

А.Халмухамедов

**ИСПЫТАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

А.Халмухамедов

**ИСПЫТАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**Рекомендован Президиумом Координационного совета межвузовских
методических объединений при Министерстве высшего и среднего
образования для вузов**

ТАШКЕНТ – 2020

Учебное пособие посвящено актуальным вопросам, связанным с испытаниями автотранспортных средств. Приведена подробная классификация и назначение различных видов испытаний. Описаны методы проведения дорожных и стендовых испытаний автотранспортного средства и его компонентов. Рассмотрены принципы измерения физических величин и современная испытательная аппаратура. Перечислены дорожные сооружения и лабораторные базы испытательных автомобильных полигонов.

Данное учебное пособие рекомендуется студентам высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 5А310607 «Испытания автотранспортных средств» (уровень образования - магистр).

Учебное пособие может быть полезно всем интересующимся испытаниями автотранспортных средств, а также автомобильным специалистам.

Рецензенты: д-р техн. наук, профессор кафедры “Наземные транспортные системы” ТГТУ
Абдазимов А.Д.;
к.т.н., доцент кафедры “Ремонт и эксплуатация строительно-дорожных машин и их оборудования” ТИПСЭАД Иброхимов С.И.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ИСПЫТАНИЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	10
1.1. Термины и определения	10
1.2. Виды испытаний автотранспортных средств	13
1.3. Характеристика видов испытаний	17
1.4. Подготовка к испытаниям	
Общие условия проведения испытаний	20
1.5. Основы техники безопасности при испытаниях автотранспортных средств	29
2. ДОРОЖНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	31
2.1. Испытания на дорогах общего пользования	31
2.2. Полигонные испытания	32
2.2.1. Дорожные испытания тормозных систем	34
2.2.2. Дорожные испытания на управляемость и устойчивость	36
2.2.3. Пробеговые (ресурсные) испытания	38
2.3. Испытания автотранспортных средств по оценке их габаритных и весовых параметров	40
2.4. Испытания автотранспортных средств на тягово-скоростные свойства	47
2.5. Испытания автотранспортных средств на топливную экономичность	54
2.6. Испытания автотранспортных средств на устойчивость, управляемость и маневренность	62
2.6.1. Определение угла поперечной (боковой) устойчивости	64
2.6.2. Определение бокового крена автотранспортного средства	66
2.6.3. Испытания на увод и занос	

автотранспортного средства на повороте	70
2.6.4. Испытания автотранспортных средств на управляемость	78
2.6.5. Испытания автотранспортных средств на маневренность	86
2.7. Испытания автотранспортных средств	
на тормозную эффективность	89
2.8. Испытания автотранспортных средств на плавность хода	98
2.8.1. Определение характеристик передней и задней подвесок	99
2.8.2. Определение характеристик колебаний подвесок	102
 3. СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	 118
3.1. Особенности стендовых испытаний	118
3.2. Испытания полнокомплектных автотранспортных средств	
на стендах с беговыми барабанами или роликами	120
3.2.1. Испытания полнокомплектных автотранспортных средств	126
3.3. Стендовые испытания агрегатов и систем	
автотранспортных средств	149
3.4. Испытания двигателей внутреннего сгорания	
автотранспортных средств	157
3.5. Испытания трансмиссий автотранспортных средств	171
3.5.1. Испытания сцеплений автотранспортных средств	188
3.5.2. Испытания коробок передач автотранспортных средств	191
3.6. Испытания рам, кузовов и кабин автотранспортных средств	192
3.7. Испытания подвесок автотранспортных средств	195
3.7.1. Испытания амортизаторов автотранспортных средств	196
3.8. Испытания шин автотранспортных средств	202
3.9. Испытания колёс автотранспортных средств	204
3.10. Испытания тормозных систем автотранспортных средств	206
3.10.1. Испытания тормозных механизмов автотранспортных средств	209
 4. СЕРТИФИКАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ	

АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	212
5. ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	221
6.ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ПОЛИГОНЫ	223
6.1. Виды испытательных автомобильных полигонов	223
6.2. Центр испытаний НАМИ (Дмитровский автомобильный полигон)	224
6.3. Автомобильный полигон IDIADA	241
7.ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН	248
7.1. Метрологическое обеспечение испытательного процесса	248
7.2. Типы датчиков	258
7.3. Тензометрирование	263
7.4. Обработка результатов испытаний	267
8.ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ И РЕГИСТРИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА	273
8.1. Измерительная система типа «пятое колесо» DB-PRINT	273
8.2. Оптический датчик скорости	275
8.3. Датчики угловой скорости колёс BALLUFF BDG 6360	277
8.4. Датчик ускорений и угловых скоростей TANS	279
8.5. Датчик усилия воздействия на орган управления рабочей тормозной системой	280
8.6. Измерительная система MSW/S Measurement Steering Wheel	281
8.7. Регистраторы данных с GPS-приёмником	283
8.8. Мобильная система сбора и обработки данных DAS-3	286
8.9. Измерительная система сбора и обработки данных CS 1016 FAMOS Online	290
8.10. Блок распределения питания Small 12V Power Distributor Box	292

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	294
ПРИЛОЖЕНИЕ А	97
Форма типового протокола испытаний	
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	298

ВВЕДЕНИЕ

Испытания были и по-прежнему остаются самым надежным средством определения свойств и характеристик любых наземных транспортных средств и их компонентов.

Практические испытания никогда не потеряют своей актуальности, несмотря на бурное развитие расчётных методов определения параметров движения автотранспортных средств, различных характеристик их компонентов. Огромный прогресс в развитии вычислительной техники, увеличение вычислительных мощностей привели к колоссальному качественному развитию расчётных методов определения параметров узлов и агрегатов, а также комплектных транспортных средств. Появились возможности учитывать в расчётах всё большее и большее количество факторов, так или иначе влияющих на результат. Однако только экспериментальные исследования и испытания позволяют с однозначной достоверностью подтвердить или опровергнуть результаты теоретических расчётов. Только испытания могут ответить на вопрос о том, были ли учтены в расчётах все существенные факторы, справедливы ли принятые в математических моделях допущения.

Когда речь идёт о безопасности конструкции транспортных средств, система сертификации, принятая в Республики Узбекистан только в определенных случаях допускает подтверждение параметров безопасности, установленных в соответствующих нормативных документах, расчётными методами. В большинстве случаев совершенно справедливо требуется проведение практических сертификационных испытаний.

В связи с этим следует обратить особое внимание на грамотность учёта, регистрации и поддержания условий проведения испытаний. Так как для результатов испытаний, их объективность, стабильность и повторяемость существенно зависят от условий их выполнения.

Точность и достоверность результатов испытаний в значительной степени определяется типом используемой измерительной и регистрирующей

аппаратуры. Правильный её выбор оказывает большое влияние на качество испытательного процесса, служит залогом высокой производительности труда испытателей.

Наряду с методиками проведения испытаний, отдельным искусством следует признать правильность интерпретации данных, полученных в результате испытаний. Способы и методы обработки данных испытаний являются ключевым фактором, влияющим на их результат. Анализ и разработка новых методов обработки данных испытаний являются важной областью прикладной науки и осуществляются при помощи последних достижений математики на самой современной вычислительной технике.

Появление принципиально новых типов объектов испытаний, развитие испытательных автомобильных полигонов, создание и применение современного инновационного испытательного оборудования выводят практику испытаний на качественно новый этап своего развития.

Определение ранее неизвестных свойств объектов испытаний часто сопряжено с повышенным уровнем опасности. Эту опасность нельзя полностью устранить, но можно значительно уменьшить. Необходимым условием проведения любых испытаний следует признать обеспечение приемлемого уровня безопасности всех участников испытательного процесса, окружающих и природной среды. Накопленный опыт организации и проведения испытаний позволяет сформулировать ряд организационных и технических правил, которые существенно снижают степень опасности, присущей и испытаниям.

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ИСПЫТАНИЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

1.1. Термины и определения

Испытания - экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик объекта испытаний, полученных в результате воздействия на него различных факторов в определённых условиях.

Важнейшим признаком любых испытаний является принятие на основе их результатов определенных решений. Другим признаком испытаний является задание определенных условий испытаний (реальных или моделируемых), под которыми понимается совокупность воздействий на объект и режимов функционирования объекта.

Определение характеристик объекта при испытаниях может производиться как при его функционировании, так и без функционирования, при воздействии на него различных факторов, до и после их приложения.

Условия испытаний - совокупность воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта при испытаниях.

К условиям испытаний относятся внешние воздействующие факторы, как естественные, так и искусственно создаваемые, а также внутренние воздействия, вызываемые функционированием объекта (например, нагрев, вызываемый трением или прохождением электрического тока), и режимы функционирования объекта, способы и место его установки, монтажа, крепления, скорость перемещения и т.п.

Нормальные условия испытаний - условия испытаний, установленные нормативно-технической документацией на данный вид продукции.

Объект испытаний - автотранспортное средство или его компонент, подвергаемый испытаниям. Главным признаком объекта испытаний является то, что по результатам испытаний принимается то или другое решение по этому объекту: о его годности или браке, возможности предъявления на следующие испытания, возможности серийного выпуска и т.д.

Образец для испытаний - автотранспортное средство или его компонент, непосредственно подвергаемый эксперименту при испытаниях.

Опытный образец - автотранспортное средство или его компонент, изготовленный по вновь разработанной рабочей документации для проверки путем испытаний соответствия его заданным техническим требованиям с целью принятия решения о возможности постановки на производство и (или) использования по назначению.

Макетный образец - изделие, представляющее упрощенное воспроизведение объекта испытаний или его части и предназначенное для испытаний.

Серийный образец - автотранспортное средство или его компонент массового производства.

Установочная серия - первая промышленная партия автотранспортных средств, изготовленная в период освоения производства по технической документации серийного или массового производства с целью подтверждения готовности производства к выпуску автотранспортных средств с установленными требованиями и в заданных объёмах.

Метод испытаний - правила применения определенных принципов и средств испытаний.

Программа испытаний - организационно-методический документ, обязательный к выполнению, устанавливающий объект и цели испытаний, виды, последовательность и объем проводимых экспериментов, порядок, условия, место и сроки проведения испытаний, обеспечение и отчетность по ним, а также ответственность за обеспечение и проведение испытаний.

Методика испытаний - организационно-методический документ, обязательный к выполнению, включающий в себя метод испытаний, средства и условия испытаний, отбор проб, алгоритмы выполнения операций по определению одной или нескольких взаимосвязанных характеристик свойств объекта, формы представления данных и оценки точности, достоверности результатов, требования техники безопасности и охраны окружающей среды.

Средство испытаний - техническое устройство (вещество) и (или) материал для проведения испытаний.

Понятием «средство испытаний» охватываются любые технические средства, применяемые при испытаниях. Сюда относится, прежде всего, испытательное оборудование, под которым понимаются средства воспроизведения условий испытаний. В средства испытаний включаются средства измерений, как встроенные в испытательное оборудование, так и применяемые при испытаниях для измерений тех или иных характеристик объекта или контроля условий испытаний. К средствам испытаний следует также относить вспомогательные технические устройства регистрации и обработки результатов.

Испытательное оборудование - средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий испытаний.

Контрольные испытания - испытания, проводимые для контроля качества объекта.

Точность результатов испытаний - свойство испытаний, характеризующее близостью результатов испытаний к действительным значениям характеристик объекта, в определенных условиях испытаний.

Воспроизводимость методов и результатов испытаний - характеристика, определяемая близостью результатов испытаний идентичных образцов одного и того же объекта по одной и той же методике в разных лабораториях, разными операторами с использованием различного оборудования.

Данные испытаний - регистрируемые при испытаниях значения характеристик свойств объекта и (или) условий испытаний, а также других параметров, являющихся исходными для последующей обработки.

Результат испытаний - оценка характеристик свойств объекта, установление соответствия объекта заданным требованиям по данным испытаний, результаты анализа качества функционирования объекта в процессе испытаний.

Протокол испытаний - документ, содержащий необходимые сведения об объекте испытаний, применяемых методах, средствах и условиях испытаний, результаты испытаний, а также заключение по результатам испытаний, оформленный в установленном порядке.

Технический отчет по испытаниям - материалы испытаний, оформленные в виде протоколов, актов, ведомостей, проиллюстрированные схемами, фотографиями и графиками.

1.2. Виды испытаний автотранспортных средств

Испытания автотранспортных средств различаются по испытываемым объектам, целевому назначению, способам и условиям проведения, определяемым эксплуатационным свойствам и т.д.

Испытываемыми объектами могут являться:

- опытные и макетные образцы новых или модернизированных автотранспортных средств;
- образцы установочной серии автотранспортных средств новой модели;
- серийные образцы автотранспортных средств;
- автотранспортные средства-аналоги.

