство не учитываются;

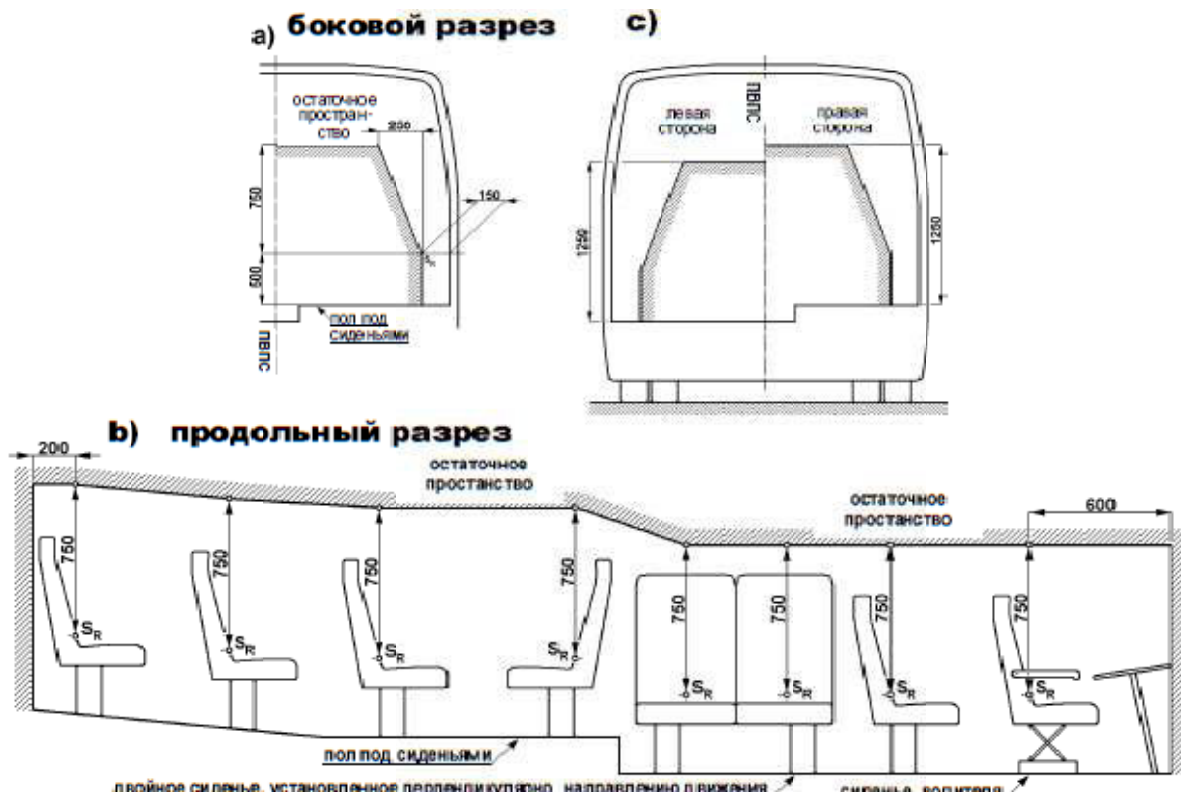
- никакая часть остаточного пространства не должна выступать за пределы контура деформированной конструкции. Контур деформированной конструкции определяется последовательно между каждым прилегающим окном и/или дверной стойкой. Между двумя деформированными стойками этим контуром должна являться теоретическая поверхность, определяемая прямыми линиями и соединяющая внутренние контурные точки стоек, которые до проведения испытания на опрокидывание находились на одинаковой высоте над уровнем пола;

- границы остаточного пространства транспортного средства определяются при помощи перемещения вертикальной и поперечной плоскости, границы которой обозначены на рис. 185, *a* и *c*, по длине транспортного средства следующим образом:

- точка *SR* находится на спинке каждого бокового сиденья, установленного в направлении движения либо против направления движения (или в предполагаемом положении) на высоте 500 мм над уровнем пола под сиденьем, на расстоянии 150 мм от внутренней поверхности боковой стенки. Колесные ниши и другие изменения высоты пола не учитываются. Эти же размеры используются и в случае сидений, установленных перпендикулярно направлению движения, в их плоскостях симметрии;

- если обе стороны транспортного средства не являются симметричными с точки зрения конфигурации пола и по этой причине высота точек *SR* различается, то ступенька между двумя линиями пола остаточного пространства принимается за продольную вертикальную плоскость симметрии транспортного средства (см. рис. 185 *c*);

- крайняя задняя граница остаточного пространства образуется вертикальной плоскостью, находящейся на расстоянии 200 мм позади точки *SR* наиболее удаленного назад бокового сиденья, либо внутренней стороной задней стенки транспортного средства, если она находится на расстоянии менее 200 мм позади точки *SR*;



- крайняя передняя граница остаточного пространства образуется вертикальной плоскостью, находящейся на расстоянии 600 мм перед точкой *SR* наиболее выступающего вперед сиденья (независимо от того, является ли оно сиденьем пассажира, члена экипажа или водителя) в наиболее выдвинутом вперед положении, которое допускается его регулировкой;

- остаточное пространство должно быть непрерывным в пассажирском салоне, отделении (отделениях) экипажа и водителя между наиболее удаленной назад и наиболее выдвинутой вперед плоскостью и должно определяться путем перемещения определенной вертикальной поперечной плоскости по длине транспортного средства по прямым линиям через точки *SR* по обе стороны транспортного средства. Позади точки *SR*, находящейся в наиболее удаленном назад положении, и перед точкой *SR*, находящейся в наиболее выдвинутом вперед положении, эти прямые линии являются горизонтальными.

5.2 Испытания тракторов

Сертификационные испытания тракторов - испытания типового образца (образцов) трактора, прицепа или компонента, на основании результатов которых делается заключение о соответствии трактора, прицепа или компонента требованиям безопасности технического регламента Таможенного союза (Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 20.07.2012 № 60 "О принятии технического регламента Таможенного союза "О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним" (вместе с "ТР ТС 031/2012. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним") [11].

При разработке критериев оценки безопасности тракторных кабин и методов их испытаний исходили из случаев травматизма, вида и характера деформации кабин при опрокидывании трактора, стремясь более точно имитировать реальные аварийные ситуации (причем наиболее типичные и опасные случаи) и нагрузки, которым подвергалась кабина. Первоначально защитную кабину или каркас устанавливали на тракторе, который опрокидывали назад и набок. Трактор при этом выходил из строя. Такие испытания обходились довольно дорого. Воспроизвести их в идентичных условиях было трудно, поскольку действующие на кабину силы изменялись в широких пределах в зависимости от того, каким образом кабина ударялась о грунт. На основании

исследований, проведенных в Швеции и Великобритании в 50-х годах, разработаны методы лабораторных испытаний защитных кабин и каркасов. Кабины испытывали ударами маятникового груза массой 2 т (это соответствовало массе трактора того времени) сзади и сбоку и приложением статической вертикальной нагрузки к крыше. Чтобы определить уровень энергии ударов, действующих на кабину или каркас, сравнивали вид и характер деформаций, возникающих при имитации реального опрокидывания трактора и при воздействии маятникового груза. В целях упрощения выбора режима нагружения уровня энергии удара соотносили только с массой трактора. Первоначально прочность кабины в горизонтальном направлении испытывали ударом сбоку и сзади. Затем на основании исследований, проведенных в Великобритании, признано необходимым наносить удар и спереди для проверки прочности кабины и в этом направлении. В итоге Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), включающей страны Западной Европы, Канаду, США, Австралию, Новую Зеландию, Югославию и Японию, разработана и принята "Стандартная методика официальных испытаний каркасов и кабин безопасности, устанавливаемых на сельскохозяйственных тракторах". Большинство стран членов ОЭСР имеет национальные испытательные станции и органы, ответственные за испытания. Они получают протоколы испытаний защитных кабин, подготавливают их результаты к публикации и периодически издают. Протоколы испытаний публикуют на английском и французском языках и высылают по требованию фирм-изготовителей. Параллельно ОЭСР работа по созданию методов испытаний защитных кабин и каркасов сельскохозяйственных тракторов проводится в рамках Международной организации по стандартизации (ИСО). В настоящее время наиболее распространены два метода испытаний динамический (нанесение ударов по кабине и приложение вертикальной статической нагрузки) и статический (приложение горизонтальной и вертикальной статических нагрузок). В СССР защитные свойства кабин и каркасов тракторов определяют в соответствии с ГОСТ 12.2.00281, в основу которого положены материалы стандартов ИСО 3463-84 и ИСО 5700-84.

Испытания с применением динамических нагружений проводят в такой последовательности. Для тракторов (без балластных грузов), у которых менее 50 % массы приходится на переднюю ось: удар сзади; приложение вертикальной статической нагрузки к задней части кабины; удар спереди; удар сбоку; приложение вертикальной статической нагрузки к передней части кабины.

Для тракторов (без балластных грузов), у которых 50 % и более массы трактора приходится на переднюю ось: удар спереди; удар сбоку; приложение вертикальной статической нагрузки к передней части кабины.

Испытания проводят на одной и той же кабине (каркасе), причем ремонт или выпрямление элементов кабины (каркаса) между испытаниями не допускается. Груз массой 2 т имеет форму прямоугольного параллелепипеда (рис. 186).

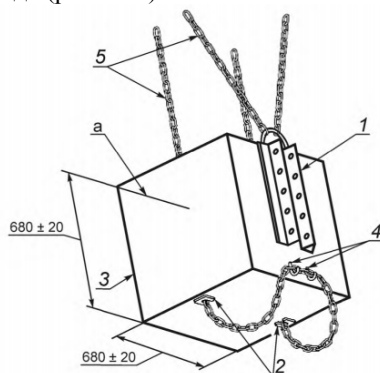


Рисунок 186 - Устройство маятникового блока

1 - крепление сбрасывающего механизма; 2 - устройство для регулировки высоты маятникового блока; 3 - поверхность маятникового блока предназначенная для ударного воздействия; 4 - крюки для поддержания запасных цепей; 5 - цепи крепления; а - ось центра тяжести блока

Масса цепей подвеса (не более 100 кг) в массу маятникового груза не входит. Ось подвеса груза располагают на высоте не менее 6 м от поверхности площадки.

При испытаниях трактор закрепляют на площадке с бетонным или другим жестким покрытием. Уклон площадки не более 1 °. Трактор крепят к балкам, вмонтированным в поверхность площадки, через натяжные устройства посредством стальных проволочных тросов, имеющих сечение круглой формы, мягкую сердцевину и прочность на разрыв 1800 МПа. Диаметр тросов для крепления тракторов массой до 5 т включительно должен быть не менее 13 мм, для тракторов массой свыше 5 т не менее 16 мм. Точки присоединения крепёжных элементов при нанесении удара сзади и спереди следует располагать в плоскости перемещения центра тяжести груза. После натяжения тросов под зад-

ние колеса спереди (при ударе сзади) или сзади (при ударе спереди) устанавливают деревянный брус сечением 150x150 мм (рис. 187, а, б). При нанесении удара сбоку (рис. 188) заднее и переднее колеса со стороны удара крепят к площадке тросами, а затем сбоку колес устанавливают и закрепляют брус сечением 150 x 150 мм.

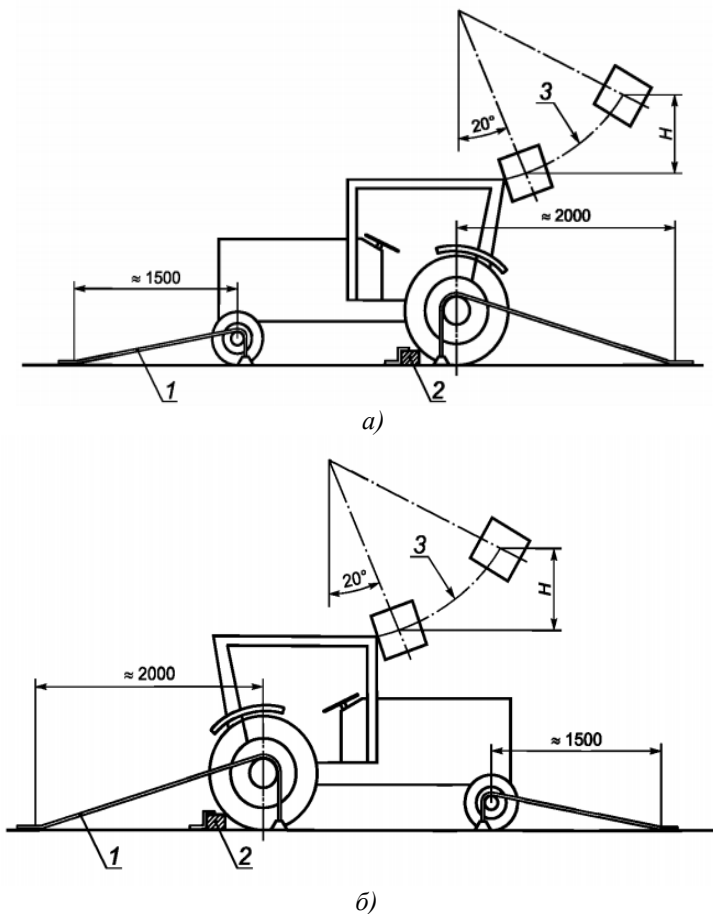


Рисунок 187 - Схема испытаний ударом:

а - ударом сзади; б - ударом спереди: 1 - трос; 2 - брус из мягкой древесины сечением 150x150 мм; 3 - траектория перемещения центра тяжести маятникового блока, проходящая через точку удара

Для фиксации заднего колеса применяют в распор брус, длина которого в 20...30 раз, а ширина в 2...3 раза больше его толщины. Давление в шинах и вертикальная их деформация вследствие натяжения тросов соответственно должны быть:

- 100 ± 10 кПа ($1,0 \pm 0,1$ кгс/см²) и 25 ± 3 мм - для тракторов с четырьмя ведущими колесами одинакового размера; 150 ± 10 кПа ($1,5 \pm 0,5$ кгс/см²) и 20 ± 3 мм в передних, 100 ± 10 кПа ($1,0 \pm 0,1$ кгс/см²) и 20 ± 3 мм в задних колесах для тракторов с четырьмя ведущими колесами, из которых передние меньше по размеру, чем задние;

- 200 ± 10 кПа ($2,0 \pm 0,1$ кгс/см²) и 15 ± 3 мм в передних, 100 ± 10 кПа ($1,0 \pm 0,1$ кгс/см²) и 25 ± 3 мм в задних колесах для трактора с задними ведущими колесами, причем передние колеса меньше по размеру, чем задние.

Перед испытаниями съемные окна, панели и непродохранительные элементы должны быть сняты. Положение груза и его цепей подвеса выбирают так, чтобы удар приходился в верхний край защитной конструкции. При этом ударяющая плоскость в момент удара должна совпадать с плоскостью, касательной элементу кабины (каркаса), по которому наносят удар, а нормаль, проведенная к нему, проходить через центр тяжести груза.

В момент удара сбоку ударяющая плоскость груза, цепи подвеса и поверхность элемента кабины должны быть параллельны и лежать в вертикальных плоскостях (рис. 188). Если из-за конструктивного исполнения кабины последнее невыполнимо, применяют дополнительное регулировочное устройство маятника. При испытаниях сиденье оператора устанавливают в заднее верхнее положение. Удар наносят по верхнему продольному элементу кабины перпендикулярно продольной вертикальной плоскости симметрии трактора со стороны, представляющей наибольшую опасность для оператора. Центр маятника должен лежать на расстоянии 200 мм впереди ТОС. Если на верхнем продольном элементе кабины выполнен выступающий элемент, воспринимающий первоначальный удар при опрокидывании трактора, то удар маятником следует наносить по этому элементу.

$H = 125 + 0,25M$ для тракторов массой 2...6 т. Удар сзади по верхней поперечной балке кабины наносят в точке, расположенной на расстоянии $2/3$ от средней вертикальной продольной плоскости трактора до вертикальной плоскости, которая касательна к внешнему краю кабины (каркаса) со стороны, противоположной стороне нанесения бокового удара.

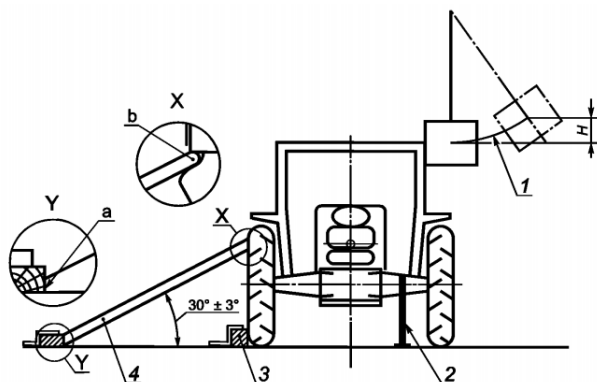


Рисунок 188 - Схема проведения испытаний при ударе сбоку:

ку:

1 - траектория перемещения центра тяжести маятникового блока, проходящая через точку удара; 2 - крепления трактора; 3 - брус из мягкой древесины сечением 150x150 мм; 4 - деревянный упор; а - заостренный торец упора; b - скругленный торец упора для обеспечения контакта с ободом колеса

$$H = 2,165 \cdot 10^{-6} ML$$

где M - эксплуатационная масса трактора без масс снимаемого балласта и оператора, кг; L - база трактора, мм.

Кабины (каркас) тракторов, у которых 50 % и более массы приходится на переднюю ось, ударом сзади не испытывают. Удар спереди наносят ближе к стороне, по которой ударяют сбоку. В этом случае высота подъема маятника

$H = 125 + 0,02M$ для тракторов массой 2...6 т. Для приложения вертикальной статической нагрузки трактор поднимают, устанавливая на козлы и закрепляют за оси (рис. 189) так, чтобы нагрузка передавалась не через колеса, а через брус шириной 250 мм. Брус размещают поперек заднего (в случае нагружения этой части кабины) и переднего наивысших элементов кабины. Результирующая нагрузка, по значению численно равная удвоенной эксплуатационной массе трактора, должна действовать в плоскости, перпендикулярной его вертикальной продольной плоскости симметрии. Нагрузку прилагают в течение 5 с после прекращения любого визуально определяемого перемещения элементов кабины (каркаса). Если передняя часть крыши кабины (каркаса) не выдерживает силу сжатия, то нагрузку прилагают до тех пор, пока крыша кабины, деформируясь, не войдет в контакт с

плоскостью, соединяющей верхнюю часть кабины (каркаса) с капотом трактора. Затем нагрузку снимают, трактор устанавливают в таком положении, чтобы нагрузка действовала на ту часть конструкции, которая может служить опорой трактору при его полном опрокидывании. Затем вновь прилагают вертикальную статическую нагрузку, равную удвоенной эксплуатационной массе трактора.

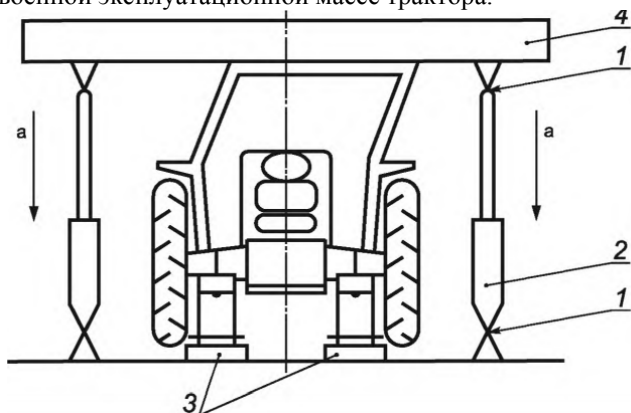


Рисунок 189 - Схема проведения испытаний вертикальным нагружением:

1 - универсальный шарнир; 2 - гидравлический цилиндр; 3 - опоры; 4 - жесткая балка; а - направление усилия разрушения

В процессе испытаний измеряют упругие и остаточные деформации элементов кабины (каркаса), регистрируют их разрушение или появление трещин, причем измерение деформации и регистрацию трещин и разрушений проводят при каждом режиме нагружения. Для оценки нарушения зоны свободного пространства можно применить конструкцию, размеры которой соответствуют зоне на рисунке 189. Если кабина (каркас) предназначена для использования на других моделях тракторов, то испытания не проводят при выполнении следующих условий: эксплуатационная масса трактора не превышает эксплуатационную массу испытанного трактора более чем на 5 %; колесная база равна базе испытанного трактора; способ установки кабины (каркаса) и элементы трактора, на которые устанавливают кабину (каркас), идентичны и равнопрочны; любые детали, такие как крылья и капот, которые могут служить опорой для кабины (каркаса), идентичны или обеспечивают аналогичную опору; расположение и геометрические размеры сиденья в кабине (каркасе) идентичны испытанной

модели. Испытания с применением статического нагружения проводят в такой последовательности. Для тракторов (без балластных грузов), менее 50 % массы которых приходится на переднюю ось:

- горизонтальное нагружение сзади;
- приложение вертикальной статической нагрузки к задней части кабины;
- горизонтальное нагружение сбоку;
- приложение вертикальной статической нагрузки к передней части кабины;
- дополнительное горизонтальное нагружение спереди, если трактор имеет откидывающуюся назад кабину.

Для тракторов (без балластных грузов), 50 % и более массы которых приходится на переднюю ось:

- горизонтальное нагружение спереди;
- приложение вертикальной статической нагрузки к передней части кабины;
- горизонтальное нагружение сбоку;
- приложение вертикальной статической нагрузки к задней части кабины;
- дополнительное нагружение сзади (если кабина откидывается вперед).

Для приложения горизонтальной статической нагрузки трактор устанавливают и закрепляют на опорной площадке таким образом, чтобы нагрузка на колеса не передавалась. Схемы приложения статических нагрузок приведены на рисунке 190, а, б.

В процессе испытаний не должно быть видимой деформации опорных устройств. Аналогично проведению динамических испытаний с трактора убирают панели, окна и элементы, которые могут быть сняты при эксплуатации, а сиденье устанавливают в заднее верхнее положение. Стенд для статических испытаний кабин оснащают приборами для измерения прилагаемого усилия и деформации кабины (каркаса). Усилия определяют через каждые 15 мм деформации кабины. Устройство для измерения усилия и деформации следует располагать так, чтобы обеспечить регистрацию нагрузки и деформации в точке и вдоль линии нагружения. Скорость приложения, горизонтальной нагрузки сзади, спереди или сбоку должна быть не более 5 мм/с.

Нагрузки спереди и сзади прилагают к верхнему поперечному элементу конструкции в направлении, параллельном продольной плоскости симметрии кабины (каркаса).

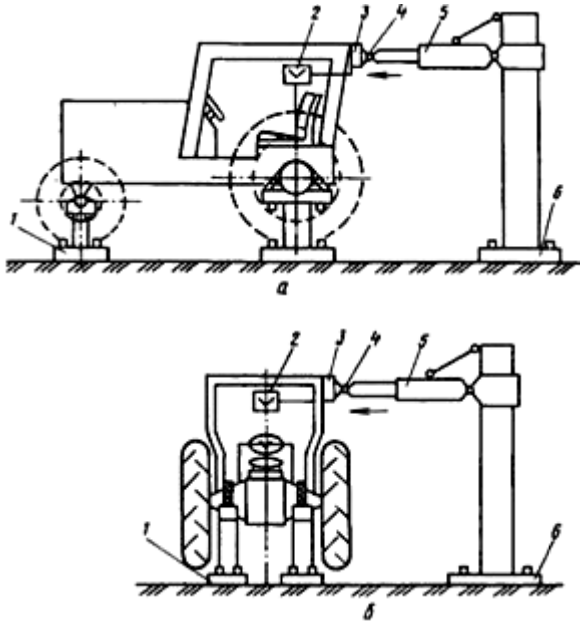


Рисунок 190 - Схема проведения испытаний статическим нагружением:

а - продольным; б - боковым: 1 - опоры под осями; 2 - устройство для измерения деформации; 3 - стальная накладка; 4 - универсальный шарнир; 5 - гидравлическое устройство; 6 - крепежное устройство

$E_{\sigma} = 1,75M$ Вертикальную статическую нагрузку, равную удвоенной эксплуатационной массе трактора, прилагают к задней и передней частям кабины так же, как и при динамических испытаниях. При наличии откидывающейся вперед (назад) кабины необходимо дополнительное горизонтальное нагружение сзади (спереди) к противоположно расположенному и наиболее удаленному углу кабины от первоначального горизонтального нагружения. Энергию при таком нагружении определяют по формуле

$E_{\sigma} = 0,35M$ Испытания кабины (каркаса) прекращают в двух случаях:

1) энергия деформации равна или больше величины, полученной по приведенным выше выражениям;

2) нарушена зона свободного пространства, определенная ГОСТ 12.2.01986.

В первом случае, если нет видимых трещин, разрывов и зона свободного пространства не нарушена, кабина (каркас) считается прошедшей испытания, во втором случае кабин (каркас) считается не прошедшей испытания. Кабину считают не прошедшей испытания и в том случае, если соблюдены условия об уровне поглощаемой энергии и не нарушена зона свободного пространства, но в элементах кабины имеются трещины, разрывы сварных швов. Преимущества статических испытаний: более безопасные условия для обслуживающего персонала; большая наглядность; возможность оценить работу того или иного узла кабины и выявить наиболее слабые; меньший объем помещения для проведения испытаний. При динамических же испытаниях кабины трактора массой 50 т высота точки подвеса груза должна быть равна 18 м. Несмотря на то что метод статических испытаний кабин стандартизован ИСО и ОЭСР, поиски соответствия значений прилагаемых энергий при статическом и динамическом испытаниях продолжаются. По данным работы, при статическом нагружении на деформацию защитного каркаса до зоны свободного пространства требуется 50... 60 % расчетной энергии удара при динамических испытаниях, а на деформацию, соответствующую фактически получаемой при динамическом нагружении, 40...50 %. Сравнение статических и динамических испытаний, проведенных в Швеции (1975 г.) на кбинах тяжелых тракторов, показало, что энергия статической деформации составляла около 80 % соответствующей энергии удара при одинаковой деформации. В США испытания защитных кабин и каркасов сельскохозяйственных тракторов проводят в соответствии со стандартами ASAE J 336.1, SAE J 334B, SAE J 168A, SAE J 167A, несколько отличающимися от международных. Например, режимы нагружения в этих стандартах идентичны, а оценочные параметры, регламентирующие условия приемки, различны. Подготовка трактора и защитного устройства к испытаниям, его крепление, применяемое оборудование и точки приложения нагрузки, указанные в стандартах ИСО, ОЭСР, SAE и отечественном, одинаковы. Стандартами ОЭСР и SAE J 334B предусмотрены натурные опрокидывания трактора, причем в обоих случаях они не обязательны и проводятся в основном по желанию изготовителя кабины. Согласно стандартам SAE натурные испытания представляют собой опрокидывание трактора набок и назад. Проводят их по желанию изготовителя кабины либо в случае, если при динамическом или статическом нагружении поглощенная защитной конструкцией энергия на

15 % Менше расчетной, определенной по формулам стандарта. Стандарт SAE J 167a регламентирует испытания на статическое вертикальное нагружение - раздавливание. Вертикальное статическое нагружение по стандартам SAE обязательно, но если его проводят, нагрузку прилагают только к точке, расположенной на 152 мм впереди от ТОС. По стандартам SAE для ударов сзади и сбоку принята одна и та же высота подъема маятника; в то время как по стандартам ОЭСР и ИСО 346384 высота подъема маятника при ударе сзади значительно меньше, чем при ударе сбоку (для тракторов массой до 6 т). В стандарте SAE J 334В при оценке защитных свойств кабин в качестве оценочного параметра установлен коэффициент запаса прочности узлов крепления каркаса к остову. В стандарте ASAE 336.1 такой параметр не предусмотрен. В стандартах SAE, ИСО и отечественных для проведения испытаний защитных конструкций принята температура 0 °F (-18 °C). Рассмотренные стандарты относятся к колесным сельскохозяйственным тракторам, причем динамические испытания по ИСО 346384 ограничивают массу испытуемого трактора до 6 т, а ИСО 570084 - до 14 т.

По правилам техники безопасности защитные кабины или каркасы следует устанавливать на все колесные сельскохозяйственные тракторы. Если необходимо оценить защитную кабину трактора, масса которого более 14 т, то в таких странах, как Швеция, при динамических испытаниях используют маятник массой 5 т, а уровни прилагаемой энергии удара рассчитывают по формулам стандарта ОЭСР, используя нижние значения уровня. Несмотря на то что еще нет обоснованной методики испытаний защитных свойств кабин гусеничных сельскохозяйственных тракторов, уже начинают вводить требования об обязательной их установке. Так, в США правилами OSHA с 1976 г. предусмотрена установка защитных устройств на все колесные и гусеничные сельскохозяйственные тракторы. Разработка международных методов испытаний защитных кабин гусеничных тракторов находится в стадии поиска.

Контрольные вопросы:

- 1. В чем отличие сертификационных от других видов испытаний?*
- 2. По каким показателям проводятся сертификационные испытания автомобилей?*
- 3. По каким показателям проводятся сертификационные испытания тракторов?*

6 ПЛАНИРОВАНИЕ ИСПЫТАНИЙ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

6.1 Планирование испытаний

Планирование испытаний должно обоснованно определить что, когда и как делать для достижения сформулированных целей. Планирование любых видов испытаний отражается в рабочей программе, являющейся организационно-методическим документом, и в методике испытаний, являющейся методически-технологическим документом, отражающим подробный порядок и технологию проведения испытаний. Иначе говоря, при составлении программы испытаний мы отвечаем на вопрос – что мы делаем на испытаниях, при составлении методики – как мы делаем.

В программу испытаний, как правило, включаются следующие разделы:

1. *Основание* для проведения испытаний (распоряжение главного конструктора, появление рекламаций, просьба эксплуатирующих организаций и т. п.

2. *Характеристику объекта* испытаний с указанием полного наименования машины, индекса и обозначения, количества испытываемых образцов и их пробег (наработка) до начала испытаний, описание конструктивных особенностей, влияющих на измеряемые показатели, и другие сведений, в том числе о предыдущей модели и об аналоге для сопоставления полученных результатов испытаний.

3. *Цель испытаний* с указанием конкретных задач, которые должны быть решены как в процессе проведения экспериментов, так и по их завершении при анализе результатов.

4. *Общие положения* с указанием:

- перечня документов на проведение испытаний;
- места и сроков проведения испытаний;
- перечня ранее проведенных испытаний, в том числе стендовых и поагрегатных, поясняющих состояние доработки конструкции;
- перечня руководящих документов, используемых при проведении испытаний;
- обоснования последовательности и методов проведения экспериментов.

5. *Подготовку объектов испытаний* – приёмку автомобилей, обкатку, регулировку систем и механизмов (если это необходимо)

монтаж и расположение испытательного оборудования, настройку и тарировку аппаратуры.

Перед началом испытаний производят подготовку автомобиля к экспериментам, которая заключается в отборе, приёмке обкатке образца. Способ отбора зависит от вида испытаний. Для контрольных испытаний нельзя отбирать лучшие образцы, устранять производственные дефекты, выполнять дополнительные регулировки и другие мероприятия, оказывающие влияние на качество изготовления и сборки автомобиля. При приёмочных и ресурсных испытаниях можно перед началом экспериментов устранять случайные дефекты и неполадки, выполнять дополнительные регулировки с целью приведения автомобиля в соответствие с требованиями технических условий и конструкторско-технологической документации. При приёмке автомобиля завод-изготовитель представляет организации, проводящей испытания, всю необходимую техническую документацию.

Техническое состояние автомобиля определяют при осмотре, устанавливая исправность автомобиля в целом и его отдельных агрегатов с помощью средств технической диагностики. Осмотр производят без снятия и разборки механизмов. Осмотром определяют:

- комплектность автомобиля в целом, его оборудования, снаряжения, инструмента и других составляющих, предусмотренных конструкторской;

- наличие видимых повреждений или некачественного выполнения деталей, окраски, обивки, оборудования и др.;

- наличие неокрашенных поверхностей, не покрытых защитными мастиками, коррозии, трещин, некачественной сварки, повреждённых стёкол, уплотнений, подтеканий, качество отделки и декоративных деталей.

При осмотре автомобилей текущего производства, кроме того, проверяется наличие знаков приёмки ОТК на агрегатах, пломб на механизмах (спидометр, карбюратор, щиток приборов и др.). Кроме того, проверяется:

- наличие предусмотренного техническими условиями количества масел и жидкостей в агрегатах и узлах;

- герметичность соединений гидравлических и пневматических систем (тормозов, рулевого управления, регуляторов давления воздуха в шинах, приводов навесного и прицепного оборудования);

- затяжку креплений, шплинговку;

- исправность тягово-сцепных устройств;

- состояние аккумуляторных батарей;

- регулировку подшипников колёс;
- компрессию в цилиндрах двигателя;
- температурные режимы работы агрегатов и систем;
- давление масла в двигателе;
- свободные хода органов управления;
- наличие зазоров трансмиссии;
- обороты холостого хода двигателя;
- давление в шинах, дисбаланс колёс;
- рабочие характеристики двигателя, агрегатов и систем.