По целевому назначению испытания подразделяются на:

- лабораторно-отрабочные испытания (ЛОИ);
- конструкторско-доводочные испытания (КДИ);
- предварительные;
- приёмочные;
- сертификационные;
- приёмо-сдаточные испытания (ПСИ);
- квалификационные;
- инспекционные (в том числе периодические);
- ресурсные;
- эксплуатационные;

- исследовательские;
- учебные.

По оцениваемым эксплуатационным свойствам автотранспортных средств различают испытания на тягово-скоростные свойства, тормозные свойства, топливную экономичность, управляемость, устойчивость, надежность и др.

По применяемым средствам испытаний и месту их проведения испытания подразделяются на следующие виды: стендовые (в лабораториях), дорожные (на дорогах общего пользования и полигонные) и виртуальные.

По степени интенсивности процессов нагружения или режимов испытаний их подразделяют на нормальные и ускоренные.

По способам организации и выполнения могут быть выделены сравнительные и экспертные испытания.

Испытания, которые проводятся в специальных условиях эксплуатации (например, в жарком или холодном климате, в высокогорье) называются испытаниями в особых условиях.

Таблица 1.1

Виды (категории) испытаний	Объекты испытаний	Цели испытаний
1. Исследовательские 1.1.Поисковые	Макетные и опытные образцы	Выбор и обоснование оптимальных значений показателей эксплуатационных свойств, проверка и подтверждение конструктивных схем и параметров, конструкционных материалов и т.п., отработка технических требований для включения в техническое задание (ТЗ) на разработку
1.2.Доводочные	Опытные образцы	Определение и 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 (КД), стандартов, правил и норм безопасности, санитарно-гигиенических норм и других нормативных документов, в том числе международных правил и национальных норм и правил стран, в которые планируется экспорт автотранспортных средств.

Виды (категории) испытаний	Объекты испытаний	Цели испытаний
		Примечание. Исследовательские испытания в необходимых случаях могут проводиться на любом этапе разработки, производства и эксплуатации автотранспортных средств для нахождения (поиска) оптимальных конструктивных решений, углубленного изучения рабочих процессов полнокомплектных автотранспортных средств, их частей, агрегатов, узлов и деталей с целью оценки эффективности и целесообразности вносимых изменений в конструкцию, технологические процессы изготовления и правила эксплуатации.
2. Предварительные	Опытные образцы	Проверка соответствия опытных образцов ТЗ и требованиям нормативно-технической и другой документации, перечисленной в п. 1.2. Определение предварительных значений показателей надежности полнокомплектного автотранспортного средства, его частей, агрегатов, узлов и деталей в процессе функционирования. Определение предварительной номенклатуры запасных частей. Определение необходимой конструкторской доработки и внесение изменений в образцы автотранспортных средств для приемочных испытаний. Определение возможности предъявления образцов автотранспортных средств на приемочные испытания.
3. Приемочные	Опытные образцы	Определение соответствия опытных образцов автотранспортных средств ТЗ, требованиям стандартов, в том числе международных, национальных (при необходимости) и КД. Оценка технического уровня. Определение целесообразности постановки автотранспортного средства на производство и использования по назначению.
4. Квалификационные (установочные)	Образцы установочной серии (первой промышленной партии)	Проверка эффективности мероприятий по устранению недостатков, обнаруженных в приемочных испытаниях. Оценка соответствия образцов установочной серии техническим условиям и другим документам, перечисленным в пп. 1-3. Проверка отработанности (освоения) технологии изготовления основных агрегатов, узлов, деталей и полнокомплектного автотранспортного средства путем комплексной оценки качества.
5. Приемочно-сдаточные	Образцы серийного и	Проверка соответствия автотранспортных средств серийного и массового производства

Виды (категории) испытаний	Объекты испытаний	Цели испытаний
	массового производства	требованиям технических условий, конструкторской документации и инструкциям по технической эксплуатации, а также условиям поставки, предусмотренным документами о порядке приемки и поставки автотранспортных средств, их агрегатов, узлов и деталей, договорами или другими двусторонними обязательствами между предприятием-изготовителем и заказчиком.
6. Периодические (краткие контрольные - ККИ)	Образцы серийного и массового производства	Проверка соответствия автотранспортного средства ТУ, требованиям стандартов и КД в объеме, предусмотренном нормативно-технической документацией на данный вид испытаний. Проверка стабильности качества изготовления, в том числе сборки, регулировки, отделки и др. Подтверждение уровня качества изготовления автотранспортного средства, выпущенного в течение контролируемого периода. Подтверждение возможности продолжения изготовления по действующей конструкторско-технологической документации.
7. Инспекционные (длительные контрольные испытания - ДКИ)	Образцы серийного и массового производства	Проверка соответствия образцов серийного и массового производства ТУ и стандартам в объеме, предусмотренном НТД на данный вид испытаний. Проверка стабильности качества изготовления. Проверка надежности (безотказности) в пределах не менее гарантийного пробега (наработки). Проверка эффективности конструктивных и технологических мероприятий, проведенных на производстве для устранения недостатков, выявленных в предыдущих ДКИ, оценка эффективности корректирующих воздействий.
8. Испытания на надежность (ресурсные испытания)	Образцы серийного и массового производства	Подтверждение (определение) заданного или объявленного ресурса до капитального ремонта полнокомплектного автотранспортного средства или основных (базовых) его агрегатов. Определение и оценка значений показателей надежности и изменения значений показателей других эксплуатационных свойств автотранспортного средства за период испытаний. Определение фактического расхода и уточнение предварительной номенклатуры запасных частей и расхода эксплуатационных свойств в зависимости от величины пробега (наработки). Проверка эффективности изменений, внедренных в конструкцию и (или) технологию изготовления автотранспортного средства.

Виды (категории) испытаний	Объекты испытаний	Цели испытаний
9. Эксплуатационные	Образцы серийного и массового производства	Оценка соответствия автотранспортных средств условиям и требованиям эксплуатации (оценка приспособленности к заданным функциям) автотранспортного средства, исходя из его типа и назначения, указанных в ТЗ и (или) ТУ. Определение ресурса до капитального ремонта и накопление данных по надежности автотранспортного средства и его 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 расходов запасных частей, эксплуатационных материалов, стоимости ремонтных воздействий в зависимости от величины пробега (наработки) и условий эксплуатации. Проверка в условиях эксплуатации эффективности изменений, внесенных в конструкцию и технологию изготовления автотранспортного средства. Примечания. 1. При включении эксплуатационных испытаний в качестве этапов доводочных, приемочных и квалификационных испытаний цели их устанавливаются в соответствии с предусмотренными в пп. 1.2; 2; 3. 2. Эксплуатационные испытания опытных образцов могут проводиться только после положительных результатов проверки (испытаний) их активной и пассивной безопасности.
10. Сертификационные	Образцы серийного (мелко-серийного) и массового производства	Определение и официальное подтверждение соответствия показателей эксплуатационных свойств и качества автотранспортного средства требованиям и нормативам международных и (или) национальных стандартов, норм и правил. (Подробнее см. разд. 1.5)

1.3. Характеристика видов испытаний

Лабораторно-отработочные испытания проводятся для принципиального подтверждения работоспособности конструкции объекта испытаний.

Конструкторско-доводочные испытания проводят в процессе

разработки опытных образцов для оценки влияния вносимых в них изменений с целью достижения требуемых показателей качества.

Предварительные испытания - контрольные испытания опытных образцов автотранспортных средств, проводимые для определения возможности их предъявления на приемочные испытания.

Приёмочные испытания - контрольные испытания опытных образцов автотранспортных средств, проводимые соответственно для решения вопроса о целесообразности постановки на производство модели или передачи ее в эксплуатацию.

Сертификационные испытания выполняются уполномоченными организациями с целью установления соответствия характеристик свойств автотранспортного средства или его компонентов требованиям международных или национальных нормативно-технических документов на предмет выдачи разрешения установленной формы на эксплуатацию автотранспортного средства в соответствующей стране.

Квалификационные испытания - контрольные испытания установочной серии или первой промышленной партии, проводимые с целью оценки готовности предприятия к выпуску продукции данного типа в заданном объеме.

Приемо-сдаточные испытания автотранспортных средств текущего производства проводятся для определения соответствия их технической документации.

Инспекционные испытания (периодические контрольные) - проверка соответствия автотранспортного средства техническим условиям и другой нормативной документации, и качества его изготовления; проверка стабильности качества изготовления; проверка надежности автотранспортного средства, его агрегатов и узлов в пределах гарантийного срока; оценка эффективности конструктивных и технологических мероприятий, внедренных в производство за период, прошедший после выпуска автотранспортных средств, прошедших предыдущие контрольные

испытания.

Ресурсные испытания - испытания на долговечность, проводимые для определения технического ресурса автотранспортного средства или подтверждения назначенного ресурса.

Эксплуатационные испытания - испытания на соответствие автотранспортного средства условиям и требованиям эксплуатации.

Исследовательские испытания проводят для изучения рабочих процессов механизмов, агрегатов и систем, эксплуатационно-технических свойств, нагрузочных, тепловых и скоростных режимов работы агрегатов автотранспортного средства и т.п.

Учебные испытания проводятся с целью ознакомления с существующими нормативными документами и приобретения практических навыков подготовки, проведения и обработки данных дорожных и стендовых испытаний автотранспортных средств и его компонентов.

Сравнительные испытания проводятся для сопоставления характеристик эксплуатационных свойств двух и более однотипных автотранспортных средств.

Экспертные испытания проводятся специалистами в области испытаний и эксплуатации автотранспортных средств с целью оценки показателей эксплуатационных свойств автотранспортных средств, для определения которых инструментальные методы исследования и оценки не могут дать окончательного результата ввиду сложности и неоднородности системы водитель - автотранспортное средство - дорога.

Виртуальные испытания представляют собой исследование на компьютере математической модели автотранспортного средства или его компонентов. Необходимые исходные данные для создания математической модели могут определяться при выполнении стендовых или дорожных испытаний.

1.4. Подготовка к испытаниям. Общие условия проведения испытаний

Подготовка к испытаниям включает в себя следующие этапы:

1. Составление программы и методики испытаний.

2. Отбор испытательных образцов.

3. Диагностирование и устранение неисправностей, которые препятствуют нормальной работе автотранспортного средства и его агрегатов и могут отразиться на результатах или безопасности испытаний.

4. Установка на автотранспортном средстве испытательной аппаратуры или выполнение подготовительных работ (установка кронштейнов, датчиков, проводки и т.д.).

5. Оснащение автотранспортного средства сопровождения.

6. Подготовка испытательного участка.

Программа и методика испытаний разрабатываются на основе цели и задач конкретных испытаний.

При отборе испытательных образцов необходимо исключить выбор лучшего по качеству образца. При проведении ресурсных испытаний допускается устранение нехарактерных неисправностей, которые могут привести к срыву программы длительных испытаний.

Автотранспортное средство сопровождения необходимо для перевозки от лабораторной базы к месту испытаний испытательного оборудования и вспомогательного персонала. В объекте испытаний перевозка испытательного оборудования и вспомогательного персонала не производится из-за возможного повреждения дорогостоящей и технически сложной измерительной и регистрирующей аппаратуры. Из автотранспортного средства сопровождения осуществляется контроль технического состояния объекта испытаний и испытательной аппаратуры при передвижении по подъездным дорогам. Также с помощью автотранспортного средства сопровождения осуществляется необходимая техническая коммутация лабораторной базы с испытательным участком.

В подготовку испытательного участка входит его выбор, обеспечение

необходимого состояния дорожной поверхности и разметка специальными резиновыми конусами или любыми другими возможными способами.

В обязательную к выполнению программу испытаний, как правило, включаются следующие разделы:

1.Объект испытаний с указанием полного наименования автотранспортного средства, индекса и обозначения, количества испытываемых образцов и их пробег (наработка) до начала испытаний, описания конструктивных особенностей, влияющих на измеряемые показатели, и других сведений, в том числе и об аналоге для сопоставления.

2.Цель испытаний с указанием конкретных задач, которые должны быть решены как в процессе проведения, 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 отработки конструкции;

перечня руководящих документов, используемых при проведении испытаний;

обоснования выбранного метода испытаний (при необходимости).

4.Условия и порядок проведения испытаний, где указывается:

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

метеорологические условия проведения и допустимые отклонения условий испытаний от заданных в ТУ или тактико-технических заданиях (ТТЗ, ТЗ) или другой нормативно-технической документации (НТД);

требования к загрузке, техническому обслуживанию, хранению испытываемой автотранспортного средства;

взаимодействие организаций, участвующих в испытаниях;

материально-техническое обеспечение, в том числе вспомогательные

технические средства, расходуемые материалы и запасные части, транспортное обслуживание, необходимая конструкторская и технологическая документация на автотранспортное средство;

метрологическое обеспечение, включая применяемые измерительные приборы и аппаратуру, необходимые для достижения требуемой точности экспериментальных оценок параметров;

требования к квалификации персонала, выполняющего испытания и обслуживание;

требования по технике безопасности.