–регулировку фар, приборов зажигания (опережение впрыска топлива и др.), регуляторов напряжения, натяжения ремней, зазоры в клапанном механизме, хода педалей, регулировку тормозных механизмов, регулировку углов установки управляемых колёс.

Все результаты технического осмотра образцов заносят в журнал испытаний. К подготовительным операциям при ресурсных испытаниях относится первоначальная проверка размеров деталей, износ которых будет определяться, и обязательная их маркировка.

Некоторые виды испытаний проводят с эталонными агрегатами, характеристики которых полностью соответствуют техническим условиям и не изменяются в процессе испытаний.

Эталонные агрегаты применяют в тех случаях, когда изменение характеристик может отразиться на показателях эксплуатационно-технических свойств автомобиля. К числу эталонных агрегатов относятся: топливоподающая аппаратура двигателей, распределитель и свечи зажигания, агрегаты и узлы тормозных систем и рулевого управления, амортизаторы, шины и др. Перед установкой на автомобиль проверяется сертификат на эталонный агрегат и производится обкатка.

После устранения дефектов, препятствующих нормальной безопасной работе автомобиля и его агрегатов, устанавливают испытательную аппаратуру или проводят подготовительные работы для её быстрого монтажа и настройки.

Обкатку нового автомобиля проводят в соответствии с требованиями заводской инструкции по эксплуатации машины с целью предотвращения повреждения деталей при больших нагрузках и скоростях движения. Испытания, связанные с высокими скоростями движения и с большими нагрузками на детали, следует : назначать после пробега 3...5 тыс. км, (окончательная приработка сопряжённых деталей достигается только после пробега 10...20 тыс. км.). Как правило, перед испытаниями назначается дополнительная дорожная обкатка.

Ускорению приработки и предотвращению повышенных износов и повреждений (задиrow) трущихся поверхностей деталей способствует применение во время обкатки специальных масел и присадок (добавление в масла олеиновой или стеариновой кислот в количестве до 1 % ускоряет процесс приработки почти в 2 раза).

Перед обкаткой на автомобиле все агрегаты проходят холодную (принудительное вращение) и горячую (для двигателя это работа на средних оборотах с использованием сертифицированного топлива) обкатки на стендах.

Техническое обслуживание автомобиля в процессе испытаний должно проводиться в соответствии с заводской инструкцией по эксплуатации и действующим положением о техническом уходе, обслуживании и ремонте.

Метеорологические условия оказывают существенное влияние на стабильность результатов дорожных испытаний. Определять большинство эксплуатационно-технических параметров рекомендуется в сухую погоду при температуре воздуха от +5 °С до +25 °С. Скорость ветра не должна превышать 3 м/с. Измеренную анемометром, скорость ветра, его направление, а также другие метеорологические условия фиксируют в журнале испытаний (или в протоколе).

Тепловые режимы агрегатов автомобиля обуславливаются их нагрузочными и скоростными режимами работы и температурой внешней среды. Тепловое состояние агрегатов испытываемых образцов контролируется дистанционными термометрами. Перед началом испытаний агрегаты автомобиля должны быть прогреты пробегом, указанным в методике испытаний (обычно время пробега устанавливается от 30 мин. до 1 часа в зависимости от внешней температуры и условий испытаний).

Весовые состояния (нагрузка) автомобилей в процессе испытаний зависят от вида испытаний назначения экспериментов, интенсивности их проведения и указываются в методике испытаний. При всех видах испытаний параметры, регламентируемые международными правилами, стандартами, инструкциями и другими нормативными документами, определяются при весовых нагрузках, указанных в этих документах.

При проведении испытаний должны строго соблюдаться меры по обеспечению безопасности водителей, обслуживающего персонала и наблюдателей, а также меры по обеспечению сохранности автомобиля и установленных на нем приборов и устройств. Водители-испытатели, должны иметь опыт вождения автомобилей с высокими

скоростями, в сложных дорожных условиях, в экстремальных случаях. На испытываемом автомобиле могут находиться только водитель и один контролёр-испытатель. Оба должны быть пристёгнуты ремнями безопасности и иметь шлемы. При проведении испытаний, связанных с повышенной опасностью (на управляемость, на устойчивость, пассивную безопасность, движение с высокими скоростями, экстренное торможение и др.), на месте испытаний должны находиться представитель службы безопасности движения, медицинское и противопожарное обеспечение.

6. *Условия и порядок* проведения испытаний, где указываются:

– характеристика места и оборудования (специальные испытательные сооружения, дороги) для испытаний;

– метеорологические условия и допустимые отклонения условий испытаний от заданных в соответствующей документации или тактико-технических заданиях;

– требования к загрузке, техническому обслуживанию, заправке горюче-смазочными материалами и хранению испытываемой машины. При испытаниях автомобилей обязательным условием является использование сертификатных горюче-смазочных материалов, (сертификат – это документ, удостоверяющий качество продукции). Топливо и смазочные материалы должны соответствовать маркам, указанным в инструкции по эксплуатации машины.

Фактические характеристики применяемых материалов проверяют контрольными анализами. На весь период испытаний желательно организовать специальный пункт заправки топливом, маслами и рабочими жидкостями.

Условия хранения испытываемых образцов должны исключать возможность изменения технического состояния машин, нарушения их комплектности, регулировок, бесконтрольной заправки топливом или его слива, замены смазок, неплановых ремонтов и т. п.;

– взаимодействие организаций, участвующих в испытаниях;

– материально-техническое обеспечение, в том числе различные технические средства, расходуемые материалы и запасные части, транспортное обслуживание, необходимая конструкторская и технологическая документация;

– метрологическое обеспечение, включая применяемые измерительные приборы, необходимые для достижения требуемой точности результатов;

– тепловые режимы агрегатов в процессе испытаний;

– требования к квалификации основного и вспомогательного персонала, выполняющего испытания и обслуживанию;

– общая организация испытаний – суточный пробег, обеспечение отдыха испытателей, оплата труда и пр.

– требования по технике безопасности.

7. *Объёмы испытаний*, где предусматриваются:

– перечень этапов испытаний и экспериментов, их последовательность;

– нагрузочные и скоростные режимы испытаний, их плановые изменения;

– перечень количественных и качественных показателей эксплуатационных и функциональных свойств и параметров машины, подлежащих определению;

– характеристики дорожно-климатических условий испытаний;

– продолжительность испытаний, в том числе сезонную;

– общая наработка (пробег) машины в процессе испытаний;

– цикличность испытаний (при необходимости).

8. *Отчетность* с указанием:

– перечня отчетных документов, оформляемых в процессе испытаний и после их завершения, порядок их согласования, утверждения, представления и хранения;

– требований рассылки или предъявления отчетных документов.

Любой вид испытаний должен завершаться оставлением технического отчёта. В процессе испытаний оформляются протоколы, акты, журналы испытаний, карты измерений, ведомости, которые при необходимости иллюстрируют фотографиями, осциллограммами, графиками, схемами, таблицами и т. п. Эти материалы составляют основу технического отчёта, который строится по следующей схеме (в соответствии с ГОСТ 19 600-74):

– введение, определяющее цель и вид проведенных испытаний, основание для их проведения и организацию, проводившую испытания;

– техническую характеристику объекта испытаний;

– общие условия проведения испытаний;

– условия и методики проведения экспериментов, выполненный объём опытов, приборы и оборудование, применённые в испытаниях, их характеристики, результаты испытаний по всем разделам программы;

– данные осмотров, измерений износов, выявленные отказы и неисправности, произведенные регулировки и ремонты, израсходованные запчасти;

– анализ и оценку результатов испытаний;

– перечень выявленных недостатков автомобиля, их причины и рекомендации по устранению;

– заключение в соответствии с задачами отдельных видов испытаний.

9. *Приложения*, в которых указываются: перечень нормативно-технических документов, применяемых при испытаниях, и другие отечественные и международные поясняющие или справочные материалы.

6.2 Погрешности измеряемых величин

Результаты испытаний состоят из тех или иных измерений, оценивающих как общее состояние испытуемой машины, так и состояние её узлов и деталей. Задачей обработки результатов измерений является получение оценки истинных значений измеряемых физических величин и их погрешностей [9].

Измерение – это нахождение значения физической величины опытным путём с помощью специальных технических средств.

Под погрешностью результата измерений или просто погрешностью измерений понимается отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой физической величины.

Можно выделить 4 основные группы погрешностей измерений:

- погрешности, обусловленные методиками выполнения измерений (погрешность метода измерений);

- погрешность средств измерений;

- погрешность органов чувств наблюдателей;

- погрешности, обусловленные влиянием условий измерений.

Все эти погрешности дают суммарную погрешность измерения. Принято разделять суммарную погрешность измерений на две составляющие – случайную и систематическую погрешности измерений.

Случайная погрешность измерения – составляющая погрешности результатов измерений, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) в повторных наблюдениях, проведенных с одинаковой тщательностью одной и той же физической величины.

Систематическая погрешность измерения – составляющая погрешности результата измерений, остающаяся постоянной или же закономерно изменяющаяся при повторных наблюдениях одной и той же физической величины.

В результатах измерений чаще всего присутствуют эти обе составляющие.

Случайная составляющая погрешности результата измерений объясняется следующими основными причинами:

- неточность (перекос) установки измерительного инструмента;
- погрешность установки начала отсчёта;
- изменение угла наблюдения;
- усталость глаз;
- изменение освещённости.

Систематическая погрешность возникает из-за несовершенства метода выполнения измерений, неточного знания математической модели измерений, погрешностей средств измерений, из-за влияния погрешностей градуировки и поверки средств измерений.

Случайная погрешность характеризует такое качество, как точность измерений, а систематическая – правильность измерений.

Различают погрешности абсолютные и относительные.

Абсолютная погрешность (Δ) – погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность – это безразмерная величина, определяющаяся отношением абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой физической величины, она выражается в процентах (%).

Иногда берётся отношение абсолютной погрешности к максимальному значению физической величины, которое может быть измерено данным средством измерения (верхний предел шкалы прибора). Это так называемая приведённая погрешность.

$$\delta = \frac{\Delta}{A_0} 100\% ,$$

где A_0 - действительное значение измеряемой физической величины. QД

Промех (грубая погрешность) – случайная погрешность результата отдельного наблюдения, которая для данных условий резко отличается от отдельных результатов этого же ряда.

Промех при испытаниях колёсных и гусеничных машин возникает в результате сбоя в работе аппаратуры, скачка напряжения электропитания, внешнего ударного воздействия по причине не-

денного наезда колесом или гусеницей на дорожную неровность или неправильных действий экипажа, допустившего грубую ошибку при работе с аппаратурой.

Если такой сбой произошел, его необходимо, по возможности, зафиксировать или отметить (на светолучевых осциллографах на фотобумаге обычно делали отметку нажатием специальной кнопки). Затем при обработке результатов участок характеристики, являющейся промахом, обычно не учитывают.

По результатам испытаний их исполнителем, как правило, составляются соответствующие документы (отчёты, протоколы испытаний). В них либо представляются измеренные параметры для последующей обработки их заказчиком, либо представленные данные уже обработаны исполнителем, систематизированы и представлены в виде графиков, характеристик, гистограмм и таблиц. В каком виде исполнитель испытаний не представлял бы материалы заказчику, он обязан приложить к документу свидетельства точности измеренных величин. Это могут быть приложенные тарировочные характеристики измерительных приборов и датчиков или сводная таблица погрешностей измеренных величин. После выявления погрешностей можно реально представлять точность измеренных физических величин, на их основе делать выводы о состоянии и работоспособности конструкции машины и её агрегатов, а также строить графические характеристики исследуемых процессов и закономерностей.

6.3 Обработка результатов испытаний

В процессе испытаний требуется не только получить значение измеряемого параметра, но и оценить его точность и надежность. Требуется знать – к каким ошибкам может привести замена неизвестного параметра a его точечной оценкой $a \sim$ (точечная оценка – оценка, которая определяется одним числом) и с какой степенью уверенности можно ожидать, что эти ошибки не выйдут за известные пределы. Такого рода задачи особенно актуальны при малом числе наблюдений, когда точечная оценка в значительной мере случайна и приближенная замена может привести к серьезным ошибкам. Чтобы дать представление о точности и надежности оценки, в математической статистике пользуются так называемыми доверительными интервалами и доверительными вероятностями [9].

Интервальной называют оценку, которая определяется двумя числами – концами интервала. Все оценки параметров распределения

выборки носят случайный характер и от параметров генеральной совокупности могут сильно отличаться.

Статистическая обработка результатов проводится следующим образом:

1. Определяют среднее арифметическое значение \bar{x} :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n},$$

где \bar{x} - значение измеряемого параметра; n – количество измерений

2. Определяют стандартное среднеквадратичное отклонение отдельного измерения S_n , которое является мерой разброса опытных данных и характеризует случайную ошибку метода испытаний, по формуле:

$$S_n = \sqrt{\frac{(\bar{x} - x_1)^2 + (\bar{x} - x_n)^2}{n - 1}}.$$

Стандартное среднеквадратичное отклонение любого прямого измерения связано с доверительной границей погрешности отдельного прямого измерения следующим образом:

$\bar{x} \pm S_n$ будет охватывать в среднем 67,21 % результатов;

$\bar{x} \pm 2S_n$ будет охватывать в среднем 95,45 % результатов;

$\bar{x} \pm 3S_n$ будет охватывать в среднем 99,73 % результатов.

Эти крайние величины необходимы для того, чтобы оценить насколько можно полагаться на одно отдельное измерение, что важно при техническом контроле, когда проводят только одно измерение.

3. Определяют среднеквадратичное отклонение среднего арифметического значения S_r :

$$S_r = \frac{S_n}{\sqrt{n}},$$

которое характеризует точность метода измерения.

Показатель точности исследования (E , %) определяют по формуле:

$$E = \frac{S_r}{\bar{x}} 100.$$

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если $E \leq 10$ %.

Контрольные вопросы:

1. Требования к планированию испытаний.
2. Требования к созданию программы испытаний.
3. Условия и порядок проведения испытаний.
4. Методы обработки результатов испытаний.

7 ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

7.1 Лабораторная работа №1

Тема: Определение центра тяжести трактора

Цель работы: 1. Определить координаты центра тяжести трактора.
2. Определить параметры, характеризующие устойчивость трактора.

Методика: Координаты центра тяжести определяется методом взвешивания.

Оборудование: 1. Трактор TZ-4К-14.
2. Подъемное устройство – таль.
3. Динамометры; ДПУ-0,5-2.
4. Измерители: линейка, рулетка, штангенлинейка.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1 Координаты центра тяжести трактора

1.1 Продольно – горизонтальная координата

Центр тяжести – точка приложения равнодействующей силы тяжести трактора или автомобиля. Трактор собран из деталей и механизмов. Любое тело имеет координаты. К центру тяжести приложена сила веса трактора G , вектор которого направлен к центру Земли.

Координаты центра тяжести:

Методом взвешивания определяются координаты, для чего вывешиваются через динамометр талью задние колеса трактора. Под передние колеса ставится проставка, чтобы трактор был в горизонтальном положении. Такая же последовательность при взвешивании через передние колеса.

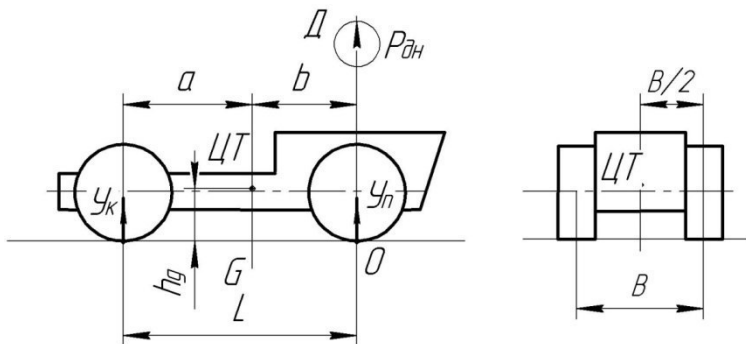


Рисунок 191 – Центр тяжести и реакции опорных колес:

a - расстояние центра тяжести относительно задних колес (оси); *b* - расстояние центра тяжести относительно передней оси.

На основании статики по принципу Даламбера можно записать уравнения (рис. 191):

$$\sum P_y = 0 \quad Y_k(P_{\partial з}) + Y_n(P_{\partial н}) = G, \theta;$$

$$\sum M_O = G \cdot b - Y_k(P_{\partial з}) \cdot L = 0$$

$$b = \frac{Y_k(P_{\partial з})L}{G},$$

$$a = L - b$$

При конструировании трактора конструкторы стараются центр тяжести расположить в середине, так как это влияет на устойчивость при уклоне и повороте.

Трактор предназначен для выполнения различных сельскохозяйственных работ. Сзади трактора навешивается СХМ и при работе равнодействующая машинотракторного агрегата $G_{агр}$ будет смещаться назад. Необходимо, чтобы на всех ведущих колесах усилие было одинаково. У трактора К -701 без нагрузки работает передний мост, при прицеплении равнодействующая перемещается назад, поэтому включается задний мост. При конструировании тракторов сельскохозяйственного назначения центр тяжести перемещается немного вперед.

1.2 Вертикальная координата

При проведении соревнований машин мы видим, что они приземистые, т.е. центр тяжести смещен как можно ниже, но у трактора он расположен высоко. При действии равнодействующей через точку

опоры и в равновесии, динамометр показывает O . Тогда, $G \sin \alpha = P'_{\partial 3} \sin \alpha$.

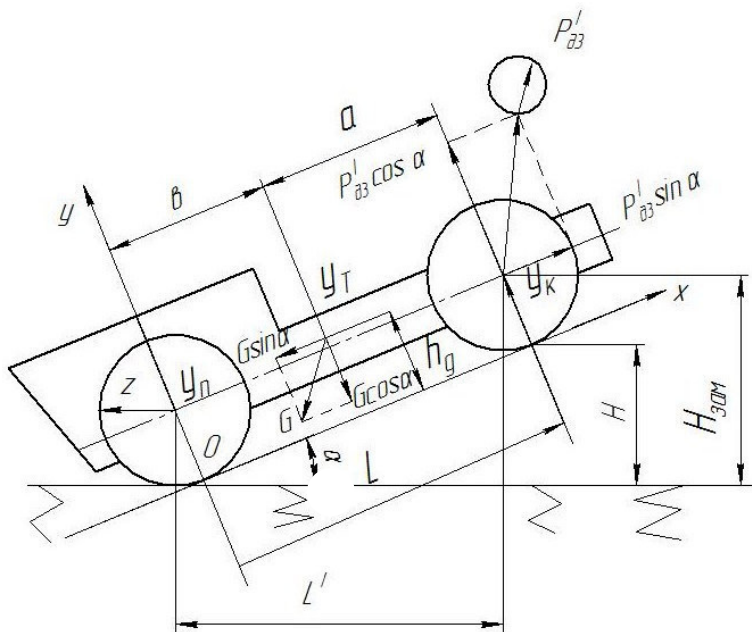


Рисунок 192 – Определение координат центра масс трактора с помощью динамометра

Составим сумму моментов всех сил относительно точки O

$$\sum M_O = G \cdot \cos \alpha \cdot b - G \cdot \sin \alpha \cdot h_g - P'_{\partial 3} \cdot \cos \alpha \cdot L + P'_{\partial 3} \cdot \sin \alpha \cdot r = 0.$$

$$h_g = \frac{G \cos \alpha \cdot b}{G \sin \alpha} - \frac{P'_{\partial 3} \cos \alpha \cdot L}{G \sin \alpha} + \frac{G \sin \alpha \cdot r}{G \sin \alpha}$$

$$h_g = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \left(b - \frac{P'_{\partial 3} \cdot L}{G} \right) + r,$$

заменяем $\cos \alpha = \frac{L'}{L}$ и $\sin \alpha = \frac{H}{L}$

$$h_g = \frac{L'}{H} \left(b - \frac{P'_{\partial 3} \cdot L}{G} \right) + r; \quad h_g = \sqrt{\frac{L^2 - H^2}{H}} \left(b - \frac{P'_{\partial 3} \cdot L}{G} \right) + r$$

Замеры: $L=$

$r=$

$B=$

$H=H_{\text{зам}}-r=$

$Y_{\text{п}}(P_{\text{дп}})=$

$Y_{\text{к}}(P'_{\text{дз}})$

2 Параметры устойчивости трактора

2.1 Предельный угол въезда и съезда

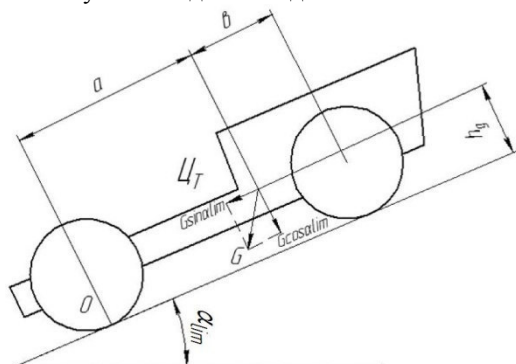


Рисунок 193 – Определение угла въезда и съезда

$$G \cos \alpha_{\text{lim}} a = G \sin \alpha_{\text{lim}} h_g.$$

Предельный угол въезда

$$\text{tg} \alpha_{\text{lim}} = \frac{a}{h_g}; \quad \alpha_{\text{lim}} = \text{arctg} \frac{a}{h_g}.$$

Предельный угол съезда

$$\text{tg} \alpha'_{\text{lim}} = \frac{b}{h_g}; \quad \alpha'_{\text{lim}} = \text{arctg} \frac{b}{h_g}.$$

2.2 Предельный угол на поперечном уклоне

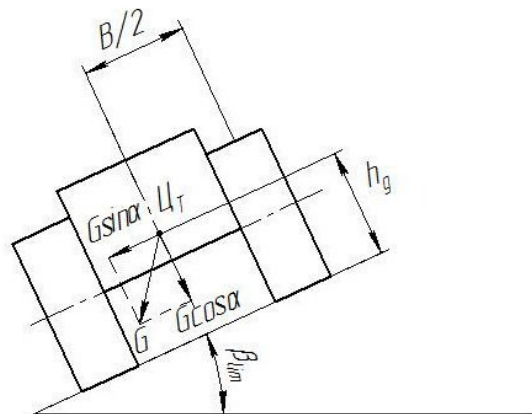


Рисунок 194 – Определение предельного угла опрокидывания трактора

Предельный угол на поперечном уклоне

$$\operatorname{tg} \beta_{\text{lim}} = \frac{b}{2h_g}; \quad \beta_{\text{lim}} = \operatorname{arctg} \frac{b}{2h_g}.$$

2.3 Минимальный радиус поворота

Трактор или автомобиль может опрокидываться на повороте при езде на большой скорости.

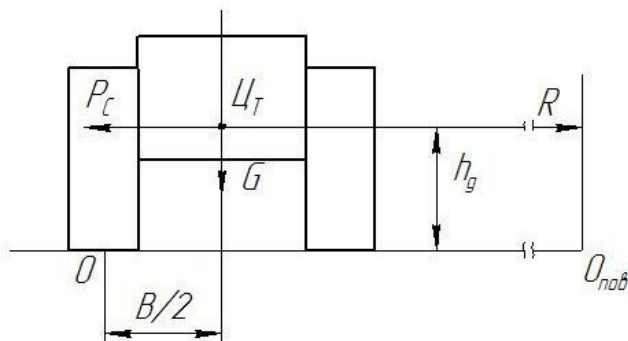


Рисунок 195 – Определение критической скорости и минимального радиуса поворота трактора

Опрокидывающий момент $P_c h_g = G \frac{b}{2}$.

$$P_c = mV^2 R = m \frac{V^2}{R^2} R;$$

$$\frac{GV^2}{gR} h_g = mg \frac{b}{2}.$$

Критическая скорость $V_{крит.} = \sqrt{\frac{Rgb}{2hg}}$.

Определить критическую скорость $V_{крит}$ при $R = 8$ м.

Определить минимальный радиус поворота при $V=40$ км/ч.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение «центр масс»?
2. Дайте определение «центр наружности»?
3. Дайте определение «центр инерции»?
4. Объясните, почему центр тяжести у тракторов сельскохозяйственного назначения смещен вперед?
5. Объясните, почему центр тяжести у промышленных тракторов смещен назад?
6. Назовите известные радиусы пневмошины?
7. Назовите случаи качения колес.
8. Что является признаком нарушения устойчивости трактора?
9. Какими показателями оцениваются поперечная устойчивость трактора?
10. Что такое вираж и для чего его делают на поворотах дорог?
11. Занос каких колес (передних управляемых или задних ведущих) наиболее вероятен и почему?
12. Что может произойти с трактором при нарушении продольной устойчивости и каким показателем она оценивается?
13. Что представляют собой критические углы косогора по боковому скольжению и опрокидыванию?

7.2 Лабораторная работа № 2

Тема: Нормальные реакции при работе трактора с прицепным орудием

Цель работы: 1. Установить значения нормальных реакций Y_k и Y_n на задние и передние колеса трактора.

2. Определить силу тягового сопротивления при его наклоне к поверхности пути.

Методика: Значения Y_k и Y_n определяется путем динамометрирования.

- Оборудование:**
1. Трактор TZ-4K-14.
 2. Подъемное устройство – таль.
 3. Динамометры; ДПУ-0,5-2.
 4. Измерители: линейка, рулетка, штангенлинейка.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1 Определение нормальных реакций на передние и задние колеса трактора

Значения нормальных реакций Y_k и Y_n на заднем и переднем колесах машин существенно влияют не только на показатели их тягово-сцепных свойств (коэффициент сопротивления качению, коэффициент сцепного веса), но и на показатели тормозных свойств, управляемости, устойчивости ходовой системы.

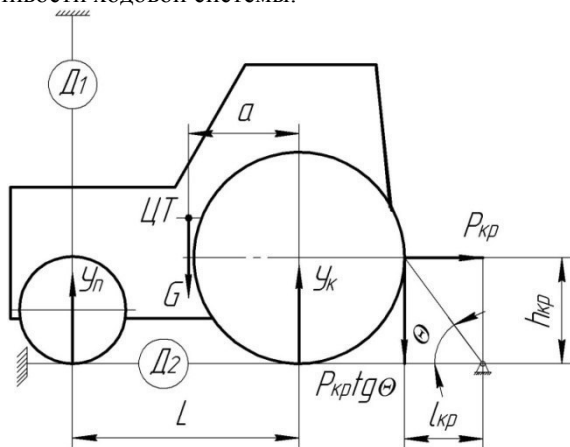


Рисунок 196 – Определение нормальных реакций при работе трактора с прицепным орудием

При статическом (неподвижном) положении машины на горизонтальном участке без прицепа $P_{кр}=0$, $V=0$, $\alpha=0$, $M_f=0$. Нормальные реакции, которые возникают в этом случае, называют статическими:

$$Y_n = \frac{Ga}{L}; \quad Y_k = \frac{G(L-a)}{L}.$$

2 Определение сил тягового сопротивления на крюке

При наклоне линии тягового сопротивления на крюке ($P_{кр}$) к поверхности $\theta \neq 0$ происходит изменение реакций Y_n и Y_k . При перераспределении нормальных нагрузок между колесами формула имеет вид

$$Y_k + Y_n = G + P_{кр} \operatorname{tg} \theta.$$

При положении линии тягового сопротивления на крюке ($P_{кр}$) параллельной поверхности пути $\theta = 0$.

Тогда
$$Y_k + Y_n = G.$$

При определении нормальных реакций при работе с прицепными орудиями необходимо следующие измерения:

$L =$

$H =$

$l_{кр} =$

$h_{кр} =$

$\theta =$

$Y_n(D_1) =$

$P_{кр}(D_2) =$

Для определения нормальной реакции на передние колеса Y_n используется динамометр (D_1), т.е. взвешивание передней оси. Переднюю ось поднимают на высоту h_1 , при этом подкладывая под задние колеса доску толщиной h_1 .

Сила тягового сопротивления $P_{кр}$ создается гидроцилиндром, величина которой измеряется динамометром D_2 .

Нормальные реакции задних (ведущих колес) Y_k определяются по ниже приведенным формулам:

Вычисления:

Угол наклона реакции $P_{кр}$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{h_{кр} P_{кр}}{l_{кр}}.$$

При $P_{кр} = 0$
$$a = \frac{Y_n \cdot L}{G}.$$

$$Y_k = G + P_{кр} \operatorname{tg} \theta - Y_n;$$

$$Y_k = G - Y_n.$$

Ожидаемые графики зависимостей $Y_n = f(P_{кр})$, $Y_k = f(P_{кр})$.

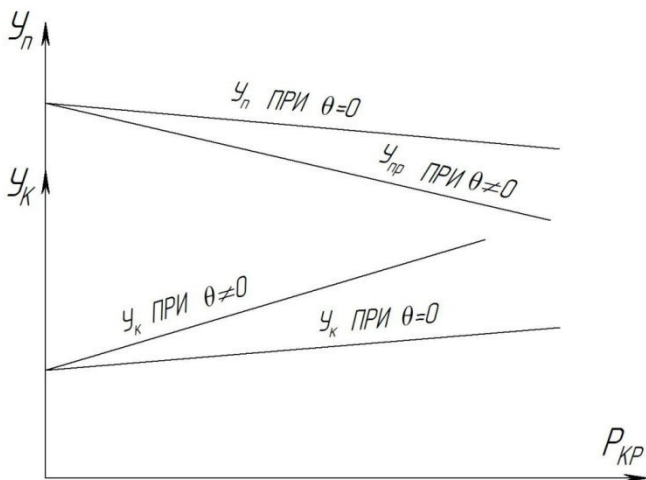


Таблица 14

Результаты измерений

№ опыта	$P_{кр}(D_2)$	$Y_n(D_1)$	$P_{кр} \operatorname{tg} \theta$	Y_k
1.				
2.				
...				

Построить графики, полученные по данным при выполнении ЛПЗ

$$Y_n = f(P_{кр}), \quad Y_k = f(P_{кр}).$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чему равна нормальная реакция дороги Y_n , действующая на передние колеса при статическом (неподвижном) положении трактора?
2. Чему равна нормальная реакция дороги Y_k , действующая на задние колеса.
3. Как изменяются реакции Y_n и Y_k , если машина движется без прицепа.
4. Из каких составляющих состоит $P_{кр} \cdot \operatorname{tg} \theta$?
5. Дайте понятие «коэффициент нагрузки колес»
6. Что происходит, если наклон машин $P_{кр}$:

а) $\theta \neq 0$ при наклонная вверх; б) $\theta \neq 0$ – при наклонах вниз; в) $\theta = 0$.

7. Как влияет на распределение нагрузок между передними и задними колесами продольная координата центра тяжести трактора?
8. Как влияет на распределение нагрузок между передними и задними колесами продольная координата L (база трактора)?
9. Как влияет на распределение нагрузок между передними и задними колесами продольная координата положение центра тяжести?
10. Как влияет на распределение нагрузок между передними и задними колесами продольная координата положение точки прицепа?
11. Чему равна нормальная реакция дороги на задние колеса Y_k у тракторов МТЗ, ЮМЗ, Т-25?
12. Чему равна нормальная реакция дороги на задние колеса Y_k у трактора Т-16М?

7.3 Лабораторная работа №3

Тема: Нормальные реакции трактора при работе с навесным орудием

Цель работы: Установить зависимость нормальных реакций передних и задних колес Y_n и Y_k трактора и орудия от сопротивления орудия.

Методика: Нормальные реакции трактора с навесными орудиями определяются методом динамометрирования и создания сопротивления навесным орудием (имитирующим навесное сельскохозяйственное орудие) гидроцилиндром.

Оборудование: 1. Трактор МТЗ-80.
2. Подъемное устройство – таль.
3. Динамометры.
4. Измерители: линейка, рулетка.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Управляемость трактора, его тягового-сцепные, тормозные и другие свойства зависят от значений нормальных нагрузок на ведущие и ведомые колеса.

При работе с навесными орудиями следует учитывать влияние силового воздействия орудий на трактор.

Примем, что сзади к трактору прикреплено одно навесное орудие. Силы, действующие на орудие, показаны на рисунке 197.

Значение, направление и точка положения реакций $R_{рез}$ почвы зависят от вида выполняемой сельскохозяйственной операции, почвенных условий, конструкции машины, состояния рабочих органов и ряда других факторов. По опытным данным, точка приложения реакции $R_{рез}$ для основных почвообрабатывающих машин располагается в продольно-вертикальной плоскости, проходящей через центр тяжести машины и должна находиться в зоне действия рабочих органов, т.е. между необработанной поверхностью поля и дном борозды.