5. Объем испытаний, где предусматривается:

перечень этапов испытаний и экспериментов (проверок) и последовательность их проведения;

перечень количественных и качественных показателей эксплуатационных свойств автотранспортного средства, подлежащих определению и оценке;

продолжительность, в том числе посезонную;

общая наработка (пробег) автотранспортного средства в процессе испытаний;

цикличность испытаний (при необходимости).

6. Методы испытаний, где указывается:

методика выполнения экспериментов по пунктам программы для определения и оценки эксплуатационных свойств и характеристик автотранспортного средства;

порядок и способы регистрации, обработки, анализа и оценки результатов испытаний;

требования к достоверности и точности обработки получаемой информации;

требования по технике безопасности эксперимента и охране окружающей среды.

7. Отчетность с указанием:

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

перечня рассылки или предъявления отчетных документов.

8. Приложение, где указываются: перечень нормативно-технических документов, применяемых при испытаниях, и другие поясняющие или справочные материалы.

Разработка рабочих программ испытаний основывается на ТЗ или ТУ на данное автотранспортное средство 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 автотранспортных средств, 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 программы-методики, типовые методики и инструкции по организации испытаний разрабатываются и аттестуются как руководящие документы (РД), методические указания (МУ).

Разрабатывают рабочие программы предприятия-разработчики, изготовители и испытательные организации в сроки, указываемые в планах или приказах (распоряжениях) об организации и проведении испытаний.

Программа испытаний будет наиболее эффективной, если ее разработка будет проводиться одновременно с разработкой конструкции и учитываться всеми подразделениями разработчика автотранспортного средства на стадии проектирования. Более того, в конструкции автотранспортного средства должны учитываться требования и условия ее будущих испытаний и оценки.

Общими требованиями к программам и методикам испытаний являются: применение прогрессивных, экономически обоснованных методов их

организации и проведения, достоверных методов измерений с использованием результатов теоретических и экспериментальных работ по созданию данного автотранспортного средства, применение ускоренных или форсированных испытаний тех видов, которые имеют большую продолжительность (например, ресурсных).

Этап проведения испытаний является реализацией разработанной программы во времени и пространстве.

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 и систематическая проверка качества работы и выявление случаев отступлений от требований программы, установленных сроков и предусмотренных затрат.

Обеспечивается высокое качество проведения испытаний рядом организационных мероприятий, к числу которых относятся:

установление независимости и беспристрастности непосредственных руководителей испытаний при их высокой компетентности;

четкое 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 техники для управления процессом испытаний и контроля;

своевременная поверка, калибровка измерительной аппаратуры и подготовка испытательного оборудования и сооружений (очистка дорог автомобильного полигона, измерительных площадок, бассейнов, стендов,

весов и т.п.);

разработка инструкций и рациональных форм регистрации проводимых экспериментов и их результатов, своевременное обеспечение соответствующими бланками и журналами с облегченными формами регистрации наблюдений персоналом испытаний;

установление порядка регистрации изменений или отклонений от программы (вынужденных или по ошибке) с целью исключения скрытых отступлений от предусмотренных условий, могущих повлиять на анализ результатов проводимых 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.

На этапе проведения испытаний особо важное значение имеет полнота и своевременность материального обеспечения. Повсеместный опыт показывает, что при испытаниях такой сложной техники как автотранспортные средства и в опытных, и в серийных образцах срывы хорошо отработанной программы происходят чаще всего из-за несвоевременного материального обеспечения, в особенности запасными частями и материалами.

Возникают и иные непредвиденные отклонения от намеченных программой условий (выход из строя испытательного оборудования, изменение погодных условий, поставка иного количества образцов против планировавшегося), которые при системном подходе к проведению испытаний могут рассматриваться как "возмущения" программы. Поэтому испытатели должны быть подготовлены к необходимости принятия обоснованного оперативного решения по корректировке программы или компенсации влияния возмущающего воздействия с соблюдением установленного порядка согласования и утверждения таких решений. 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 испытываемого автотранспортного средства 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 автотранспортного средства, процесса его 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 расчет показателей надежности, комплексных показателей качества и т.п.

На основе анализа результатов испытаний вырабатываются рекомендации, заключения, предложения для принятия решений на распорядительном уровне по достижению целей, предусматриваемых в организации испытаний данной модели автотранспортного средства.

Отчетность по проведенным испытаниям имеет значение не только как официальный документ о выполнении задач испытаний, но и как важнейший источник накопления информации. Регулярность проведения испытаний, расширение эксплуатационных наблюдений (испытаний) создают возможность отчетливого представления тенденций развития новых, ранее неизвестных, закономерностей, влияния зональных особенностей на функционирование отдельных типов машин и других важных особенностей, выявляемых только при обобщении накопленных данных.

В связи с этим приобретает значение унификация формы отчетных документов. В ряде специализированных испытательных организаций, где систематически проводятся разного вида испытания однотипных машин, форма отчетности разработана с учетом возможности ввода результатов испытаний в память ЭВМ и включения их в автоматизированную систему (например, подсистема "Надежность" или подсистема ЛДИ - лабораторно-дорожные испытания - на Центральном автомобильном полигоне). Эффективность создания таких систем с банком данных по результатам различных видов испытаний подтверждается пользователями разного уровня и на всех этапах жизненного цикла.

Для последующего краткого описания содержательной части испытаний удобнее воспользоваться иной, отличной от представленной в табл. 1.1, "внесистемной" классификацией, традиционно сложившейся в автомобилестроении, в частности, по признакам используемого оборудования, места, способов проведения.

Условия проведения испытаний определяются программой и методикой, которые разрабатываются исходя из целей и задач конкретных испытаний.

Для получения воспроизводимости результатов испытаний необходимо выполнение некоторых общих условий проведения испытаний.

Автотранспортное средство, предоставляемый на испытания, должен пройти **обкатку** в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Приработка

механизмов позволяет избежать поломки агрегатов и деталей в результате больших нагрузок при испытаниях, а также обеспечить их оптимальные характеристики. Использование необкатанного автотранспортного средства может привести к искажению результатов испытаний.

Применяемые **топливо и смазочные материалы** также должны соответствовать указанным ГСМ в руководстве по эксплуатации автотранспортного средства.

В случае длительных испытаний (например, пробеговых) необходимо выполнять плановое **техническое обслуживание** автотранспортного средства в соответствии с регламентом завода-изготовителя. Для ускоренных ресурсных испытаний техническое обслуживание должно выполняться через более короткие интервалы с учётом коэффициента ускорения при испытаниях.

Состояние дорожной поверхности испытательного участка и **метеорологические условия** проведения испытаний должны быть регламентированы методиками испытаний и поддерживаться в определённых допускаемых пределах в процессе испытательных заездов.

Перед проведением контрольных заездов необходимо прогреть двигатель и другие агрегаты автотранспортного средства пробегом с достаточно высокой скоростью для обеспечения теплового режима в заданных пределах.

Весовое состояние автотранспортного средства во время испытаний регулируется с помощью балласта. Основными весовыми состояниями при испытаниях автотранспортного средства являются:

- 1)снаряжённая масса автотранспортного средства вместе с испытательной аппаратурой, испытателем-экспертом и (или) оператором;
- 2)полная масса автотранспортного средства.

Разновидности применяемого балласта (рис. 1.1):

- чугунные гири массой от 25 кг;
- мешки с песком или дробью массой от 25 кг;
- водоналивные манекены или канистры.

Балласт должен быть надёжно закреплён во время испытаний.



Рис. 1.1. Балластировка автомобиля водоналивными манекенами

Испытания автотранспортного средства характеризуются повышенной опасностью. Испытания разрешается проводить только при соблюдении требований техники безопасности, действующей на автомобильном полигоне или в лаборатории.

1.5. Основы техники безопасности при испытаниях автотранспортных средств

Ниже приведены ключевые моменты, на которые следует обратить внимание при организации охраны труда во время проведения испытаний.

Необходимо официально назначить руководителя испытаний, который несёт ответственность за безопасность людей, работоспособность измерительной аппаратуры и сохранность испытательного оборудования.

Руководитель испытаний должен присутствовать при подготовке и проведении испытаний, обеспечивать соблюдение мер безопасности и выполнение программы испытаний.

Руководитель должен разъяснить каждому участнику испытаний его задание и обязанности, указать рабочее место, которое требуется занимать во время испытаний.

Испытания должны проводиться на специально отведённом участке или в специально оборудованной лаборатории.

Испытания должны быть прекращены при угрозе съезда

автотранспортного средства со стенда.

Испытания должны быть прекращены при неисправностях системы отвода отработавших газов в лаборатории.

Испытатель и оператор должны быть пристёгнуты ремнём безопасности и экипированы защитными шлемами автомобильного типа.

Применяемые при проведении испытаний измерительные и регистрирующие приборы должны быть надёжно закреплены и не мешать управлению автотранспортным средством.

При обнаружении неисправностей испытания должны быть приостановлены до их устранения.

Испытания должны быть прекращены при угрозе опрокидывания автотранспортного средства.

На автотранспортном средстве должны быть постоянно во время движения включены фары «ближнего света» или дневные ходовые огни. При контрольных заездах фары автотранспортного средства должны быть включены в положение «дальний свет».

После окончания испытаний необходимо отключить электропитание измерительной и регистрирующей аппаратуры и восстановить временно отключенные элементы автотранспортного средства.

2.ДОРОЖНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Дорожные испытания автотранспортных средств проводятся для определения технических характеристик автотранспортных средств в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации.

Дорожные испытания выполняются либо на дорогах общего пользования, либо на специализированных испытательных автомобильных полигонах.

2.1. Испытания на дорогах общего пользования

Основными задачами, которые решаются при испытаниях автотранспортных средств на дорогах общего пользования, являются задачи эксплуатационных испытаний, а именно:

1.Определение закономерности возникновения отказов в зависимости от наработки.

2.Выявление критериев предельного состояния и ресурса автотранспортного средства в целом или его отдельных узлов, агрегатов, деталей.

3.Определение фактической потребности в запасных частях, эксплуатационных расходов.

4.Выявление приспособленности к ремонту.

5. Определение типичных повреждений, различных типов отказов, относительной доли каждого типа в их общем количестве.

6.Статистическая оценка стоимости ремонта и затрат на поддержание в работоспособном состоянии от начала эксплуатации и до истечения гарантийного срока, до исчерпания объявленного ресурса, до списания.

Преимуществом данного вида испытаний являются наиболее достоверные результаты из-за наибольшей приближенности эксплуатации автотранспортного средства к реальным условиям эксплуатации.

Недостатки таких испытаний:

1)длительные сроки получения информации, которые возрастают по мере

повышения надежности конструкции АТС;

2) существует вероятность потери объекта испытаний из-за ДТП, которая приведёт к уничтожению ценных данных испытаний;

3) необходимо принимать меры для обеспечения секретности при проведении испытаний.

Эксплуатационные испытания опытных и серийных образцов проводятся силами производителя автотранспортного средства. Эксплуатационные испытания серийных образцов проводятся также потребителем автотранспортного средства в режиме рядовой эксплуатации. Производитель собирает и анализирует информацию обо всех возникающих неисправностях автотранспортных средств и его компонентов, находящихся в эксплуатации у потребителей, оценивает ресурс автотранспортного средства в целом и его агрегатов в отдельности, анализирует затраты на ремонт и техническое обслуживание.

Для маскировки прототипов во время испытаний на дорогах общего пользования используется специальная раскраска и изменяющие форму кузова элементы из пластика и пенополиуретана (рис. 2.1). Однако изменение формы кузова искажает результаты испытаний отдельных свойств (аэродинамических, топливной экономичности и т.п.).



Рис. 2.1. Варианты камуфляжной раскраски автомобилей

2.2. Полигонные испытания

Преимущества дорожных полигонных испытаний заключаются в

следующем:

- 1)уменьшении времени, трудовых и материальных затрат на проведение испытания;
- 2)наличии большой материально-технической базы (логистики) и высококвалифицированного персонала;
- 3)стабильности условий проведения испытаний;
- 4)возможности форсирования внешних воздействий, приводящих к увеличению скорости выявления слабых мест конструкции автотранспортного средства;
- 5)обеспечении необходимого уровня секретности испытаний.

На испытательных полигонах проводятся следующие виды дорожных испытаний:

- 1)определение тягово-скоростных свойств автотранспортных средств;
- 2)определение топливной экономичности;
- 3)испытания тормозных систем;
- 4)испытания на управляемость и устойчивость;
- 5)испытания на проходимость;
- 6)испытания уровня внутреннего и внешнего шума;
- 7)испытания на плавность хода;
- 8)пробеговые (ресурсные) испытания;
- 9)исследование влияния резонансных колебаний и вибраций на работу и прочность различных узлов и систем автотранспортного средства;
- 10)испытания на герметичность основания кузова и оценка работоспособности агрегатов при преодолении водных преград;
- 11)испытания на глубину преодолеваемого брода;
- 12)испытания рам и несущих систем автотранспортных средств на сопротивление усталости под действием знакопеременных скручивающих деформаций;
- 13)испытания автотранспортных средств в условиях, имитирующих дороги на сильно пересеченной местности;

14) испытание эффективности тормозных систем, работоспособности системы питания и смазочной системы двигателя на крутых уклонах.