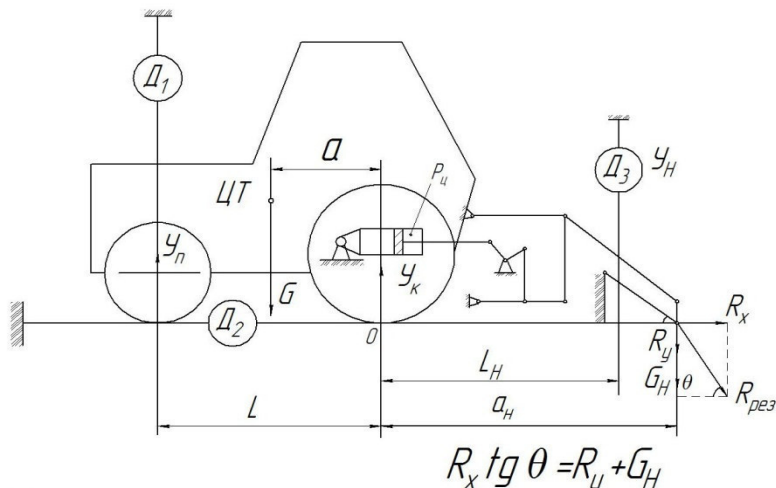


Рисунок 197 – Определение нормальных реакций при работе трактора с навесным орудием

Примем следующие допущения: вес G_H навесного орудия и реакция R_y приложены в одной точке, и их результирующая $R=R_y+G_H$; сопротивление качению опорного колеса орудия мало и поэтому реакция $У_n$ определяем динамометром D_3 .

Разложим результирующую $R_{рез}$ на две составляющие: горизонтальную R_x , представляющую собой тяговое сопротивление навесного орудия и вертикальную R_y+G_H , равную сумме вертикальной R_y (нормальной) составляющей реакции почвы, которая может быть направлена как вверх, так и вниз, и веса G_H орудия. Обозначим (θ) угол между $R_{рез}$ и R_x , тогда $R_y+G_H=R_x \operatorname{tg} \theta$.

Навесной системой современных тракторов управляют гидроцилиндром, с помощью которого возможно создание нулевой реакции на опорное колесо, т.е. $Y_n=0$. В этом случае реакция почвы и вес орудия полностью передаются на трактор.

Оценим влияние силового воздействия орудия задней навески на нормальные реакции, действующие на задние и передние колеса трактора. Рассмотрим движение машинно-тракторного агрегата по горизонтальному пути.

В нашем случае, условия статического равновесия машинно-тракторного агрегата по принципу Даламбера следующие:

$$\sum M_o = 0: G_a = Y_n L - Y_n \cdot L_n - R_x \cdot \text{tg} \theta \cdot a_n = 0.$$

$$\sum Y = 0: Y_k + Y_n - G - R_x \text{tg} \theta + Y_n = 0.$$

$$R_x \text{tg} \theta = \frac{G_a - Y_n \cdot L + Y_k \cdot L_n}{a_n}.$$

$$Y_k = G(1 - \frac{a}{L}) + R_x \text{tg} \theta (1 + \frac{a_n}{L}) - Y_n (1 + \frac{L_n}{L}).$$

Из этих формул видно, что нормальные реакции Y_k и Y_n на задние и передние колеса трактора зависят от реакции Y_n . При увеличении реакции Y_n уменьшается сцепной вес Y_k тракторов не только с задними, но и со всеми ведущими колесами, увеличивается нагрузка на передние колеса трактора.

Следовательно, чтобы повысить тягово-сцепные свойства трактора, желательно уменьшить реакции Y_n почвы на опорные колеса орудия. Однако результаты опытов показывают, что при малом значении Y_n часто нарушается агротехника возделывания сельскохозяйственных культур (выглубление орудия, неравномерность глубины обработки и др.). Поэтому необходимо либо корректировать, регулировать значение реакции Y_n , либо ликвидировать опорные колеса, достигая условия агротехники другим способом-регулированием и стабилизацией тягового сопротивления R_x и силы $R_x \text{tg} \theta$.

Для установления нормальных реакций Y_n и Y_k с навесным орудием Y_n от сопротивления навесного орудия методом взвешивания D_1 определяем Y_n , для чего под задние колеса ставится проставка, чтобы трактор был в горизонтальном положении.

Значение Y_n задается дополнительным динамометром D_3 , имитирующее изменение Y_n , при изменении давления в гидроцилиндре, так как шток гидроцилиндра соединен с рамой навесного орудия.

Тяговое сопротивление создается дополнительным гидроцилиндром, изменение которого измеряется динамометром D_2 .

Таким образом, изменяя значения R_x , определяем значение Y_n , Y_k, Y_n при различных углах θ .

Измерения:

$$L = \quad ; Y_n(D_1) = \quad ; L = \quad ; Y_n(D_3) =$$

$$a_H = \quad ; R_x(D_2) =$$

Вычисления:

$$R_x \cdot \operatorname{tg} \theta = \frac{G a - Y_n L + Y_H L_H}{a_H}$$

$$Y_k = G \left(1 - \frac{a}{L}\right) + R_x \operatorname{tg} \theta \left(1 + \frac{a_H}{L}\right) - Y_H \left(1 + \frac{L_H}{L}\right)$$

Таблица 15

Результаты измерений

№ опыта	$Y_n(D_1)$	$R_x(D_2)$	$Y_n(D_3)$	$R_x \operatorname{tg} \theta$	Y_k
1.					
2.					
3.					
...					

Ожидаемые графики нормальных реакций трактора и орудия от сопротивления почвы $Y_n = f(R_x)$, $Y_k = f(R_x)$, $Y_n = f(R_x)$:

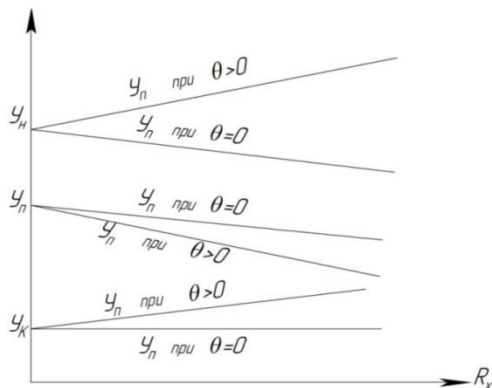


Рисунок 198 - Ожидаемые графики нормальных реакций трактора и орудия от сопротивления почвы

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От чего зависит точка приложения R почвы и в какой зоне располагается при пахоте?

2. Из каких составляющих состоит $R_k \cdot \operatorname{tg} \theta$?
3. Какое значение имеет реакция Y_n почвы на опорное колесо орудия при увеличении заглубляющего момента?
4. Какое устройство используется для уменьшения буксования колес?
5. Какой характер изменения имеют Y_n , Y_p и Y_n при изменении напора масла в штоковой полости гидроцилиндра?
6. Как изменить реакцию Y_n для увеличения сцепного веса трактора?
7. Как предотвращается отрыв опорных колес орудия ($Y_n = 0$) при работе трактора.?
8. Какие способы используются для регулировки глубины обработки почвы?
9. Расскажите, на чем основаны различные способы регулировки глубины обработки почвы?
10. Какие типы догрузателей ведущих колес используются на различных тракторах?

7.4 Лабораторная работа №4

Тема: Испытание гидроувеличителя сцепного веса (ГСВ)

Цель работы: 1. Изучить устройство и работу гидроувеличителя сцепного веса трактора (ГСВ).

2. Установить зависимость нормальных реакций трактора и орудия от давления в гидроцилиндре ГСВ-Р_ц.

Методика: Испытание гидроувеличителя сцепного веса проводится при постоянном сопротивлении орудия $R_x = \text{const}$, и изменением давления в штоковой полости силового гидроцилиндра $P_{ц} = 0,8 \dots 2,8$ Мпа (измеряется манометром M_2), меняется натяжением пружины в гидроаккумуляторе маховиком.

Оборудование: 1. Трактор МТЗ-80 (82).

2. Подъемное устройство – таль.

3. Динамометры.

4. Измерители: а) линейка б) рулетка, 5) манометр.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для корректирования значения Y_n без остановки трактора используют гидроцилиндр навесного устройства, в котором регулируют

давление, и таким образом, поддерживают значение $Y_{\text{н}}$ в требуемых пределах. Чтобы предотвратить отрыв опорных колес орудия от почвы или излишнего заглубления колес, гидроцилиндр оснащают полуавтоматическим устройством, стабилизирующим заданный уровень давления в гидросистеме.

Корректоры нагрузок того или иного типа устанавливают на колесных тракторах в основном с целью увеличения сцепного веса, т.е. для поддержания в подъемной (штоковой) полости гидроцилиндра и регулируемого подпора (давления) $P_{\text{ц}}$ масла с целью переноса нормальной нагрузки - с опорных колес навесного орудия $Y_{\text{н}}$ и передних колес трактора $Y_{\text{п}}$ на его задние (ведущие колеса) $Y_{\text{к}}$.

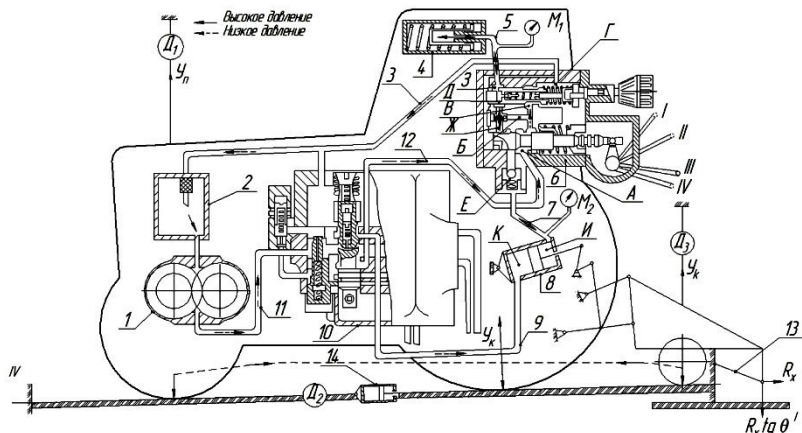


Рисунок 199 - Схема работы гидравлической системы МТЗ-80 (МТЗ-82) с гидроувеличителем сцепного веса:

1-насос; 2-бак для рабочей жидкости; 3,5,7,9,11 и 12 трубопроводы, соединяющие агрегаты гидросистемы; 4-пружинный гидроаккумулятор; 6-гидроувеличитель; 8, 14-цилиндр; 10-распределитель, положение рукоятки гидроувеличителя; 13-распорка: I-«заперто»; II-«ГСВ выключен»; III-«ГСВ включен»; IV-«сброс давления»; А, Б, В, Д, Е, Ж, И, К - полости.

Таким образом, уменьшается буксование ведущих колес. Эти корректоры называются гидроувеличителями сцепного веса или догрузителями ведущих колес трактора.

При работе гидросистемы в подъемной полости «И» силового цилиндра 8 создается давление подпора рабочей жидкости (масла), которого недостаточно для подъема навесного орудия в транспортное

положение, поэтому копирование рельефа опорными колесами сохраняется.

Гидроувеличитель сцепного веса включен в гидросистему трактора и состоит из двух агрегатов: самого гидроувеличителя 6 и гидроаккумулятора 4. Масло из заряженного гидроаккумулятора 4 подается в рабочую полость «И» силового гидроцилиндра 8 для обеспечения постоянного подпора в ней.

Для испытания гидроувеличителя сцепного веса устанавливаем рукоятку гидроцилиндра Р75-33Р в «нейтральное положение», рукоятку управления регулятором в положение «П».

Методом динамометрирования (взвешивания) и измерения определяем:

Измерения:

$L =$

$Y_n(D_1) =$

$L_n =$

$Y_A(D_3) =$

$a_n =$

$R_x(D_2) =$

Вычисления:

$$R_x \operatorname{tg} \theta = G \frac{a}{a_n} Y_n \frac{L}{a_n} + Y_n \frac{L_n}{a_n}.$$

$$Y_k = G \left(1 - \frac{a}{L}\right) + R_x \operatorname{tg} \theta \left(1 - \frac{a_n}{L}\right) - Y_n \left(1 - \frac{L_n}{L}\right).$$

Создавая различные давления $P_{II} = 0,8 \dots 2,8$ МПа в штоковой полости силового гидроцилиндра (И), вращениями маховика гидроаккумулятора 4 замеряем значения Y_k , при определенных значениях Y_n и Y_n .

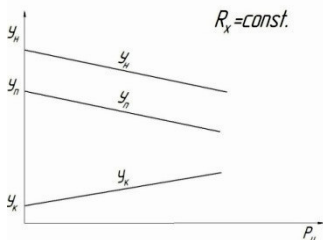


Рисунок 200 - Ожидаемый график зависимости нормальных реакций трактора Y_k , Y_n и орудия Y_n от различных давлений P_{II} в силовом гидроцилиндре

Таблица 16

Результаты измерений

№ опыта	$Y_n(D_1)$	$R_x(D_2)$	$Y_n(D_3)$	$R_{ц}$	$R_x \cdot \text{tg}\theta$	Y_k
1.						
2.						
3.						
...						

КОНТОРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких агрегатов состоит гидроувеличитель сцепного веса (ГСВ)?
2. Для чего создан гидроаккумулятор и как он работает?
3. Для чего создан гидроувеличитель сцепного веса?
4. Из каких деталей состоит гидроаккумулятор?
5. Из каких частей состоит гидроувеличитель сцепного веса?
6. Расскажите схему действия ГСВ при «ГСВ включен».
7. Расскажите схему действия ГСВ при «Подзарядка».
8. Расскажите схему действия ГСВ при «ГСВ выключен».
9. Расскажите схему действия ГСВ при «заперто».
10. Расскажите схему действия ГСВ при «сброс давления».
11. Расскажите зависимость нормальных реакций Y_n при $\theta = 0$.
12. Расскажите зависимость нормальных реакций Y_n при $\theta \neq 0$.
13. Расскажите зависимость нормальных реакций Y_k при $\theta = 0$.
14. Расскажите зависимость нормальных реакций Y_k при $\theta \neq 0$.

7.5 Лабораторная работа № 5

Тема: Испытание силового и позиционного регулятора

Цель работы: 1. Изучить работу регулятора.

2. Определить нечувствительность регулятора при силовом регулировании.

3. Определить нечувствительность регулятора при позиционном регулировании.

Методика: Изменением тягового сопротивления сельскохозяйственного орудия гидроцилиндром проводится коррекция на подъем и на опускание. Тяговое сопротивление измеряется динамометром D_2 .

Оборудование: 1. Трактор МТЗ-80.

2. Силовой (позиционный) регулятор.
3. Груз (баллоны), имитирующие сельскохозяйственные орудия.
4. Динамометр.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Силовой (позиционный) регулятор автоматически поддерживает положение рабочих органов навешенной машины относительно поверхности почвы без использования опорных колес. Поэтому ведущие колеса трактора догружаются не частью веса машины, как при работе с ГСВ, а полным ее весом; тяговое сопротивление машины уменьшается, так как нет сопротивления опорных колес качению по почве.

Регулятор – это дополнительный агрегат гидронавесной системы тракторов МТЗ-80 и МТЗ-82. Он установлен на кронштейне основного гидроцилиндра, подключен к насосу параллельно золотниковому распределителю, действует по сигналам датчиков. Имеется механизм ручного управления этим регулятором.

В корпусе 9 расположена подвижная гильза 4, а в ней – золотник 8. Пружина 3 прижимает золотник к гайке 10, а гильзу – к гайке 2. Эти гайки винтами 14 и 1 перемещаются вдоль оси, сжимая пружину (рис. 201). Резьба винтовых пар – многозаходная, обратимая (несамотормозящаяся). Упорные подшипники и крышки корпуса от осевых перемещений удерживаются винтами.

На наружном конце винта 14 закреплена муфта с перекидным переключателем 13. Повернутый влево, он соединяет винт 14 с рычагом 12, а если повернуть вправо, то соединит этот же винт с рычагом 11.

К рычагам прикреплены тяги от датчиков автоматического регулирования. Датчики через переключатель 13 и его муфту перемещают золотник в гильзе. Датчик силового регулирования воспринимает усилия от верхней тяги 31 навески.

Задний конец тяги закреплен пальцем в одном из отверстий серьги 23 и поворачивает ее на оси 24 неподвижного кронштейна.

Сжимающие усилия передаются пластинчатой пружине 25, а растягивающие – четырем цилиндрическим пружинам 26. Деформация пружин поводком 27 через детали 28 (тягу и рычаги) передается на силовую тягу 30, поворачивая рычаг 12 регулятора.

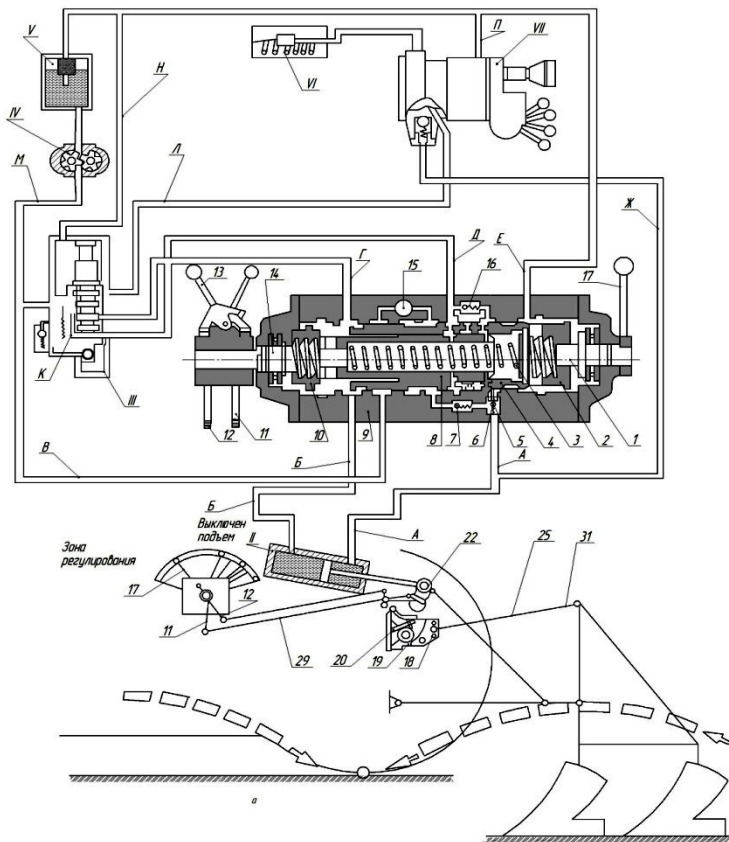


Рисунок 201 – Общий вид силового регулятора и гидропривода механизма навески трактора МТЗ – 80 (пояснения в тексте)

Датчиком позиционного регулирования служат рычаг 21 поворотного вала механизма навески, шарнирно соединенного со штоком гидроцилиндра. Палец 22, закрепленный в рычаге 21, через позиционную тягу 29 поворачивает рычаг 11 регулятора.

Механизм ручного управления регулятором расположен справа от сиденья водителя. Рукоятка 17 шарнирно закреплена на оси, имеет зубчатую пластину и фиксатор, которыми может удерживаться в определенном положении на секторе 19: в зоне регулирования (для опускания и работы машины), выключения регулятора или подъема машины.

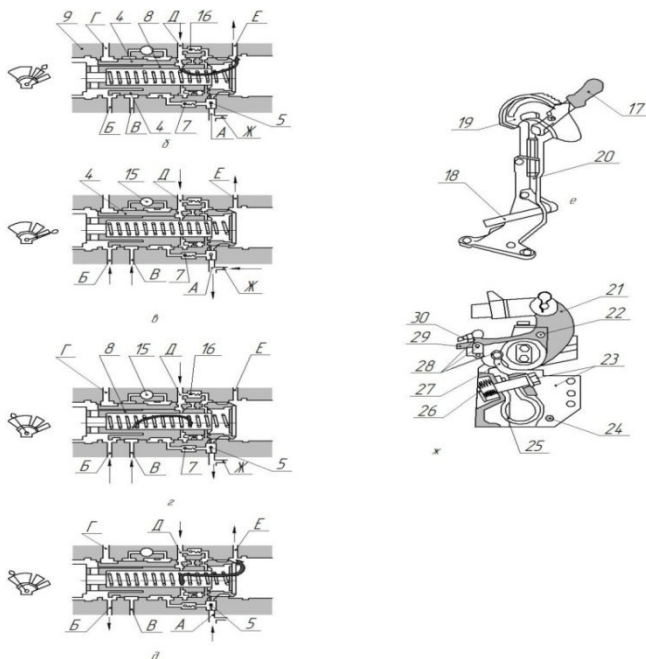


Рисунок 202 - Схема работы регулятора глубины обработки

почвы:

А-опускание машины из транспортного положения; Б- регулятор выключен; В- подъем машины в транспортное положение; Г- коррекция на опускание машины; Д- коррекция на подъем машины; Е- механизм рукоятки управления регулятором; Ж- механизм датчиков; 1- винт гильзы; 2- гайка гильзы; 3- распорная пружина; 4- гильза; 5- запорный клапан; 6- толкатель; 7- обратный клапан; 8- золотник; 9- корпус регулятора; 10- гайка золотника; 11- рычаг позиционного регулирования; 12- рычаг силового регулирования; 13- переключатель; 14- винт золотника; 15- регулирующий кран; 16- обратный клапан; 17- рукоятка управления регулятором; 18- валик управления; 19- сектор; 20- тяга; 21- рычаг поворотного вала; 22- палец; 23- серьга; 24- ось серьги; 25- пластинчатая пружина; 26- цилиндрические пружины; 27- поводок; 28- детали привода; 29- позиционная тяга; 30- силовая тяга; 31- верхняя тяга навески; 32- перепускной клапан; I- регулятор, II- гидроцилиндр, III- распределитель, IV- насос, V- бак, VI- гидроаккумулятор, VII- ГСВ; А,Б,В,Г,Д,Е,Ж,Л,М,Н и П- гидролинии; К- отводной канал.

Подвижный упор, смонтированный в прорези сектора, используется для ограничения хода рукоятки. Рукояткой перемещают гильзу относительно корпуса 9 и золотника 8.

При силовом или позиционном способах регулирования гидронавесной системой управляют только с помощью рукоятки 17. В этом случае золотники распределителя ставят в нейтральное положение, в рукоятку ГСВ в любое, кроме положения «ГСВ выключен».

Схема силового регулирования. Когда рукоятка 17 установлена на секторе в зоне регулирования, регулятор включен. Гильза 4 занимает в корпусе 9 положение, соответствующее месту рукоятки 17 на секторе. Через рычаг 12, винт 14 и гайку 10 силовая тяга 30 удерживает золотник 8 в определенном положении относительно гильзы.

На рисунке 2 показано взаимное положение деталей 4, 8 и 9, при котором подъемная полость гидроцилиндра II соединена гидролинией А через открытый клапан 5 со сливной гидролинией Е. Поэтому машина опускается под действием собственного веса, а лемеха плуга заглубляются в почву.

При установке рукоятки 17 в положение «Выключен» гильза 4 перекрывает гидролинию В от насоса IV. Гидролиния Д, по которой масло подается из распределителя через полость золотника 8, соединена с гидролинией Е. Масло, поступающее из распределителя III, по гидролинии Е сливается в бак V. Клапаны 5 и 7 закрыты. При этом масло заперто в подъемной полости гидроцилиндра II. Когда регулятор выключен, гидросистемой управляют с помощью рукояток золотников распределителя или рычагом ГСВ.

Подъем машины в транспортное положение. Для этого рукоятку 17 поворачивают по сектору вниз и удерживают рукой. Гильза займет положение, в. Гидролиния Д, а следовательно, перекрыты гильзой 4; клапан 32 закрывается. Насос направляет масло по гидролинии Л через ГСВ, по гидролиниям Ж и А- в подъемную полость гидроцилиндра. Сюда же через клапан 7 поступит масло, нагнетаемое насосом по гидролинии В. По окончании подъема машины рукоятки 17 отпускают, и пружина 3 через гайку 2, винт 1, валик 18 и тягу 20 вернет рукоятку в положение «Выключено».

Коррекция на подъем. С увеличением глубины растет и тяговое сопротивление машины. Пружина 25 датчика сжимается. Силовая тяга 30 через рычаг 12 повернет винт 14. Его гайка 10 сместит золотник вправо, и займет положение, г. Перепускной клапан 32 распределителя закроется. От насоса по гидролинии В через открытые кран 15 и клапан 7 по гидролинии А масло начнет поступать в подъемную полость

гидроцилиндра. Машина будет подниматься, тяговое сопротивление уменьшится, и силовой датчик возвратит золотник 8 в нейтральное положение. Заданная глубина восстановится.

Краном 15 регулируют скорость коррекции: чем больше закрыт кран, тем больше масла сливается в бак через распределитель и тем меньше скорость подъема машины.

Коррекция на опускание. Если глубина обработки почвы начнет уменьшаться, нагрузка на пружину 25 датчика снизится. Через тягу 30, рычаг 12 и винт 14 датчик сместит гайку 10 влево. В ту же сторону пружина 3 сместит золотник 8. При новом положении золотника под действием веса машины масло будет выжиматься из нагнетательной полости гидроцилиндра на слив в бак, и заданная глубина восстановится.

Благодаря тому что процесс коррекции повторяется, глубина обработки почвы поддерживается приблизительно постоянной.

Для позиционного регулирования переключатель 13 поворачивают вправо до соединения с рычагом 11. Положение машины автоматически поддерживается регулятором так же, но винтом 14 управляет этот рычаг, а движение ему передает палец 22 поворотного рычага 21 через позиционную тягу 29.

Измерения:

Силовой регулятор

$R_{x\max}$ -сопротивление машины при коррекции на подъем;

$R_{x\min}$ -сопротивление машины при коррекции на опускание.

Позиционный регулятор

h_{\min} -высота установки орудия при коррекции на подъем;

h_{\max} -высота установки орудия после коррекции на подъем.

Вычисления:

Нечувствительность при силовом регулировании:

$$\Delta R_x = R_{x\max} - R_{x\min} ;$$

$$\delta_R = \frac{(R_{x\max} - R_{x\min}) \cdot 2}{R_{x\min} + R_{x\max}} \cdot 100\%.$$

Нечувствительность при позиционном регулировании:

$$\Delta h = h_{\max} - h_{\min} ;$$

$$\delta_h = \frac{2(h_{\max} - h_{\min})}{h_{\max} + h_{\min}} \cdot 100\%.$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите для чего предназначен силовой (позиционный) регулятор.
2. Расскажите работу регулятора «датчик – силовое регулирование».
3. Расскажите работу регулятора «датчик – позиционное регулирование».
4. Расскажите работу регулятора «ручное управление».
5. Расскажите о «схеме силового регулирования».
6. Расскажите о «подъеме машин в транспортное положение».
7. Расскажите о «коррекция на подъем».
8. Расскажите о «позиционное регулирование».

7.6 Лабораторная работа №6

Тема: Испытание автомобиля на топливную экономичность

Цель работы: Определить топливную экономичность автомобиля:

1. Путь расход топлива (марка автомобиля).
2. Минимальный удельный расход топлива.

Методика: 1. Путь расход топлива определяется (марка автомобиля) прогоном автомобиля по горизонтальному участку дороги с твердым и ровным покрытием длиной не менее 1 км с полной нагрузкой при различных скоростях движения (20, 30,..км/ ч)

2. Удельный расход топлива по формуле:

$$g_e = \frac{G_T}{N_e} = 1000 \frac{\rho_m Q}{t \cdot N_e} \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}.$$

где G_T - часовой расход топлива, кг/ч;

ρ_m - плотность топлива, кг/м³;

N_e - мощность двигателя, кВт;

t – время пробега, ч.

Оборудование: 1. Автомобиль (марка автомобиля).
2. Установка замера расхода топлива.
3. Измерители дороги: рулетка.
4. Измеритель расхода топлива – секундомер, измерительная мензурка.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Топливная экономичность автомобильного двигателя имеет важнейшее значение в эксплуатации, т.к. топливо - один из основных эксплуатационных материалов, потребляемых автомобилем в большом количестве. В связи с этим, себестоимость перевозок существенно зависит от топливной экономичности автомобиля, т.к. затраты на топливо составляют 10...15% всех затрат на перевозки. Поэтому топливо необходимо использовать с максимальной эффективностью, не допуская неоправданных его затрат и потерь.

Расход топлива автомобилем зависит от его конструкции и технического состояния, а также от дорожных и климатических условий, квалификации водителя и организации транспортного процесса.

Совершенство конструкции автомобиля с точки зрения топливной экономичности оценивают по величине общего расхода топлива Q в литрах, отнесенного к длине пройденного пути S в км или к величине транспортной работы в т.км.

Расход топлива (л /100 км) на единицу пробега автомобиля

$$\theta_s = \frac{Q}{S} \cdot 10^2,$$

где S – длина пройденного пути, км.

Расход топлива на единицу пробега сравнительно легко определить, однако он не учитывает транспортной работы, выполняемой автомобилем, что может привести к неверным выводам при оценке топливной экономичности. Так, у автомобиля, перевозящего груз, расход топлива на единицу пробега всегда больше, чем у того же автомобиля, работающего в тех же условиях, но без нагрузки. Поэтому автомобиль, выполняющий полезную работу, оказывается «менее экономичным» по сравнению с автомобилем, совершающим холостой пробег.

Более правильно оценивать топливную экономичность автомобиля по расходу топлива, отнесенному к единице транспортной работы (л / т.км (или л / пасс. км))

$$\theta_p = \frac{Q}{W_{Tp}} = \frac{Q}{m_{gp} \cdot S_{gp}},$$

где W_{Tp} - объем транспортной работы в т. км (или пасс. км); m_{gp} - масса перевезенного груза в т (или пассажиров); S_{gp} – пробег автомобиля в груженом состоянии в км.

В качестве измерителей топливной экономичности двигателя используют расход топлива в кг за час работы G_T кг/ч, а также удель-

ной эффективный расход g_e в г/кВт·ч. Величины G_T , g_e , θ_s связаны между собой следующими формулами:

$$G_T = \frac{\rho_r Q}{t}, \text{ кг. ч.}$$

$$g_e = \frac{G_T}{N_e} = 1000 \frac{\rho_r Q}{t N_e}, \text{ г/кВт.ч.}$$

$$\theta_s = \frac{g_e N_e}{10 \rho_r V_a} = \frac{G_T t}{10 \rho_r S}, \text{ л/100 км.}$$

где ρ_r - плотность топлива в кг/м³ ($\rho_r = 0,756$ кг/м³ для бензина А-76); t - время, соответствующее расходу Q , ч.

Согласно ГОСТу, дорожные испытания автомобиля на топливную экономичность проводят на горизонтальном прямолинейном участке дороги с твердым и ровным покрытием длиной не менее 1 км. Автомобиль с полной нагрузкой разгоняют за пределами участка до определенной постоянной скорости (20, 30 км/ч).

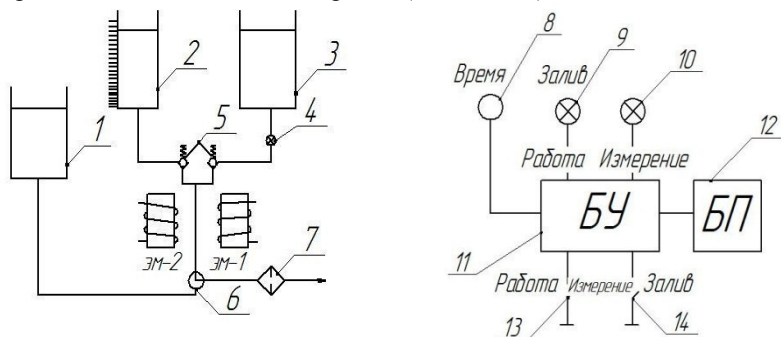


Рисунок 203 - Схема расходомер:

1-основной бак автомобиля; 2-измерительная мензурка; 3-дополнительный бак; 4-вентиль; 5-электроклапаны; 6-кран; 7-фильтр-отстойник двигателя; 8-секундомер; 9-лампа красная «работа»; 10-лампа зеленая «измерение»; 11-блок управления; 12-блок питания; 13-выключатель «измерение» в кабине автомобиля; 14-выключатель «залива» мензурки.

В момент пересечения автомобилем первой границы мерного участка включают секундомер, загорается лампа «время» 8 и выключателем 13 включается измерение расхода топлива, загорается лампа 10 «измерение» и электроклапаном 5 переводится подача в положение, при котором топливо в карбюратор поступает не из топливного основ-

ного бака 1 автомобиля, а из измерительной мензурки 2, снабженной шкалой. Измерительная мензурка включена в топливную магистраль между баком 1 и топливным насосом 8 (рис. 203). Когда автомобиль пересекает вторую границу участка, секундомер останавливают (лампа «время» гаснет), а кран 6 возвращают в положение, чтобы отключить подачу топлива из мензурки 2. По разности уровней в мензурке до и после замера определяют расход топлива за время движения по мерному участку. Установив кран 6 включателем 14 в положение «залив», при открытом вентиле 4 электроклапаном 5 из дополнительного бака 3 топливо поступает в измерительную мензурку 2, восстанавливая в ней исходный уровень топлива.

Повторяют заезд с той же скоростью в обратном направлении. Определив среднее значение удельного «путевого» расхода топлива θ_s и скорости V_a , получают зависимость $\theta_s = f(V_a)$ при данном значении коэффициента сопротивления дороги φ . Повторив испытания на участках дороги с другими значениями коэффициента φ .

Измерения:

V_T - объем топлива, см^3 .