Ниже приводятся основные моменты некоторых видов дорожных испытаний.

2.2.1. Дорожные испытания тормозных систем

При испытаниях тормозных систем оценивается эффективность действия рабочей, стояночной, запасной и вспомогательной тормозных систем автотранспортных средств, а также эффективность работы антиблокировочной системы тормозов (АБС).

Эффективность рабочей тормозной системы оценивается в процессе дорожных испытаний по величине тормозного пути S_T и установившегося замедления $V_{уст}$.

Выполняют следующие характерные испытания:

- тип «0» - для определения эффективности торможения автотранспортных средств при «холодных» тормозных механизмах;
- тип «I» - для определения эффективности торможения автотранспортных средств при «нагретых» тормозных механизмах;
- тип «II» - испытание на поведение автотранспортного средства на затяжных спусках;
- тип «IIА» - для определения эффективности вспомогательной тормозной системы автотранспортных средств при движении на затяжных спусках.

«Холодными» считаются тормозные механизмы, температура тормозных дисков или барабанов которых не превышает 100°C.

Для оценки эффективности рабочей тормозной системы выполняется торможение с указанной в методике (в зависимости от категории автотранспортного средства) скорости до полной остановки с отсоединённым двигателем и подсоединённым двигателем. Торможение выполняется для автотранспортного средства снаряженной и полной массы.

Для выполнения испытания типа «I» выполняется разогрев тормозных механизмов серией последовательных торможений (от 15 до 20 в зависимости от категории ТС) со скорости $0,8 V_{\max}$ до скорости $0,4V_{\max}$ за время 45...60 с. После этого выполняется контрольное торможение по типу «0».

Для выполнения испытания типа «II» тормозные механизмы нагревают способом непрерывного торможения автотранспортного средства полной массы при скорости 30 км/ч на уклоне 6%. После этого также выполняют торможение по типу «0» в случае задействования при спуске рабочей тормозной системы.

Рабочие характеристики вспомогательной тормозной системы испытывают при полной массе ТС по типу ПА: осуществляется спуск заторможенного автотранспортного средства или автопоезда на участке дороги, имеющем уклон 7% длиной 6 км. При этом вспомогательная система должна обеспечивать спуск автотранспортного средства или автопоезда с постоянной скоростью 30 ± 2 км/ч.

Испытания стояночной тормозной системы проводят на участке дороги, имеющей уклон 18% (для одиночных ТС) и 12% (для автопоездов). Стояночная тормозная система должна обеспечить надёжное удержание автотранспортного средства или автопоезда полной массы на указанном участке дороги.

Испытания запасной тормозной системы проводят путём имитации фактических условий неисправности в рабочей тормозной системе. Эффективность запасной тормозной системы проверяется при выполнении испытания типа «0» с отсоединённым двигателем.

При испытаниях АБС выполняются прямые торможения с регламентированных скоростей на покрытиях с низким сцеплением колёс с опорной поверхностью ($\phi_{\text{низк}} \leq 0,3$), с высоким сцеплением ($\phi_{\text{выс}} \geq 0,5$) и на покрытиях типа «микст» (с различным сцеплением колёс правого и левого борта с опорной поверхностью).

Испытания АБС автотранспортных средств с гидравлическим приводом

рабочей тормозной системы включают в себя анализ:

- реализуемой силы сцепления;
- отсутствия блокировки затормаживаемых колес на покрытии с высоким и низким сцеплением и на «миксте»;
- устойчивости при торможении на «миксте»;
- снижения эффективности торможения на «миксте»;
- отсутствия блокировки затормаживаемых колес при резком уменьшении коэффициента сцепления затормаживаемых колес с опорной поверхностью;
- нарастания замедления при резком увеличении коэффициента сцепления затормаживаемых колес с опорной поверхностью.

2.2.2. Дорожные испытания на управляемость и устойчивость

Оценочными показателями дорожных испытаний автотранспортного средства на управляемость и устойчивость являются следующие:

- 1)устойчивость управления траекторией (в баллах);
- 2)устойчивость курсового управления (в баллах);
- 3)устойчивость против опрокидывания (в баллах);
- 4)устойчивость управления скоростью (в баллах);
- 5)устойчивость управления замедлением (в баллах);
- 6)устойчивость управления траекторией при торможении (в баллах);
- 7)устойчивость курсового управления при торможении (в баллах);
- 8)предельная скорость выполнения манёвра (в км/ч);
- 9)скорость начала снижения устойчивости управления траекторией (в км/ч);
- 10)скорость начала снижения устойчивого курсового управления (в км/ч);
- 11)скорость появления курсовых колебаний (в км/ч);
- 12)скорость начала снижения устойчивости против опрокидывания (в км/ч).

Показатели 1-7 определяют в штатных режимах движения по дорогам

автополигона.

Показатели 1-3 и 8-12 - в нештатных (специальных) режимах движения при выполнении манёвров «переставка», «объезд препятствия», «поворот», «торможение на повороте» на дорогах и площадках полигона. Для выполнения этих манёвров производится разметка испытательного участка с помощью ограничительных конусов. Пример разметки участка испытаний «переставка» приведён на рис. 2.2.

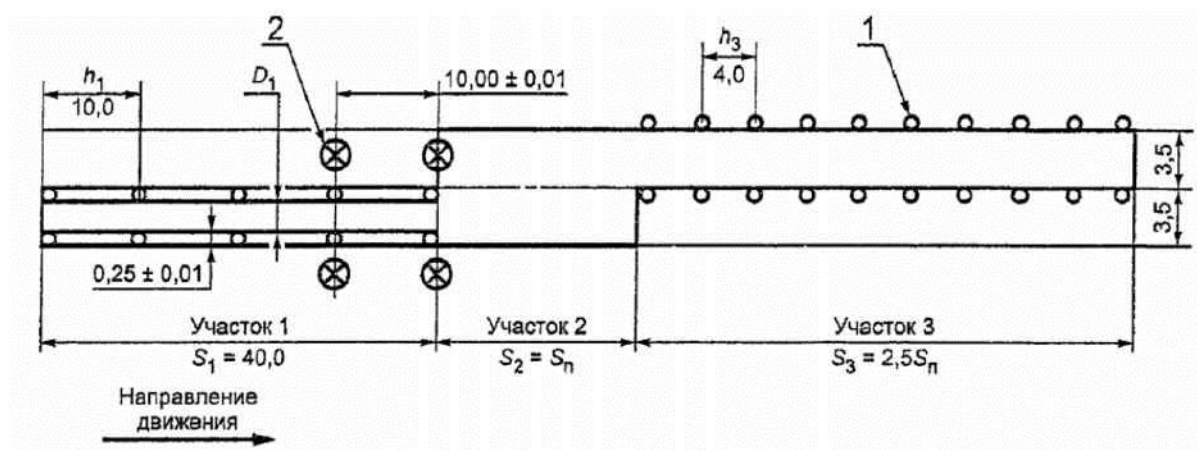


Рис. 2.2. Разметка участка испытаний при выполнении манёвра «переставка»: 1 – ограничительные конусы; 2 – датчики измерения скорости

В случае оснащения автотранспортного средства системой электронного контроля устойчивости (ЭКУ) проводятся испытания эффективности работы системы.

Эффективность действия ЭКУ проверяется только на покрытиях с высоким коэффициентом сцепления. Эффективность действия системы ЭКУ определяется по результатам выполнения манёвра «усечённая синусоида» (рис. 2.3) с применением рулевого робота. После выполнения испытательного маневра оцениваются скорости рыскания и боковое смещение автотранспортного средства через определенные интервалы времени после завершения поворота рулевого колеса.

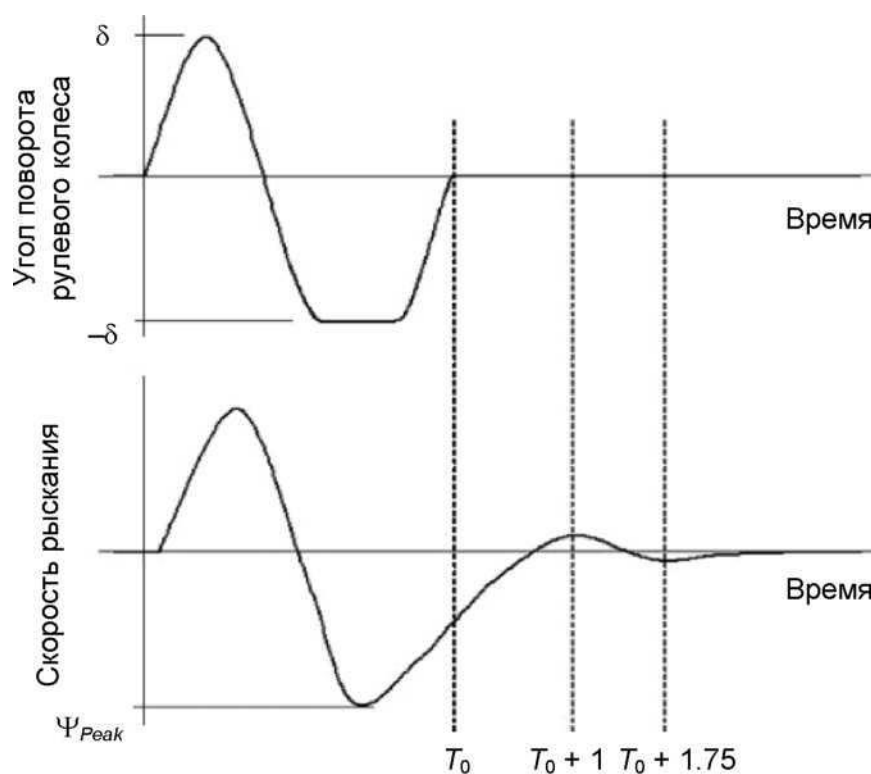


Рис. 2.3. Манёвр «усечённая синусоида»

2.2.3. Пробеговые (ресурсные) испытания

Пробеговым (ресурсным) испытаниям подвергаются образцы предсерийного и серийного производства автотранспортных средств с целью:

1)подтвердить или определить заданный, или объявленный ресурс до капитального ремонта (если он предусмотрен) полнокомплектного автотранспортного средства или его агрегатов, или систем;

2)определить и оценить показатели надёжности и эксплуатационных свойств за период испытаний (в основном безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость);

3)определить фактический расход и уточнить предварительную номенклатуру запасных частей и расход эксплуатационных материалов;

4)проверить эффективность изменений, внедрённых в конструкцию и технологию изготовления автотранспортного средства и его деталей.

Пробеговые испытания обеспечивают проверку функциональных свойств автотранспортного средства на автомобильном полигоне при регулируемых или фиксируемых условиях, внешних факторах и состояний

автотранспортного средства.

В процессе выполнения пробеговых испытаний фиксируются и определяются:

- пробег и объем выполненной работы;
- отказы, поломки, неисправности, нарушения регулировки;
- время и расходы на устранения отказов;
- средние скорости движения;
- средние расходы топлива, масел и других эксплуатационных материалов;
- запас хода по топливу;
- изменения физико-химических свойств масел и смазок;
- удобство и трудоемкость выполнения операций ТО.

По результатам испытаний оценивается функциональная пригодность автотранспортного средства, его надежность по показателям безотказности, ресурсу, эксплуатационной технологичности.

Надёжность автотранспортного средства в целом оценивают, как правило, коэффициентом технического использования. Коэффициент технического использования - доля времени нахождения изделия в работоспособном состоянии относительно общей продолжительности эксплуатации в заданном интервале времени, включая все виды технического обслуживания.

Показатели надёжности определяют в дорожных испытаниях во время использования автотранспортных средств в обычных эксплуатационных условиях, однако длительность таких испытаний велика, что не позволяет своевременно использовать эти результаты для оперативного внесения изменений в конструкцию. Чтобы сократить сроки получения необходимых показателей, используются ускоренные стендовые и дорожные испытания. Для ускорения испытаний выбирают такие нагрузочные режимы работы испытываемых автотранспортных средств или их составных частей, при которых возникают значительно большие нагрузки, чем те, которые имеют место в обычных условиях эксплуатации.

Для того чтобы результаты испытаний автотранспортных средств соответствовали результатам, полученным при нормальной эксплуатации, необходимо максимально точно воспроизводить эксплуатационные условия, в которых будет функционировать объект испытаний. Чтобы смоделировать реальные эксплуатационные условия, требуется проводить исследовательские дорожные испытания с целью определения типичных и предельных эксплуатационных режимов работы агрегатов автотранспортного средства.

2.3. Испытания автотранспортных средств для оценки их габаритных и весовых параметров

Этот вид экспериментальной проверки размерных и весовых параметров автотранспортных средств относится к обязательным протокольным испытаниям, который предшествует другим видам испытаний полнокомплектных автотранспортных средств.