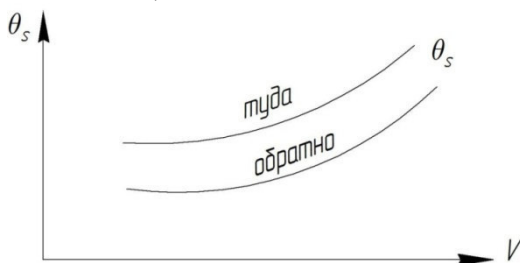


Рисунок 204 - Ожидаемый график зависимости путевого расхода от скорости автомобиля:

Таблица 17

Результаты измерений

№ опыта	Направление движения	Объем топлива, см^3			t, с	V, км/ч	θ_s , л/100
1	туда						
	обратно						
2	туда						
	обратно						
3	туда						
	обратно						

Вычисления:

$$V = \frac{S}{t} \cdot 3,6 \text{ км/ч}; \quad \theta = \frac{Q}{S} \cdot 10^2 \text{ л/100км.}$$

График зависимости путевого расхода от скорости автомобиля по опытным данным.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Охарактеризуйте основные показатели топливной экономичности автомобиля.
2. Дайте аналитическое выражение для определения топливной экономичности.
3. Объясните порядок построения экономической характеристики автомобиля.
4. Сделайте анализ экономической характеристики автомобиля.
5. Как влияют конструктивные факторы на топливную экономичность?
6. Как влияют эксплуатационные факторы на топливную экономичность?
7. Расскажите о методике дорожно-эксплуатационных испытаниях автомобиля.
8. Какие процессы автоматизируются при эксплуатации автомобиля?
9. Какие элементы используются при автоматизации испытаний и как они работают.

7.7 Лабораторная работа №7

Тема: Определение коэффициента дорожного сопротивления, коэффициента перекаtywания и уклона дороги

Цель работы: 1. Определить коэффициент дорожного сопротивления- ψ

2. Определить коэффициент перекаtywания (сопротивления качению) автомобиля – f

3. Определить уклон дороги – i (угол подъема – α)

Методика:

1. Определение коэффициента дорожного сопротивления

1.1 Коэффициент дорожного сопротивления при буксировании определяется следующим образом: автомобиль – тягач посредством троса со встроенным в него динамометром $P\psi$ буксирует на горизон-

тальном участке с твердым покрытием испытываемый автомобиль, колеса которого заторможены. Замерив $P\psi$ и зная вес G , определяется ψ .

1.2 Коэффициент дорожного сопротивления накатом (методом выбега)- автомобиль движется на горизонтальном участке с твердым покрытием со скоростью $V_1=(10, 15, 20, 30 \text{ км/ч})$ до остановки $V_2=0$. При движении до остановки автомобиля определяется время выбега – t

2 Коэффициент сопротивления качению (f) автомобиля

2.1 Буксированием – автомобиль-тягач буксирует свободно катящийся автомобиль, соединенный с тягачом при помощи троса и динамометра на горизонтальном участке с твердым покрытием дороги со скоростью $V_1=10 \text{ км/ч}$.

2.2 Накатом – методом выбега. Во время движения автомобиля выбегом $V_1=(10, 15, 20, 0 \text{ км/ч})$ в двух направлениях водитель выключает передачу. Замеряя путь или время t движения автомобиля до полной остановки определяется f .

3 Уклон дороги определяется, если участок дороги не горизонтален, заездом в двух взаимно противоположных направлениях с одинаковой начальной скоростью $V_1=12 - 15 \text{ км/ч}$.

Оборудование: 1) Автомобиль (марка автомобиля).

2) Измерители дороги: рулетка.

3) Измерители движения автомобиля: секундомер.

4) Измерители силы движения: динамометр.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Методика лабораторно-дорожных испытаний. Перед испытанием автомобиль должен пройти обкатку; его техническое состояние тщательно проверяют, двигатель и трансмиссию прогревают и в процессе испытания наблюдают за их тепловым состоянием. Топливо и смазочные материалы должны соответствовать указаниям заводских инструкций и удовлетворять требованиям сезонности.

Для определения вышеуказанных коэффициентов автомобиль проделывает путь при установившемся движении на ровном, прямом, горизонтальном участке дороги требуемого качества, в сухую безветренную погоду.

Автомобиль испытывается на прямой передаче с уставленной для него номинальной полезной нагрузкой. Длина мерного гона долж-

на быть 1 км. По обе стороны от него оставляют подъездные полосы длиной 1...3 км каждая. Длина подъездных полос должна быть достаточной для того чтобы требуемая скорость могла быть достигнута за 200...300 метров (в зависимости от значения скорости) до начала мерного гона. Для исключения влияния ветра и небольших уклонов дороги автомобиль движется по мерному гону в двух противоположных направлениях.

Для устранения влияния сопротивления воздуха автомобиль следует буксировать на малой скорости. При этом буксирный трос должен настолько длинным, чтобы тягач не создавал потоков воздуха, которые могут воздействовать на буксируемый автомобиль.

Испытуемый автомобиль (рис. 204) буксируется посредством троса со встроенным в него динамометром (Д) на горизонтальном участке дороги с твердым покрытием автомобилем-тягачем, колеса которого заторможены.

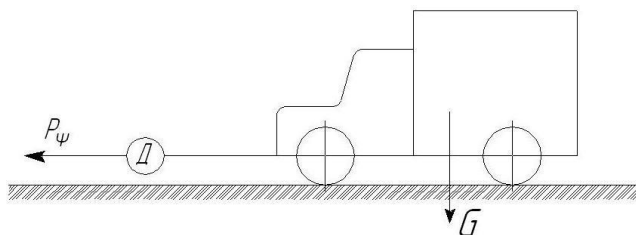


Рисунок 204 – Определение коэффициента дорожного сопротивления

1 Коэффициент дорожного сопротивления

1.1 Сила сопротивления дороги

Эта сила представляет собой сумму сил сопротивления качения и сопротивления подъему:

$$P_d = P_f + P_h$$

или

$$P_d = Gf \cos \alpha + G \sin \alpha = G(f \cos \alpha + \sin \alpha).$$

Выражение в скобках, характеризующее дорогу в общем случае, называется коэффициентом сопротивления дороги

$$\psi = f \cos \alpha + \sin \alpha.$$

Для малых углов подъема (до 5°), характерных для большинства автомобильных дорог с твердым покрытием, коэффициент сопротивления дороги

$$\psi = f + i.$$

Сила сопротивления дороги в этом случае

$$P_0 = G \psi,$$

Коэффициент сопротивления дороги

$$\psi = \frac{P_0}{G}.$$

1.2 Определение коэффициента дорожного сопротивления накатом (ψ) (методом выбега)

Простота экспериментального исследования движения накатом способствовала широкому использованию этого режима для определения коэффициента сопротивления дороги ψ и фактора обтекаемости W_0 .

Для определения коэффициента ψ накат начинают со скорости 12-15 км/ч до остановки автомобиля. Сопротивлением воздуха и трением в трансмиссии при таких скоростях можно пренебречь.

При движении до остановки время выбега равно t , а приращение скорости численно равно начальной скорости V_n . Определив по осциллограмме выбега скорость V_n и время t выбега, из выражения определяют коэффициент ψ :

$$\psi \approx \frac{V_n}{34t}.$$

При отсутствии осциллографа и других самопишущих приборов время выбега автомобиля определяют при помощи секундомера, а скорость – по протарированному спидометру.

2 Коэффициент перекатывания (сопротивления качению) автомобиля (f)

2.1 Определение коэффициента сопротивление качения автомобиля буксированием (f)

Для определения f , автомобиль тягач, согласно рисунку 1, буксирует свободно катящийся автомобиль, соединенный с тягачом при помощи троса со встроенным динамометром на горизонтальном участке с твердым покрытием дороги со скоростью $V = 10$ км/ч. Показания определяются аналогично, как и при определении коэффициента дорожного сопротивления.

2.2 Определение коэффициента сопротивление качения (f) автомобиля накатом

Путь свободного качения (наката) автомобиля имеет существенное значение, т.к. в эксплуатационных условиях движение накатом используют довольно часто. Время и путь наката замеряют при двух

значениях исходной скорости: максимальная – 20 км/ч, минимальная – 10 км/ч при движении автомобиля на горизонтальном участке с твердым покрытием. Исходная скорость должна принять установившееся значение не меньше чем за 50 метров до пункта, откуда автомобиль начинает движение по инерции. В этом пункте водитель выключает сцепление и переводит рычаг КПП в нейтральное положение, а испытатель включает измерительные приборы.

В практике для оценки динамичности автомобиля при накате широко используют длину пути выбега, которая является простым и наглядным показателем, позволяющим оценивать также и техническое состояние шасси автомобиля. Чем лучше техническое состояние шасси, тем больше путь выбега. Средние значения пути выбега отечественных автомобилей на горизонтальном участке дороги с твердым покрытием.

Если автомобиль движется с относительно небольшой скоростью, то величины сил P_w и P_{xx} можно не учитывать. Тогда замедление автомобиля при движении накатом

$$i_a = \frac{\Delta v_a}{3,6\Delta t} = 9,3 \frac{P_d}{G} = 9,3\psi \quad \text{м/сек}^2.$$

На основании последнего выражения получена формула для определения уменьшения скорости во время переключения передач. Если начальная скорость автомобиля в момент начала переключения передач равна V_H , то скорость в конце переключения

$$V_k = V_H - \Delta V_n \approx V_H - 34\psi t_n.$$

Средняя скорость автомобиля за время t_n

$$V_n = 0,5(V_H + V_k) = V_H - 17\psi t_n.$$

Таким образом, путь, пройденный автомобилем за время переключения передач,

$$S_n = (V_H - 17\psi t_n) \frac{t_n}{3,6}.$$

3. Определение уклона дороги.

Автомобильная дорога состоит из чередующихся между собой подъемов и спусков и редко имеет горизонтальные участки большой длины. Крутизну подъема характеризуют величиной угла α в градусах или величиной уклона дороги i , который представляет собой отношение превышения (Н) к длине пути (В).

Разложим вес G автомобиля, преодолевающего подъем, который характеризуется углом α , на две составляющие: на силу $G \sin \alpha$, параллельную дороге, и силу $G \cos \alpha$, перпендикулярную ей.

Силу $G \sin \alpha$ называют силой сопротивления подъему и обозначают буквой P_h . На автомобильных дорогах с твердым покрытием углы подъема невелики и не превышают $4 - 5^\circ$. Для таких углов можно принять, что одна сотая доля уклона соответствует $35'$ угла α . При этом уклон

$$i = \operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$$

Тогда сила

$$P_h = G \sin \alpha \approx iG$$

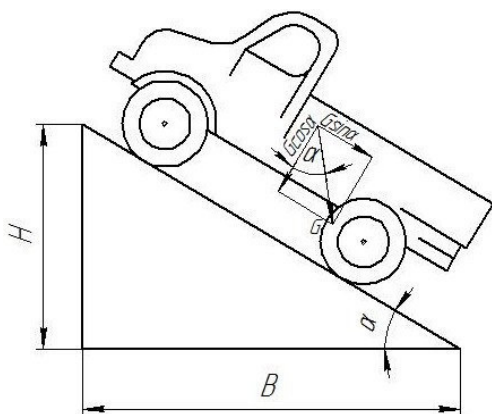


Рисунок 205 – Определение угла наклона дороги

Если участок дороги не горизонтален, можно определить величину уклона. Для этого производят заезды в двух взаимно противоположных направлениях с одинаковой начальной скоростью, причем:

для выбега автомобиля на подъеме $\psi_1 = f + i$;

для выбега автомобиля на спуске $\psi_2 = f - i$.

Из последних уравнений определим величины f и i :

$$f = 0,5(\psi_1 + \psi_2);$$

$$i = 0,5(\psi_1 - \psi_2).$$

Измерения:

1. Буксирование

Сила сопротивления движению $P_{\psi} = D$

Вес автомобиля G .

2. Выбег автомобиля

Скорость в начале измерения - V_1 , км/ч.

Скорость в конце измерения - V_2 , км/ч.

Время измерения скорости от V_1 до V_2 - t , с.

Вычисления:

Коэффициент дорожного сопротивления:

При буксировании: $\psi = \frac{P_{\psi}}{G}$.

При выбеге: $P_{\psi} = P_j$; $P_{\psi} = mg\psi$;

$$P_j = m\delta_{\text{вр}} \frac{V_1 - V_2}{t};$$

$$\psi = \delta_{\text{вр}} \frac{V_1 - V_2}{gt}.$$

$$\psi = \delta_{\text{вр}} \frac{V_1 - V_2}{3.6gt};$$

$$\delta_{\text{вр}} = 1,04 + 0,05i_{\text{кпп}}^2;$$

$i_{\text{кпп}} = 1$ (на прямой передаче)

Коэффициент перекатывания (сопротивления качению):

При буксировании:

$$f = \frac{P_f}{G} = \frac{P_g}{G},$$

где P_{ψ} – показание динамометра (Д).

При выбеге:

$$i = \frac{\psi_1 + \psi_2}{2},$$

где ψ_1 - коэффициент дорожного сопротивления на подъеме; ψ_2 - коэффициент дорожного сопротивления на спуске.

Угол наклона дороги:

$$i \approx \sin \alpha = \frac{\psi_1 - \psi_2}{2}, \quad \alpha = \arcsin \frac{\psi_1 - \psi_2}{2}.$$

Таблица 18

Результаты измерений при буксировании

№ опыта	Направление движения	R_{ψ}	ψ	f	α
1	туда				
	обратно				
2	туда				
	обратно				
3	туда				

Таблица 19

Результаты измерений при выбеге

№ опыта	Направление движения	V_1	V_2	t	ψ	2f	α
1	туда						
	обратно						
2	туда						
	обратно						
3	туда						

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие силы, действующие на автомобиль, составляют силу сопротивления дороги?
2. Приведите формулу составляющих сил.
3. Приведите формулу общего вида для определения коэффициента сопротивления дороги.
4. Приведите формулу общего вида для малых углов подъема (до 5°).
5. Объясните природу возникновения силы сопротивления качению при движении автомобиля.
6. Приведите формулу общего вида силы сопротивления качению.
7. Приведите формулу общего вида для определения коэффициента сопротивления качению.
8. Какие факторы влияют на коэффициент сопротивления качению?
9. Как влияют на коэффициент сопротивления качению:
 - скорость двигателя автомобиля;
 - тип и состояние покрытия дороги;
 - тип шины;

- давление воздуха в шинах;
- нагрузка на колесо;
- момент, передаваемый через колесо.

10. Дайте понятие «сила сопротивления подъему» и составляющие части ее формулы: параллельную поверхности дороги, и перпендикулярную к поверхности.

11. Расскажите порядок определения коэффициента дорожного сопротивления Ψ буксированием и методом выбега.

12. Расскажите порядок определения коэффициента сопротивления качения f буксированием и методом выбега.

13. Расскажите порядок определения коэффициента уклона i .

IV ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ ПРОГРАММА КУРСА

1. Классификация испытаний.
 2. Испытания коробок передач.
 3. Измерение частоты вращения.
 4. Схема стенда с замкнутым контуром.
 5. Тензометрирование.
 6. Технический отчет.
 7. Методы проведения испытаний.
 8. Определение тягово-скоростных качеств автомобиля.
 9. Испытания автомобиля на управляемость и устойчивость.
 10. Определение угловой жесткости подвески автомобиля.
 11. Испытания сцеплений.
 12. Определение вертикальной упругой характеристики подвески.
 13. Испытание ведущих мостов.
 14. Определение тормозных свойств автомобиля.
 15. Определение жесткости рулевого механизма.
 16. Измерение внешнего шума автомобиля.
 17. Испытание на пассивную безопасность.
 18. Критерии оценки управляемости автомобиля.
 19. Определение топливной экономичности автомобиля.
 20. Виды испытаний.
 21. Определение характеристик амортизаторов.
 22. Принцип преобразования механических величин в электрические.
 23. Классификация стендов для испытаний трансмиссии автомобиля.
 24. Испытания на проходимость и параметры автомобиля, влияющие на это качество.
 25. Определение изгибных напряжений в деталях автомобиля.
 26. Назовите основные стадии жизненного цикла продукции, в которых следует производить испытания.
 27. Содержание технического задания на разработку продукции.
 28. Назовите основные виды испытания нового изделия.
- Обозначены сущность проведения приемо-сдаточных испытаний.

29. Порядок разработки и постановки на производство автомобилей и тракторов.
30. Задачи приемочной комиссии при испытаниях.
31. Аттестация испытательных организаций.
32. Стандартизация методов испытаний автомобилей и тракторов.
33. Какие параметры трактора задают в качестве основы для разработки исходных требований на его проектирование?
34. Какие параметры трактора и его систем определяют компоновочную схему трактора?
35. Укажите для определения чего используются показатели воспроизводимости результатов измерений.
36. Перечислите виды государственного метрологического надзора за средствами и методами измерений.
37. Приведите отличительные особенности ускоренных и нормальных испытаний автомобилей и тракторов.
38. Приведите отличия контрольной точки и контрольного образца.
39. Обозначьте основные средства измерений при испытаниях автомобилей и тракторов.
40. Приведите основные отличия абсолютной и относительной погрешностей.
41. Назовите характерные этапы определения количества измерений.
42. Обозначьте основные отличительные особенности обязательной и добровольной сертификации.
43. Обозначьте набор показателей, подлежащих оценке при испытаниях автомобилей.
44. Укажите цель аттестации испытательного оборудования.
45. Приведите примеры проведения внеочередной аттестации испытательного оборудования.
46. Приведите типовую номенклатуру показателей для оценки безопасности и эргономичности тракторов.
47. Что определяют при предварительной оценке безопасности обслуживания машины?
48. Перечислите основные показатели динамичности и устойчивости автомобилей и тракторов определяемых при дорожных испытаниях.
49. Приведите несколько вариантов оценки определения разгона автомобиля с места и раскройте их содержание.

50. Обозначьте сущность определения моментов переключения передач.
51. Перечислите основные факторы влияющие на устойчивость автомобиля и трактора.
52. Перечислите основные факторы влияющие на проходимость автомобиля и трактора.
53. Назовите определяемые показатели условий при испытаниях на динамичность и управляемость автомобилей и тракторов.
54. Обозначьте уравнение мощностного баланса в общем случае.
55. Перечислите основные энергетические показатели, оцениваемые при приемочных испытаниях.
56. Приведите особенность энергетической оценки МТА на грунтах со слабой несущей способностью.
57. Перечислите основные оценочные показатели топливной экономичности автомобилей и тракторов.
58. Перечислите основные эксплуатационно-технологические оценки автомобилей и тракторов.
59. Обозначьте параметры, по которым выполняется оценка соответствия эксплуатационной нагрузке рабочего механизма.
60. Приведите основные средства измерений и измерительного оборудования для эксплуатационно-технологической оценки машин.
61. Перечислите основные требования при эксплуатационно-технологической оценке автомобилей и тракторов.
62. Обозначьте понятия безотказности, долговечности, ремонтнопригодности и сохраняемости.
63. Укажите, на каком виде испытания не производится оценка продукции на ремонтнопригодность.
64. С какой целью проводятся исследовательские испытания?
65. Назовите основные виды испытания автомобиля.
66. Назовите основные виды испытания трактора.
67. Обозначены сущность проведения приемо-сдаточных испытаний. Приведите примеры.
68. Каковы отличия лабораторных испытаний от дорожных?
69. Основные требования к методам контроля показателей надежности.
70. Отрадите отличительные особенности стендовых ускоренных испытаний и полигонных ускоренных испытаний.
71. Какие применяются методы испытаний автомобилей при проведении лабораторных испытаний?

72. Каковы методы испытаний автомобилей в дорожных условиях?
73. Как проводятся испытания приводных валов?
74. Как классифицируют виды испытаний?
75. Каковы условия проведения испытаний?
76. Что входит в подготовку трактора к проведению испытаний?
77. Что входит в подготовку автомобиля к проведению испытаний?
78. Обозначьте задачу тяговых испытаний тракторов.
79. Приведите основные показатели опорных, тягово-сцепных и агротехнических свойств проходимости МТА и самоходных машин при испытаниях сельскохозяйственной техники.
80. Обозначьте, с какой целью осуществляется экономическая оценка при испытаниях автомобилей и тракторов.
81. Перечислите основные критерии экономической эффективности машин.
82. Как определяется степень изменения эксплуатационно-экономических показателей новой машины в сравнении с аналогом?
83. Перечислите каким требованиям должна отвечать аппаратура, применяемая при испытаниях автомобилей.
84. Каким образом можно исключить случайную погрешность?
85. Что включает в себя коэффициент тензочувствительности тензорезистора?
86. Назовите основные приборы для определения сил и моментов, действующих на узлы автомобиля;
87. Обозначьте принцип работы «пятого колеса» при измерении пути и скорости автомобиля.
88. Составление программы и методики проведения испытаний автомобилей и тракторов.
89. Определение количества измерений.
90. Математическая обработка результатов измерений.
91. Приборы для измерения температуры.
92. Агротехнические требования при проведении испытаний тракторов.
93. Метрологические требования при проведении испытаний тракторов и автомобилей.
94. Виды испытаний отремонтированных машин.
95. Сравнительные испытания.
96. Обозначьте основные средства измерений при испытаниях автомобилей и тракторов.

97. Требования безопасности к автомобилям и тракторам
98. Организация испытаний. Проведение испытаний, обработка результатов опытов и составление отчётности.
99. Задачи энергетической оценки.
100. Основные положения выборочных испытаний на надёжность.
101. Определение линейных размеров трактора.
102. Оценка топливной экономичности автомобилей и тракторов.
103. Оценка топливной экономичности мобильных машинно-тракторных агрегатов.
104. Определение регулировочных, скоростных и нагрузочных характеристик дизелей и ТНВД.
105. Определение нормальных реакций на колеса трактора.
106. Испытание на прочность шин для легковых автомобилей
107. Испытание на сопротивление отрыву борта шины для бескамерных шин для легковых автомобилей
108. Испытание на звук, производимый при качении
110. Общее ресурсное испытание шин для легковых автомобилей
111. Испытание на сцепление с мокрыми поверхностями
112. Основные показатели при испытаниях автомобилей и тракторов на проходимость.
113. Определение удельной силы тяги на ведущих колесах, коэффициентов сопротивления движению, сцеплению колес с грунтом и буксования.
114. Приведите отличия органолептического контроля от измерительного контроля.

ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

а) основная литература

1. Асмолов, Г.И. Виды информации и датчики в системах транспортной телематики: учебн. пособие / Г.И. Асмолов, В.М. Рожков, В.Г. Соколов. - М. : МАДИ, 2008. - 74 с.
2. Баринов, И.Н. Чувствительные элементы микромеханических датчиков давлений. Основы проектирования и разработки: учебн. пособие /И.Н. Баринов, В.С. Волков. - Пенза, 2013. - 80 с.
3. Безверхий, С.Ф. Основы полигонных испытаний и сертификация автомобилей /С.Ф. Безверхий, Н.Н. Яценко. - М.: Изд. стандартов, 1996. - 600 с.
4. Беляев, В.П. Испытания автомобиля: учебное пособие /В.П. Беляев - Челябинск.: Изд. ЮУрГУ, 2013. - 293 с.
5. Богатырев Н.В. Автомобили / Н.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский, А.В. Чернышов; под ред. А.В. Богатырева. – М.: Колос, 2001. – 496 с.
6. Богуш, М. В. Проектирование пьезоэлектрических датчиков на основе пространственных электротермоупругих моделей. /М.В. Богуш. - М.: Техносфера, 2014. - 312 с.
7. Варнаков, В.В. Сертификация на предприятиях технического сервиса агропромышленного комплекса/В.В. Варнаков, Д.В. Варнаков, Е.А. Варнакова. - М.: ООО "УМЦ "Триада", 2017. - 140 с.
8. Варнаков, В.В. Теоретические основы параметрической надежности тяговопортных средств в АПК/В.В. Варнаков, Д.В. Варнаков, Е.А. Варнакова. - М.: ООО "УМЦ "Триада", 2016. - 98 с.
9. Варнаков, В.В. Основы теории транспортных средств/В.В. Варнаков, Д.В. Варнаков. - Ульяновск.: УлГУ, 2009. - 149 с.
10. Варнаков, В.В. Основы сертификации предприятий технического сервиса/В.В. Варнаков, О.Н. Дидманидзе. - М.: ООО "УМЦ "Триада", 2066. - 148 с.
11. Вахламов В.К. Техника автомобильного транспорта. Подвижной состав и эксплуатационные свойства. - М.:Академия, 2004 г.- 112 с.
12. Вахламов В.К. Техника автомобильного транспорта. Подвижной состав и эксплуатационные свойства: Учебное пособие/ В.К. Вахламов. – М.: Академия, 2004. -528 с. (Высшее проф. образование).

13. Верещагин, С.Б. Планирование и оценка результатов испытаний колёсных и гусеничных машин: Учебное пособие. - М.: МАДИ (ГТУ), 2008 – 60 с.

14. ГОСТ 52302-2004. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний.

15. ГОСТ ISO 12003-2- 2016. Тракторы для сельского и лесного хозяйства. Устройства защиты при опрокидывании для колесных тракторов с узкой колеей. Часть 2. Устройства защиты при опрокидывании, установленные сзади. Технические требования и методы испытаний.

16. ГОСТ 25836-83. Тракторы. Виды и программы испытаний.

17. ГОСТ 7057-2001. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний.

18. ГОСТ 23734-98. Тракторы промышленные. Методы испытаний.

19. Соломатин, Н.С. Испытания узлов, агрегатов и систем автомобиля: учебн. пособие /Н.С. Соломатин - Тольятти,; Изд. ТГУ, 2013. - 143 с.

20. Финченко, Н.И. Испытание автомобилей и тракторов.: учебно-методическое пособие /Н.И. Финченко, Д.В. Халтурин, А.В. Давыдов - Томск.: Изд. ГАСУ, 2016. - 170 с.

21. Хусаинов, А.Ш. Пассивная безопасность автомобиля: учебное пособие / А. Ш. Хусаинов, Ю. А. Кузьмин. – Ульяновск.:УлГТУ, 2011. – 89 с.

б) дополнительная литература:

22. Гельман, Б.М. Сельскохозяйственные тракторы и автомобили. Книга 1. Двигатели /Б.М. Гельман, М.В. Москвин –М.: Агропромиздат, 1987. – 287 с.

23. Гельман, Б.М. Сельскохозяйственные тракторы и автомобили. Книга 2. Шасси и оборудование /Б.М. Гельман, М.В. Москвин – М.: Агропромиздат, 1987. – 335 с.

24. Классификация датчиков. Электрон. текстовые данные. Белорусский ГУИиР, 2011 - [Электронный ресурс] URL: <https://studfiles.net/preview/5519858/> (дата обращения 15.01.2018)

25. Колчин, А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей / А.И. Колчин, В.П. демидов - М.: :Высшая школа, 2002.

26. Кутьков, Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства / Г.М. Кутьков - М.: КолосС, 2004.

27. Кулаков, А.Т. Особенности конструкции, эксплуатации, обслуживания и ремонта силовых агрегатов грузовых автомобилей [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.Т Кулаков., А.С Денисов., А.А. Макушин - Электрон. текстовые данные.- М.: Инфра-Инженерия, 2013.- 448 с.- [Электронный ресурс] URL: <http://www.iprbookshop.ru/15704> (дата обращения 18.01.2018)/
28. Материалы семинара "Practical design techniques for sensor signal conditioning". - СПб.: ЗАО АВТЭКС, 2015. - 312 с.
29. Мехеда, В.А. Тензометрический метод измерения деформаций учебн. пособие /В.А. Мехеда. - Самара.: СГАУ, 2011. - 57 с.
30. Николаенко, А.В. Энергетические машины и установки ДВС. С-П., 2005 г.
31. Орехов, В.С. Конструирование пьезоэлектрических датчиков ускорения: учебн. пособие./В.С. Орехов – Ростов н/Д., 2008 –38 с.
32. Официальный перевод Кодекса 2 ОЭСР «Испытания эксплуатационных качеств сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов»: информ. издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 104 с.
33. Сазонов, В.В. Исследование реостатного датчика линейных перемещений. Методические указания к выполнению лабораторной работы № 1 по дисциплине "Теоретические основы автоматике, телемеханики и связи" /В.В. Сазонов. - Самара: СамИИТ, 2000. - 32 с.
34. Соснин, Д. Системы впрыска топлива для бензиновых двигателей. /Д. Соснин. - М.: Ремонт & Сервис. 2000, - № 2, С. 49-55.
35. Стуканов, В.А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля / В.А. Стуканов - М.: Форум, 2004.
36. Тензочувствительные датчики. [Электронный ресурс] URL: http://www.zetms.ru/support/articles/tenzo/tenzo_use.php. (дата обращения 20.01.2018)

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ.....	3
I	ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	4
II	ГЛОССАРИЙ.....	4
III	ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС.....	10
1	ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ.....	10
1.1	Понятие о проектировании.....	10
1.2	Критерии проектирования.....	13
	<i>Контрольные вопросы</i>	15
2	КЛАССИФИКАЦИЯ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ.....	16
2.1	Система испытаний.....	16
2.2	Виды испытаний автомобилей.....	17
2.3	Подготовка испытаний автомобилей.....	33
2.4	Виды испытаний тракторов.....	42
2.5	Подготовка испытаний тракторов.....	52
2.6	Виды испытаний оборудования.....	55
2.7	Рациональная организация испытаний.....	58
	<i>Контрольные вопросы</i>	60
3	ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ.....	61
3.1	Понятие датчика.....	61
3.2	Свойства датчиков.....	66
3.3	Тензочувствительные датчики.....	70
3.4	Магнитоупругие датчики.....	82
3.5	Индуктивные датчики.....	86
3.6	Емкостные датчики.....	98
3.7	Пьезоэлектрические датчики.....	105
3.8	Реостатные датчики.....	109
	<i>Контрольные вопросы</i>	111
4	ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ, ТРАКТОРОВ, МЕХАНИЗМОВ И СИСТЕМ.....	111
4.1	Условия подбора измерительных комплексов и систем..	111
4.2	Стендовые испытания.....	116
4.3	Испытания тягово-скоростных свойств.....	123
4.3.1	Испытания тягово-скоростных свойств автомобиля.....	123
4.3.2	Определение тормозных свойств автомобилей.....	137
4.3.3	Испытания тягово-скоростных свойств тракторов.....	143
4.3.4	Определение тормозных свойств тракторов.....	150
4.4	Испытания по определению топливной экономичности..	153

4.5	Испытания механизмов и систем автомобилей и тракторов	167
4.5.1	Испытания двигателей.....	167
4.5.2	Испытания сцеплений.....	189
4.5.3	Испытания коробки передач.....	202
4.5.4	Испытания ведущих мостов.....	216
4.5.5	Испытания приводных валов.....	221
4.5.6	Испытания амортизаторов и упругих элементов подвески.....	226
4.5.7	Испытания рулевого управления.....	236
4.5.8	Испытания шин и колес.....	254
4.5.9	Испытания рам и кузовов.....	269
4.5.10	Испытания на управляемость и устойчивость.....	278
4.5.11	Испытания на надежность.....	287
4.5.12	Испытания на шумность работы.....	295
4.5.13	Испытание агрегатов и элементов гидравлических систем.....	301
4.5.14	Испытание гидравлической навески.....	318
4.5.15	Испытание механических сцепных устройств или их элементов.....	320
	<i>Контрольные вопросы</i>	327
5	СЕРТИФИКАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ.....	328
5.1	Испытания автомобилей и автобусов.....	329
5.2	Испытания тракторов.....	347
	<i>Контрольные вопросы</i>	357
6	ПЛАНИРОВАНИЕ ИСПЫТАНИЙ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ.....	358
6.1	Планирование испытаний.....	358
6.2	Погрешности измеряемых величин.....	364
6.3	Обработка результатов испытаний.....	366
	<i>Контрольные вопросы</i>	368
7	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ.....	368
7.1	Лабораторная работа №1 определение центра тяжести трактора.....	368
7.2	Лабораторная работа №2 Нормальные реакции при работе трактора с прицепным орудием.....	373
7.3	Лабораторная работа №3 Нормальные реакции трактора при работе с навесным орудием.....	377
7.4	Лабораторная работа №4 Испытание гидроувеличителя сцепного веса (ГСВ).....	381

7.5	Лабораторная работа №5 Испытание силового и позиционного регулятора.....	384
7.6	Лабораторная работа №6 Испытание автомобиля на топливную экономичность.....	390
7.7	Лабораторная работа №7 Определение коэффициента дорожного сопротивления, коэффициента перекачивания и уклона дороги.....	394
IV	ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ ПРОГРАММА КУРСА.....	403
VI	ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА....	408

**Глушенко Андрей Анатольевич
Салахутдинов Ильмас Рифкатович**

Испытания транспортных и транспортно-технологических машин

Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и специальности «Наземные транспортно-технологические средства». –

Ульяновск: УлГАУ, 2022. – 414 с.

Подписано в печать 22.04.2022 г.

Формат 60x90/16 Бумага офсетная №1

Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 25,88

Тираж

Заказ

Адрес издателя: 432017, г. Ульяновск,

бульвар Новый Венец, 1