Измерения производятся специальными измерительными инструментами и приспособлениями на горизонтальном участке с высотой неровностей не более ± 2 мм.

Габариты автотранспортного средства - расстояние между плоскостями, проходящими по крайним точкам по длине автотранспортного средства, (расстояние между внешними точками переднего и заднего бамперов); расстояние между плоскостями, проходящими по крайним точкам по ширине автотранспортного средства или расстояние между внешними точками наружных зеркал заднего вида в открытом положении; расстояние от опорной поверхности измерительного участка до верхней точки автотранспортного средства при стандартном давлении в шинах; погрузочная высота кузова, наименьший размер просвета автотранспортного средства от опорной поверхности (клиренс).

База автотранспортного средства - расстояние между двумя плоскостями, проходящими через центры передних и задних колёс.

Колея автотранспортного средства L - расстояние между плоскостями

симметрии шин одного моста. Отдельно замеряется колея передних и задних мостов, наружных и внутренних колёс (при наличии развала колёс на шины наносится мел или краска и производится маркировка по их отпечаткам).

Внутренние размеры кузовов и кабин и расположение органов управления замеряются по методикам, оговоренным соответствующими нормативными документами для различных типов автотранспортных средств и сравниваются с требуемыми значениями, после чего делается заключение об удобстве посадки и управления.

В основном определяются:

- удобство посадки водителя, в том числе расположение сиденья водителя по отношению к рулевому колесу, панели приборов и центральной вертикальной консоли, возможность регулировки отдельных частей кресла (подушки, спинки и упорных валиков на них), подголовника и самого кресла (вперёд - назад, вверх - вниз) регулировка положения вала руля и рулевого колеса (вверх - вниз, к себе - от себя);

- удобство управления педалью в сборе (хода каждой педали);

- удобство переключения передач;

- удобство включения стояночного тормоза и места его установки или кнопки;

- удобство включения и регулировки всех систем и переключателей с места водителя (ручками, кнопками или иными средствами);

- удобство считывания информации со всех приборов и возможность их размещения перед глазами водителя (без отрыва взгляда от дороги);

- удобство и достаточность обзора дороги перед водителем, сбоку и сзади автотранспортного средства на стоянке и в движении;

- достаточность площади очистки стёкол стеклоочистителями;

- достаточность освещения фарами дорожного полотна на высокой скорости.

Параметры геометрической проходимости в основном включают оценку:

- углов въезда и съезда, вертикальные пороги при въезде и съезде,

- радиусов продольной и поперечной проходимости.
- клиренс,
- ход подвески,
- габаритные размеры.

Свободный радиус колеса - расстояние от центра колеса до внешней стороны покрышки (замеряют диаметр шины и делят его пополам), замеры на каждом колесе (и на запасном).

Статический радиус колеса - расстояние от центра колеса до опорной поверхности. Для колеса с развалом вносят поправку: $r_c = k \cdot \sin \alpha$ (мм), где k - расстояние от точки замера до плоскости симметрии колеса, α угол развала.

Радиус качения колеса - условный радиус, определяющий путь S , проходимый центром колеса при заданном числе оборотов n .

$$r_k = \frac{S}{2 \pi n},$$

Испытания проводятся на ровной поверхности без продольных и поперечных уклонов, на которую наносится черта мелом или краской, на скоростях:

$V = 40 \dots 60$ км/час - для грузовых автотранспортных средств и автобусов;

$V = 80 \dots 100$ км/час - для легковых автотранспортных средств.

Испытываемое автотранспортное средство, прокатываясь отпечатывает её на шине, которая затем даёт отпечатки через каждый оборот. На рис. 2.4 показана схема измерений, где величина l равна окружности колеса при нормальном давлении в шине.

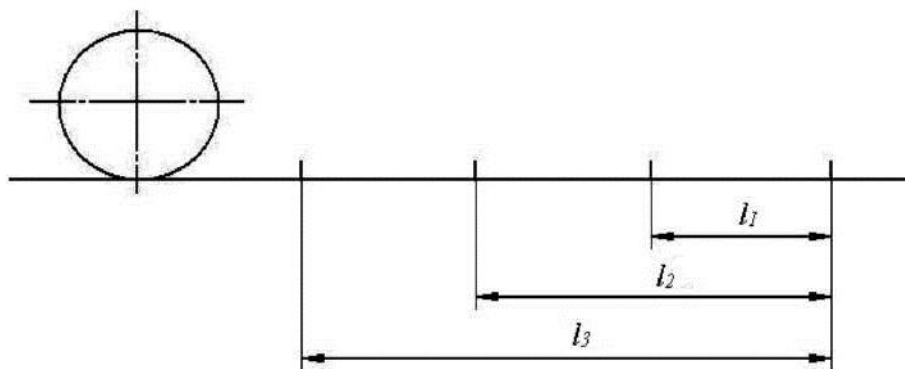


Рис. 2.4. Схема определения пройденного пути l_i центром колеса

$$r_k = \frac{l_i}{2\pi}; \quad l_1 = l; \quad l_2 = l + l_1; \quad l_3 = l + l_2.$$

Передняя обзорность и видимость с места водителя ухудшаются помехами, вызываемыми конструкцией автотранспортного средства, в частности, боковыми стойками ветрового стекла. Для улучшения передней обзорности как правило стараются уменьшить поперечное сечение стоек ветрового стекла, используя трапецевидное сечение, обращенное меньшим основанием к водителю. Однако возможности уменьшения сечения ограничены требованиями прочности конструкции боковых стоек при опрокидывании и фронтальном ударе. С целью выполнения этих противоречивых требований для обеспечения прочности боковых стоек и улучшения обзорности в современных моделях автотранспортных средств отсутствуют поворотные форточки, которые служили дополнительной помехой в поле зрения водителя. Другие непрозрачные элементы кузова (например, капот, рамки двери, уплотнители стёкол, внутреннее зеркало заднего вида и др.) также создают непросматриваемые с места водителя зоны. Оценка влияния этих зон производится угловыми измерениями.

Угол обзора в среднем составляет $270...283^\circ$, а слепых зон - $77...90^\circ$. Центральная точка оценки обзорности совпадает с центром головы водителя. Обзор закрывают полностью передние, средние и задние стойки и отдельные

детали, например, задние подголовники. Зеркала заднего вида могут иметь неправильное место установки и поэтому могут искажать зоны обзорности. Кроме того, неоптимальные диоптрии могут приближать или удалять объекты и искажать зоны в центре и по краям стекла. Методика оценки обзорности оговорена соответствующими нормативными документами.

На обзорность оказывает влияние и степень очищаемости лобового стекла. Критерием оценки работы стеклоочистителя является степень очистки нормативных зон (это четыре зоны на поверхности ветрового стекла: большая нормативная зона, прозрачная зона ветрового стекла, базовая нормативная зона, малая нормативная зона). Исходное расположение щёток стеклоочистителя в выключенном состоянии выбирается из условия создания щётками и рычагами минимальных помех в поле зрения водителя.

Степень очистки лобового стекла может быть различной в зависимости от движения щёток: в одну сторону с дополнительным поворотом или без поворота щёток относительно рычага; в разные стороны с дополнительным поворотом щёток или без поворота относительно рычага. При параллельной схеме работы щётки (одна, две, и более) движутся по поверхности ветрового стекла в одном направлении одновременно и параллельно. В этом случае очищается значительная поверхность ветрового стекла без явно выраженного пика неочищенного участка. В этом случае щетка в крайнем положении оказывается почти параллельной боковой стойке ветрового стекла, и поле зрения водителя влево существенно расширяется. При работе стеклоочистителя, когда щётки движутся в противоположных направлениях, в верхней части остаётся неочищенный участок. За счёт большего перекрытия щеток этот участок можно уменьшить до пределов непросматриваемой с места водителя зоны, создаваемой внутренним зеркалом.

Лобовая площадь автотранспортного средства определяется в аэродинамических трубах или на специальном стенде (рис.2.5), на котором автотранспортное средство освещается сзади.

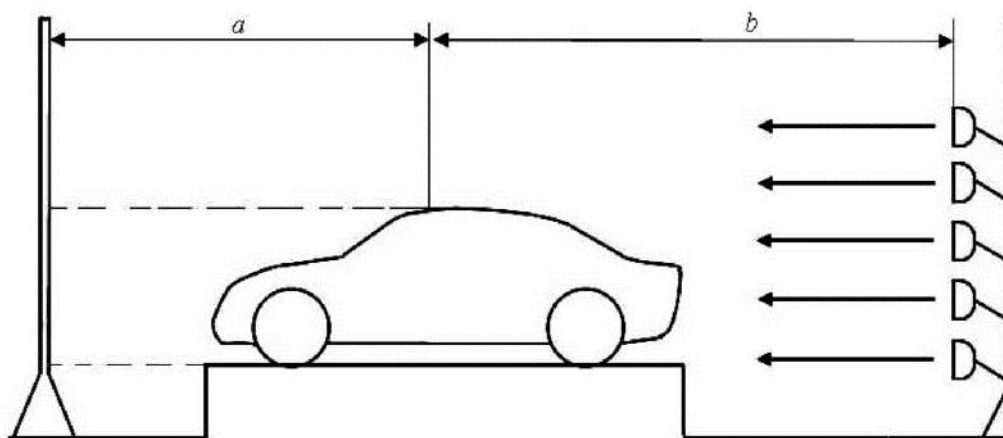


Рис. 2.5. Схема стенда для определения лобовой площади автотранспортного средства

На экране измеряется теневая площадь F' . Эта проекция на экране получается несколько увеличенной из-за светового эффекта, поэтому она пересчитывается (компьютером) по формуле:

$$F = F' \left(\frac{b}{a + b} \right)^2,$$

где b - расстояние от источника света до точки касания габарита автотранспортного средства, a - расстояние этой точки до экрана,

F - реальная лобовая площадь,

F' - проекция автотранспортного средства на экране.

Весовые параметры автотранспортных средств определяются взвешиванием на весах, допускающих постановку на платформу автотранспортного средства всеми колёсами. Весы должны иметь с одной или с обеих сторон горизонтальные площадки в одной плоскости с поверхностью весов. Допускается также взвешивание автотранспортного средства на нескольких весах, располагаемых под каждым колесом (платформы таких весов обязательно должны находиться в одной горизонтальной плоскости). Во время взвешивания автотранспортного средства должны быть остановлен двигатель, выключены передачи в коробке передач, расторможены колёса,

закрыты двери и борта кузова.

Автотранспортное средство устанавливается на весы сначала передними колёсами для определения нагрузки, передаваемой на весы через шины передних колёс, затем всеми колёсами для определения массы автотранспортного средства в целом и в конце - задними колёсами для определения нагрузки, передаваемой на весы через шины задних колёс.

Весовые параметры автотранспортных средств определяются на специальных или обычных автомобильных весах с погрешностью не более 0,5 кг.

Сухой вес - вес незаправленного и неснаряженного автотранспортного средства (запасное колесо не входит, так как на разных моделях разное их количество).

Собственный вес - вес полностью заправленного (топливом на 90 %) и снаряженного автотранспортного средства с водителем, но без нагрузки в кузове.

Полный вес - вес полностью заправленного и снаряженного автотранспортного средства с полной нагрузкой (для легковых и грузовых автотранспортных средств вес человека принимается равным 75 кг, а для автобусов и микроавтобусов - 70 кг, включая всех детей).

На грузовых автотранспортных средствах при испытаниях для создания нагрузки в кузове применяется балласт, который представляет собой чугунные отливки кубической формы весом 100 кг, 250 кг, 500 кг и 1000 кг. Ручной балласт - 25 кг.

Для легковых автотранспортных средств и автобусов применяются мешки с песком весом 10 кг и 25 кг. Мешки кладутся на сидение - два вдоль и два поперек.

Заезжая гружёным автотранспортным средством на весы поочерёдно передними и задними колёсами определяется осевой вес: G_1 - вес, приходящийся на переднюю ось, и G_2 - вес, приходящийся на заднюю ось. Для трёхосных автотранспортных средств определяется вес, приходящийся на

заднюю (или переднюю) тележку.

В таблице 2.1 приведены параметры автомобильных весов российского производства.

Таблица 2.1.

Параметры	A-10	A-25(м)	A-25(б)	A-50
Предельная нагрузка (кг)	10000	25000	25000	50000
Минимальная нагрузка (кг)	200	500	500	1000
Размеры платформы:				
Длина (м)	5,5	7,5	12,0	15,0
Ширина (м)	3	3	3	4
Погрешность взвешивания	+/- 0,1%	+/- 0,1%	+/- 0,1%	+/- 0,1%

Расстояние, a по длине автотранспортного средства - от оси передних колёс до центра тяжести, а расстояние b - от центра тяжести до оси задних колёс

$$a = \frac{G_2}{G} \cdot L ; \quad b = \frac{G_1}{G} \cdot L ,$$

где L - база автотранспортного средства,

G - полный вес автотранспортного средства,

Высота центра тяжести h определяется из формулы:

$$h = \left(\frac{G_b}{G} \cdot L - a \right) \cdot \operatorname{ctg} \alpha ,$$

если автотранспортное средство стоит наклонно под углом α задними колесами на весах (G_b вес автотранспортного средства на весах).

2.4. Испытания автотранспортных средств на тягово-скоростные свойства

Тягово-скоростные свойства определяют способность автотранспортного средства достигать наибольшую скорость движения на отдельных участках пути и среднюю скорость на маршруте в заданных дорожных условиях. Эта

способность зависит от тяговых и тормозных характеристик автотранспортного средства, от параметров подвески, от управляемости и устойчивости, от квалификации водителя и многих других факторов, но в общем случае можно считать, что средняя скорость при переменном режиме движения определяется максимальной скоростью движения, интенсивностью разгона, то есть приёмистостью, тяговыми и тормозными параметрами.

Максимальная скорость автотранспортного средства определяется на высшей передаче в коробке передач при разгоне до достижения установившейся максимальной скорости при въезде на измерительный участок. Разгон и прохождение мерного участка производится при полной подаче топлива. Как правило, испытания проводятся на автомобильном полигоне НАМИ, где на прямой, ровной (без продольных и боковых уклонов) 5-ти километровой дороге, в центре которой расположен мерный участок длиной в 1 км, при отсутствии продольного и бокового ветра производится измерение времени прохождения этого мерного участка. Двухкилометровые участки до и после мерного 1 км служат соответственно для разгона и торможения автотранспортного средства. Время фиксируется с повышенной точностью фотоэлементными часами (фотостворотами), показанными на рисунке 2.6. Заезды повторяются в противоположных направлениях и высчитывается среднее значение.



Рис. 2.6. Фотостворы

Максимальная скорость $V_{max} = 1/t \cdot 3600$ (км/ч), где t - время прохождения мерного однокилометрового участка в секундах. Для этих испытаний допускается специальная подготовка автотранспортного средства.

Приёмистость (путь, время и ускорение разгона) определяется путём разгона автотранспортного средства с места и с хода. Разгоны с места выполняются с переключением передач, воспроизводя процесс трогания автотранспортного средства и достижения требуемой скорости с наиболее возможной интенсивностью, то есть при полной подаче топлива. Разгоны на отдельных передачах производятся с начальной заданной скорости до максимальной.

Для грузовых автотранспортных средств разгон начинается со второй передачи. Для определения пути, времени и скорости разгона автотранспортного средства применяются различные приборы, среди которых традиционным является прибор «пятое колесо», который шарнирно крепится сзади (реже сбоку) к автотранспортному средству и позволяет записывать эти параметры (рис. 2.7).



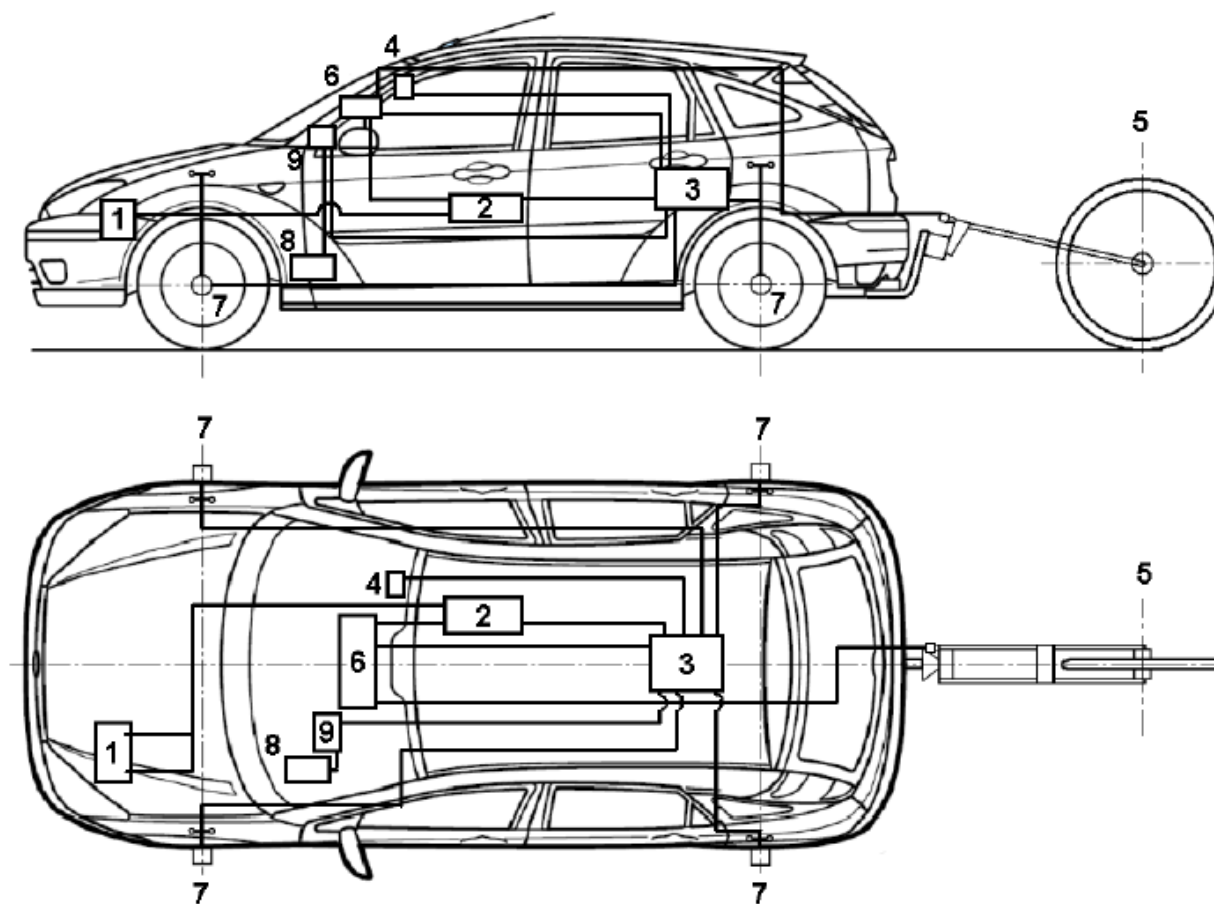


Рис. 2.7. «Пятое колесо» фирмы Peiseler

Записывающий прибор (старой модели - механический с часовым механизмом), который также называют «путь - время - скорость», приводится в движение «пятым колесом» через гибкий вал. За пройденный 1 км «пятым колесом» гибкий вал делает 1000 оборотов. Самопишущий прибор с записью измеряемых процессов на бумажную графлённую ленту с помощью карандашей или других средств в каждый момент фиксирует пройденный путь, время и среднюю скорость за пройденное расстояние.

Последние модели приборов «путь - время - скорость» измерения выдают в цифровой форме с индикацией на световом табло. Современные записывающие приборы электронного типа обладают несравненно большими возможностями по фиксации записываемых параметров, по быстродействию и точности. «Пятое колесо» во время движения передаёт вращение фотоэлектрическому датчику, формирующему электрические импульсы, пропорциональные скорости и отмечающие пройденный путь. Электронная система фиксирует величины скорости в заданные моменты разгона, а также формирует импульсы времени и пути.

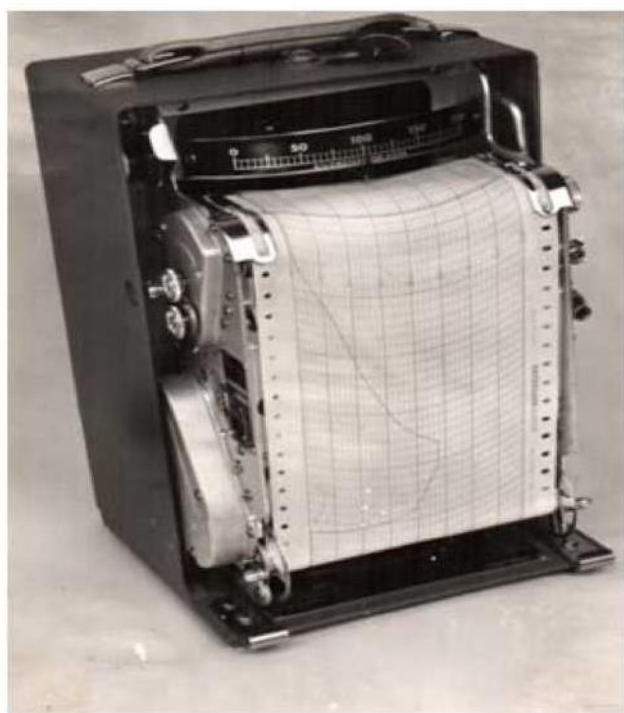


Рис. 2.8. Регистрирующий прибор «пятого колеса»

При определении динамических качеств автотранспортного средства иногда требуется контролировать величину ускорений в любой момент времени. Для этого используются приборы, показывающие текущее значение ускорений - акселерометры (рис. 2.9).

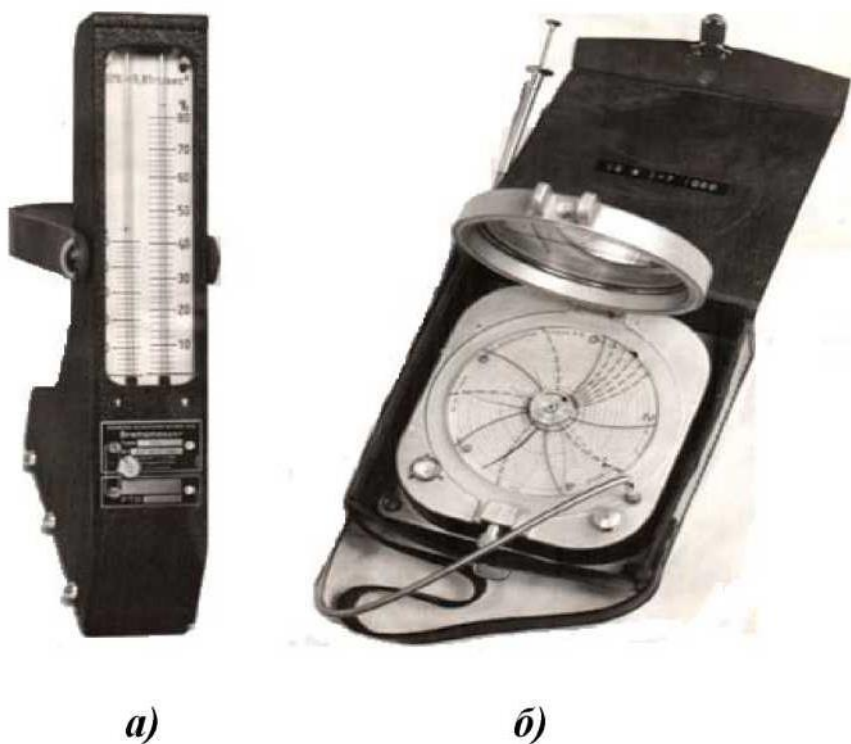


Рис. 2.9. Акселерометры: а) – жидкостный, б) – электронный

В гидравлическом акселерометре 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.

Электронные акселерометры используют принцип тензометрирования. В них на изгибной 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 автотранспортных средств при оценке их динамических качеств определяются в соответствии с действующими нормативными документами, они строго регламентированы и проводятся по общепринятым методикам.

Тяговые характеристики наиболее точно определяются либо на

полигонах, либо в заданных дорожных условиях.

Преодолеваемые углы подъёма автотранспортным средством относятся к совокупным характеристикам тягово-скоростных качеств автотранспортных средств. Эти испытания проводятся только на специализированных полигонах для получения сопоставимых результатов при оценке однотипных моделей отечественных и зарубежных автотранспортных средств.

Часто тягово-скоростные испытания проводятся в стендовых условиях при создании идентичных условий нагружения для различных автотранспортных средств. Это очень важно при оценке технических параметров автотранспортных средств, имеющих примерно одинаковые конструктивные и эксплуатационные характеристики.

В стендовых испытаниях используется принцип обратимости, то есть автотранспортное средство стоит, а дорога движется. В качестве движущейся дороги используют вращающиеся барабаны, на которых автотранспортное средство стоит ведущими колёсами, или движущаяся опорная лента. Вал барабана соединён с тормозом. Автотранспортное средство устанавливается так, чтобы ось колеса совпадала с осью барабана.

На таких стендах определяются практически все основные конструктивные и эксплуатационные характеристики автотранспортного средства:

- весовые параметры автотранспортного средства;
- реакция на передних колёсах, зависящая от момента на задних колёсах автотранспортного средства;
- переменная реакция на ведущих колёсах автотранспортного средства;
- вращающий момент на ведущих колёсах автотранспортного средства;
- скорость вращения колёс автотранспортного средства;
- обороты коленчатого вала двигателя автотранспортного средства;
- тяговое усилие на ведущих колёсах автотранспортного средства;
- вращающий момент на валу барабана;
- показания динамометра, удерживающего автотранспортное средство;

- показания тормозного динамометра;
- момент, теряемый на преодоление внеинерционных сопротивлений;
- динамический радиус ведущих колёс автотранспортного средства;
- координаты центра тяжести автотранспортного средства.

2.5. Испытания автотранспортных средств на топливную экономичность

Под топливной экономичностью подразумевается свойство автотранспортного средства, определяющее расход топлива при движении в различных эксплуатационных условиях и на различных режимах.

Топливная экономичность зависит:

- от экономичности двигателя, оцениваемой удельным расходом топлива;
- от сил сопротивления движению, определяемых конструкцией автотранспортного средства (вес, фактор обтекаемости, инерционные массы и др.);
- от качества дороги.

Сложность явлений, происходящих при движении автотранспортного средства, а также множество внешних разнообразных условий приводят к необходимости экспериментального определения показателей топливной экономичности. Это выполняется либо на стенде с беговыми барабанами, либо в дорожных испытаниях.

Автотранспортное средство работает в различных дорожных условиях, на различных скоростях, с различной нагрузкой, поэтому единого показателя топливной экономичности нет. Как правило экспериментально определяются несколько основных характеристик.

1. Контрольный расход топлива определяется на одном скоростном режиме движения в условиях, позволяющих получить наибольшую сопоставимость результатов (на прямолинейной без уклонов сухой дороге с твёрдым покрытием).

Эта характеристика позволяет судить об отсутствии или наличии грубых нарушениях в регулировке топливной системы, в установке зажигания и о

сопротивлениях в трансмиссии и ходовой части. Контрольный расход определяется на автотранспортном средстве с полной (номинальной) нагрузкой на высшей передаче при движении с постоянной скоростью (ГОСТ 20306-85).

Контрольный расход определяется по заездам на участке 3.5 км.

При испытаниях применяются приборы с мерными цилиндрами (рис. 2.10), с мерными шарами (рис. 2.11) или счётчик-топливомер.

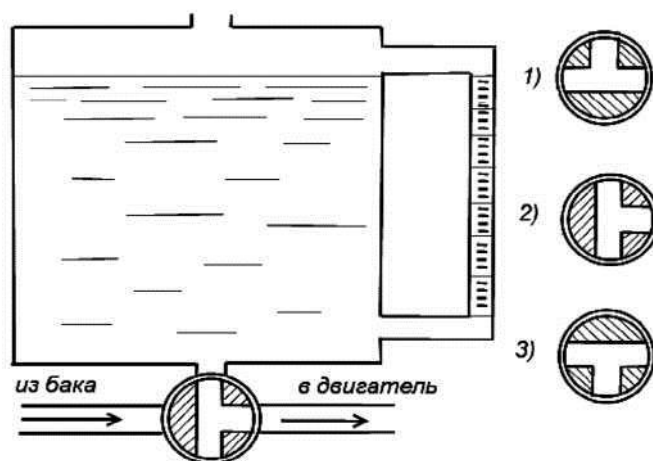


Рис. 2.10. Схема построения мерного цилиндра

Прибор с мерным цилиндром состоит из стеклянного цилиндра с топливомерной трубкой, имеющей шкалу. Прибор оборудован секундомером и соединённым с ним трёхходовым краном, который имеет три положения:

- 1)- заполнение цилиндра из топливного бака автотранспортного средства;
- 2)- питание двигателя из цилиндра, топливный бак отключен;
- 3)- питание двигателя из топливного бака минуя прибор.

Прибор включается между топливным баком и насосом. Заполняется он насосом или используется разрежение в цилиндре (если прибор расположен выше бака). При испытаниях расход топлива определяется при прохождении автотранспортным средством мерного участка, время замеряется секундомером. К недостаткам прибора можно отнести падение уровня в мерной трубке в момент переключения на двигатель за счёт разности давлений, так как прибор располагается выше бака и прерывистое заполнение

поплавковой камеры.

Другим прибором, часто применяемым для измерений, является устройство с мерными шарами.

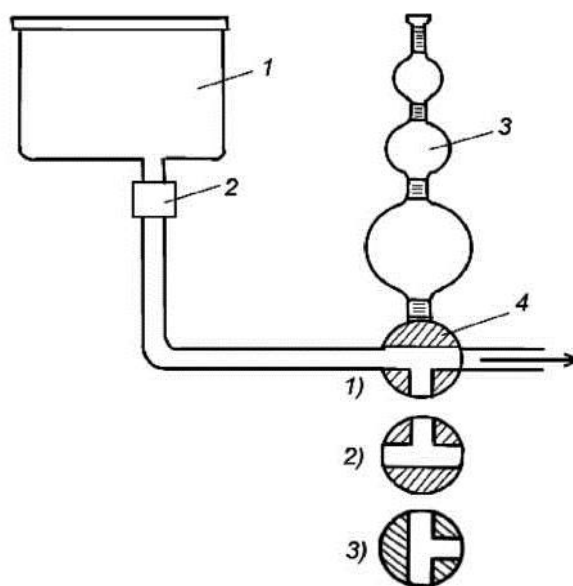


Рис. 2.11. Схема построения мерных шаров:

1 – бак; 2 – фильтр; 3 – мерные шары; 4 – 3-х ходовой кран: 1) заполнение карбюратора из топливного бака; 2) заполнение мерных шаров и питание двигателя; 3) измерение расхода топлива

Объёмы шаров строго вымерены, как правило, верхний шар вмещает один литр, средний шар - три литра, нижний шар - пять литров. Расход определяется путём замера времени расходования известного объёма топлива.

Счётчик-топливомер устанавливается между бензонасосом и карбюратором. Он подаёт топливо в карбюратор малыми порциями постоянного объёма - 4 см. Счётчик предназначен для замера расхода топлива при испытаниях двигателей.

Для определения мгновенных значений расхода топлива применяются, так называемые, флоуметры (рис. 2.12).

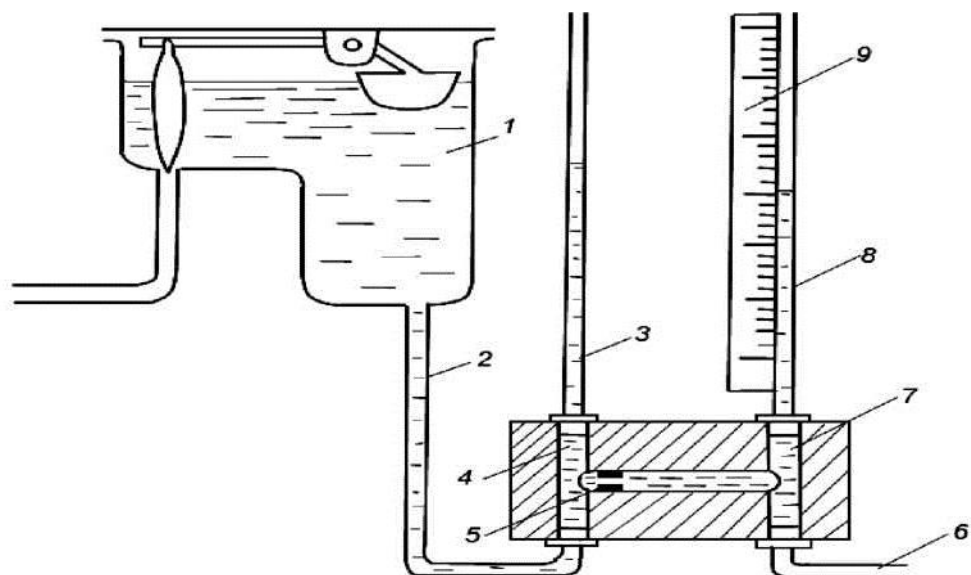


Рис.2.12. Схема построения простого флоуметра:

1 – поплавковая камера, создающая постоянный статический напор; 2 – трубопровод подающий; 3 – трубка, фиксирующая уровень в поплавковой камере; 4 – камера распределения; 5 – жиклёр; 6 – трубка карбюратора; 7 – камера давления; 8 – трубка, показывающая давление в камере; 9 – шкала

Прибор основан на измерении напора топлива при прохождении калиброванного отверстия - жиклёра. Трубка 3 фиксирует давление в камере 4, а трубка 8 - в камере 7. Шкала проградуирована в кг/час. При увеличении расхода топлива в единицу времени снижается уровень топлива в измерительной трубке 8, соответственно возрастает напор и скорость протекания топлива через калиброванное отверстие 5, что можно наблюдать по шкале этой трубки.

Для измерений расхода топлива при диагностике автотранспортных средств распространены объёмные (например, К-516.02, КИ-8940, UZP-3., UZP-6, Мотекс, ЭЮФ-80М, Фловтроник-205), ротаметрические (РТА-2, КИ-12371) и турбинные (КИ-13967, К-427) расходомеры топлива.

2.Дорожная экономическая характеристика (топливная характеристика установившегося движения) - это зависимость расхода топлива от скорости автотранспортного средства при постоянном режиме

движения на каждой скорости. Измерения проводятся в обоих направлениях на ровном горизонтальном участке дороги с сухим покрытием. Заезды начинаются с максимальной скорости, затем через равные интервалы в 10 км/час для грузовых автотранспортных средств и автобусов и в 20 км/час для легковых автотранспортных средств убавляются вплоть до минимально устойчивой скорости движения. В зависимости от тяговых особенностей автотранспортного средства испытания проводятся либо на высшей передаче, либо на предшествующей ей передаче.

Расход топлива определяется мерными цилиндрами. Скорость контролируется тарированным спидометром. Измеряются время прохождения мерного участка дороги длиной не менее 1 км и количество израсходованного топлива.

Конечным результатом является среднее арифметическое значение расхода при заездах в обе стороны, округлённая до 0,1 л/100 км. Измерения могут проводиться для различных нагрузочных состояний автотранспортного средства. По результатам измерений, полученным при заездах в обоих направлениях, строится осреднённая кривая, определяющая дорожную экономическую характеристику (рис. 2.13).

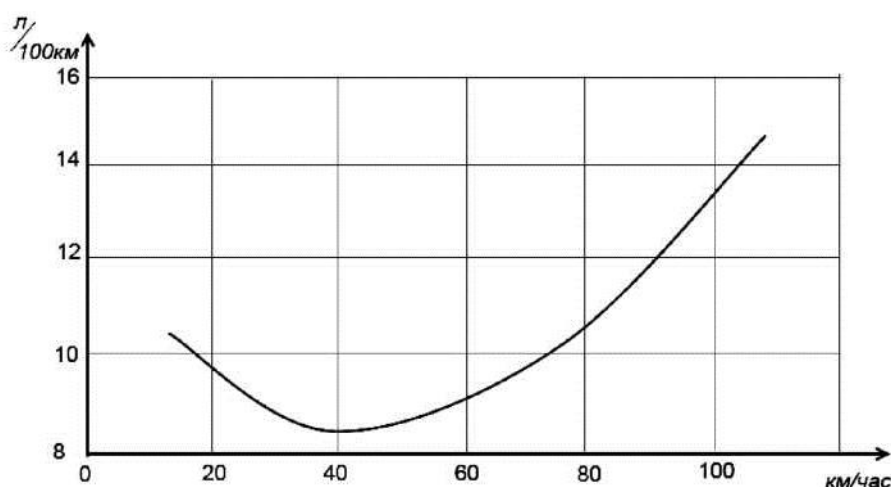


Рис. 2.13. Вид дорожной экономической характеристики автотранспортного средства

3.Топливная характеристика при движении по дороге с переменным продольным профилем снимается на одном и том же участке испытательной дороги (как правило, на автомобильном полигоне) для получения сопоставимых результатов для всех сравниваемых автотранспортных средств. Для приближения условий эксперимента к условиям эксплуатации автотранспортных средств на дорогах общего пользования, где обычными являются задержки и помехи движению от других транспортных средств, при снятии характеристики ограничиваются наибольшие скорости, допускаемые в ходе отдельных заездов. При определении каждой точки характеристики пробег испытуемого автотранспортного средства должен быть выполнен по установленному кольцевому маршруту с наибольшей возможной скоростью, но без превышения ни на одном из участков маршрута установленной предельной для данного заезда скорости. Предельные скорости задаются в определенном диапазоне, начиная от номинальной скорости автотранспортного средства до низшего предела, устанавливаемого, исходя из максимальной скорости автотранспортного средства. На спусках во избежание превышения заданной скорости следует применять торможение двигателем, тормозом-замедлителем (при его наличии) или рабочей тормозной системой (плавное притормаживание).

Аналогично выполняются заезды на всех режимах, отличающихся заданными предельными скоростями движения. По полученным данным подсчитывают средние скорости и средние расходы топлива в каждом заезде. Результаты каждой пары заездов усредняют. По подсчитанным средним значениям скоростей и удельных расходов топлива (на единицу пути) для каждого ограничения скорости строятся характеристики: скоростная, выражающая зависимость средней скорости от заданной предельной (в каждом заезде), и топливную, являющуюся зависимостью среднего удельного расхода топлива от средней скорости в заезде.

4.Топливная характеристика циклического движения определяется для автотранспортных средств, работа которых в эксплуатации носит

циклический (периодически повторяющийся) характер, таких, как, например, городские автобусы, автотранспортные средства-самосвалы, автотранспортные средства торговой или почтовой службы. Для них целесообразно определять расход топлива при циклическом режиме движения, воспроизводящем в типизированном (обобщенном) виде наиболее характерные для автотранспортного средства данного назначения эксплуатационные условия.

Элементы эксплуатационных циклов регистрируются в процессе специальных предварительных испытаний посредством, так называемой, режимометрической аппаратуры. При этом фиксируются путь цикла, число и продолжительность остановок, время движения, число включений отдельных передач и время (или путь) движения на передачах, число включений сцепления, число и интенсивность торможений, расход топлива, нагрузки двигателя (например, по положению органа топливоподачи) и т. п.

После математической статистической обработки формируется испытательный цикл, который воспроизводится при определении расхода топлива в процессе циклического движения.

Расход топлива и время движения автотранспортного средства измеряются на заданной дистанции (например, на автобусном маршруте), которая может включать несколько десятков или сотен отдельных циклов. По этим данным подсчитывается удельный расход топлива на единицу пути и средняя скорость, которая определяется как по общему времени пути, включая время остановок (средняя эксплуатационная скорость), так и по чистому времени движения (средняя скорость движения).

Топливная экономичность на дорогах общего пользования как правило определяется при заездах на достаточно длинную дистанцию (50...100 км и более) с измерением расхода топлива и средней скорости движения по нескольким типичным видам автомобильных дорог, в том числе по автомагистралям, дорогам с неровным твердым покрытием, грунтовым, горным и т. д., а также в городских условиях. На этих дорогах выбираются

наиболее характерные участки и на них проводятся заезды, как правило в двух взаимно противоположных направлениях. Пройденный в каждом заезде путь определяется по калиброванному счётчику пути с контролем, где возможно, по километровым путевым знакам. Время движения измеряется секундомером. Расход топлива замеряется с помощью объёмного счетчика-топливомера или съёмного мерного бачка (взвешиванием или по объёму). Параметры скоростного режима регистрируются самопишущим прибором (например, автометром).

5. Дорожная регулировочная характеристика определяет возможности регулировок топливных приборов (например, карбюраторов) позволяющих изменить мощностные показатели двигателя и влияющие на экономичность.

Как правило, завод-изготовитель даёт предельные регулировки, поэтому возникает необходимость найти оптимальную регулировку. Это достигается рядом заездов с различными регулировками до достижения максимальной скорости.

Подсчитываются расходы топлива на максимальной скорости и на лучшей приёмистости. Расход берётся на единицу пути.

6. Приведённый расход топлива - это часть общего расхода топлива при разгоне, энергия которого расходуется на преодоление сопротивления воздуха и дороги, в отличие от остальной части топлива, которая преобразуется в кинетическую энергию движения автотранспортного средства.

Этот расход определяется при заездах по циклу «разгон - накат» с замером общего пути и расхода топлива на разгон.

$$Q = 100Q_p/S_{\text{ц}},$$

где Q_p - расход топлива на разгон;

$S_{\text{ц}}$ - путь цикла в м.

Во время этих испытаний используются расходомерные приборы, которые предназначены для определения мгновенного расхода топлива (суммарного или на единицу пути).

Наиболее распространены расходомеры, которые рассчитаны на диапазон 0,5...40 л/ч с дискретностью 1 см³. Эти расходомеры устанавливаются между топливным насосом и карбюратором (у дизелей - после подкачивающего насоса низкого давления). Действие их основано на последовательном перемещении поршней в цилиндрах под давлением топлива, поступающего от топливного насоса двигателя. Порш^{ни} связаны шатунами с кривошипом центрального валика. Диаметр цилиндров и ход поршней рассчитаны так, что за один оборот валика вытесняется 2 см³ топлива.

Импульсы от расходомеров подаются на цифропечатающие приборы и подсчитываются ими либо в течение 3,6 с, либо на пути 100м. Результаты подсчёта выдаются в цифровой форме и соответствуют часовому расходу топлива или расходу топлива в литрах на 100км пути.

При оценке приведённого расхода топлива среднее ускорение J подсчитывается по выражению:

$$Jp = V_2 - V_1 / 3,6 T_p,$$

где V_1 и V_2 - соответственно скорость конца и начала разгона в км/час;

T_p - время разгона в секундах.

7. *Расход топлива на холостом ходу* определяет общую топливную экономичность автотранспортного средства, так как значительное время двигатель работает на холостом ходу (при прогреве, на стоянке, перед светофором, в пробках и т. п.).

2.6. Испытания автотранспортных средств на устойчивость, управляемость и маневренность

В современной трактовке управление автотранспортным средством определяется способностью системы «водитель - автотранспортное средство - дорога» (ВАД) сохранять устойчивость управления в заданных условиях и режимах движения. Устойчивость управления — это свойство системы ВАД

выполнять с необходимой точностью задаваемый закон движения, который складывается из устойчивости управления траекторией, скоростью, ускорением и замедлением, устойчивости курсового управления и поперечной устойчивости.

Под устойчивостью понимается способность автотранспортного средства двигаться в разнообразных условиях без опрокидывания и без бокового скольжения колёс всех осей или одной из них, то есть устойчивость управления траекторией - это свойство системы ВАД отслеживать заданную траекторию движения, а устойчивость курсового управления определяет возможность регулирования разности углов увода на осях после потери автотранспортным средством курсовой устойчивости.

Устойчивость автотранспортного средства непосредственно связана с другим важным качеством - управляемостью. Под управляемостью понимается способность автотранспортного средства точно следовать повороту управляемых колёс.

Основными оценочными показателями автотранспортного средства являются:

- коэффициент поперечной устойчивости;
- угол опрокидывания;
- угол крена;
- устойчивость управления траекторией (в баллах);
- устойчивость курсового управления (в баллах);
- устойчивость против опрокидывания (в баллах);
- устойчивость управления скоростью (в баллах);
- устойчивость управления замедлением (в баллах);
- устойчивость управления траекторией при торможениях;
- предельная скорость выполнения маневра.

Для оценки устойчивости управления используется шкала балльных оценок:

5.0- отлично, улучшать не требуется, водитель не ощущает затруднений

при управлении автотранспортным средством;

4.5- неясно: хорошо или отлично;

4.0- хорошо, желательно улучшить, водитель ощущает набольшие затруднения в несоответствии реакции автотранспортного средства на управляющее воздействие;

3.5- неясно: посредственно или хорошо;

3.0- посредственно, необходимо улучшить, водитель автотранспортного средства испытывает трудности;

2.5- неясно: удовлетворяет или нет;

2.0- плохо, необходимы изменения, водитель автотранспортного средства работает на пределе своих возможностей, малейшая ошибка приведёт к потере устойчивости управления автотранспортным средством;

1.5- неясно: бывает ли хуже;

1.0- хуже не может быть, устойчивое управление автотранспортным средством невозможно.

2.6.1. Определение угла поперечной (боковой) устойчивости

Угол поперечной (или боковой) устойчивости автотранспортного средства определяется в стационарных условиях на специальном стенде или при движении автотранспортного средства по косоугору с твёрдым ровным грунтом и с постепенно увеличивающимся уклоном.

При движении в момент достижения автотранспортным средством неустойчивого равновесия, то есть начала бокового опрокидывания, движение прекращается, и измеряется угол наклона косоугора, если он заранее не обозначен (как правило стоят столбики через каждые 30 увеличения угла наклона, на которых обозначен угол косоугора в градусах). Во избежание опрокидывания и аварии при испытаниях следует применять предохранительные устройства в виде троса (рис. 2.14) или специальных упоров на испытываемой машине. Один конец троса крепится к испытываемой машине, а другой к раме автотранспортного средства сопровождения.

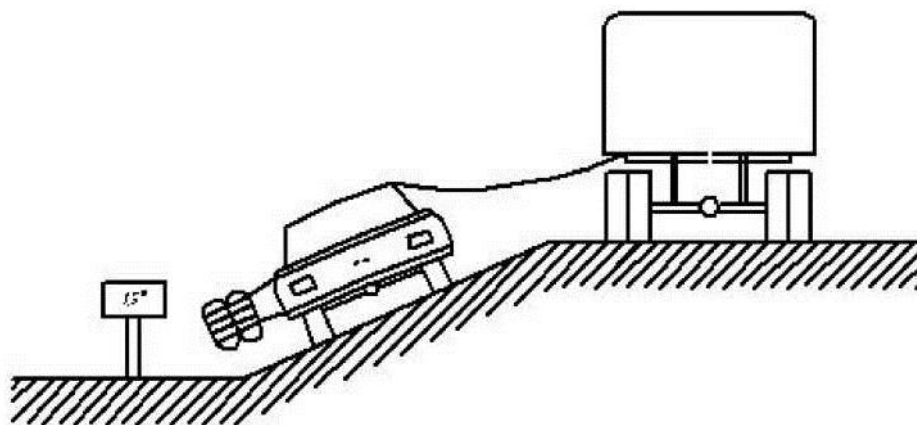


Рис. 2.14. Схема испытаний на косогоре

При определении угла боковой устойчивости в стационарных условиях испытываемая автотранспортное средство устанавливается на жёсткой платформе или раме. Затем одну сторону этой платформы или рамы поднимают с помощью тали, механического подъёмника или гидropодъёмника. Платформа поднимается постепенно с интервалами угла наклона не более 5° , вплоть до начала отрыва от опорной поверхности колёс одной стороны. Стенд обязательно оборудуется устройством, предотвращающим опрокидывание автотранспортного средства.

При достижении предельного положения автотранспортного средства угол наклона платформы фиксируется угломерным прибором.

Эксперименты повторяются для двух весовых состояний:

- без груза;
- с полной нагрузкой.

В этом случае груз (не сыпучий), располагается так, чтобы его центр тяжести совпадал с точкой пересечения диагоналей кузова (рис. 2.15).

Для автотранспортных средств-самосвалов и прицепов-самосвалов с разгрузкой в стороны необходимо дополнительно определять устойчивость при разгрузке на косогоре.

Для количественной и сравнительной оценки устойчивости автотранспортного средства против опрокидывания можно использовать

коэффициент боковой устойчивости h_0 , который представляет собой отношение колеи автотранспортного средства B к высоте центра тяжести h_g .

$$h_0 = B/2h_g$$

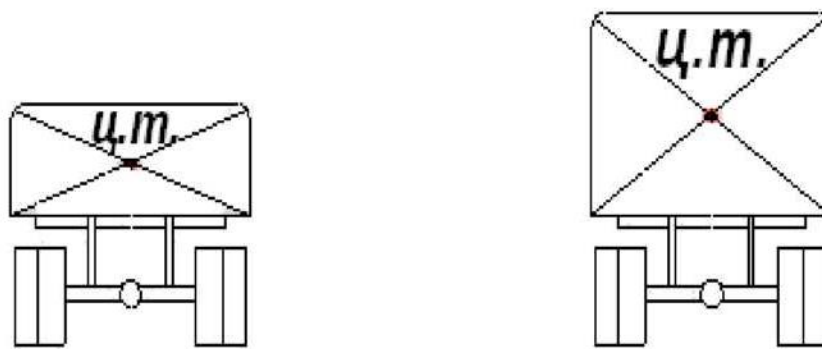


Рис. 2.15. Расположение центра тяжести груза в кузове

Так как h_0 - численно равен тангенсу угла наклона дороги, при котором наступает неустойчивое равновесие, то как правило его значение сопоставляют с величиной экспериментально найденного угла опрокидывания.

Определение угла опрокидывания в стационарных условиях предпочтительнее, так как этот способ может применяться в любое время года и даёт более стабильные и сопоставимые результаты по сравнению с дорожными испытаниями. С другой стороны, в дорожных условиях точнее определяется реальный угол опрокидывания на различных опорных поверхностях, так как при этом действуют многие внешние воздействия, которые не могут быть учтены на стендах.

2.6.2. Определение бокового крена автотранспортного средства

В лабораторных условиях боковая устойчивость кузова и других поддрессоренных частей может быть оценена по величине угловой жёсткости λ подвески, представляющей собой отношение момента M , наклоняющего поддрессоренные массы в поперечной плоскости, к вызываемому им углу наклона α .

Угловая жёсткость λ определяется экспериментально приложением к кузову известных моментов M и измерением углов α . (рис. 2.16). Приложение момента M может быть осуществлено с помощью рамки, укреплённой на автотранспортном средстве в плоскости центра тяжести кузова, на которую с одной стороны действует подъёмное устройство, а с другой такая же сила в противоположном направлении.

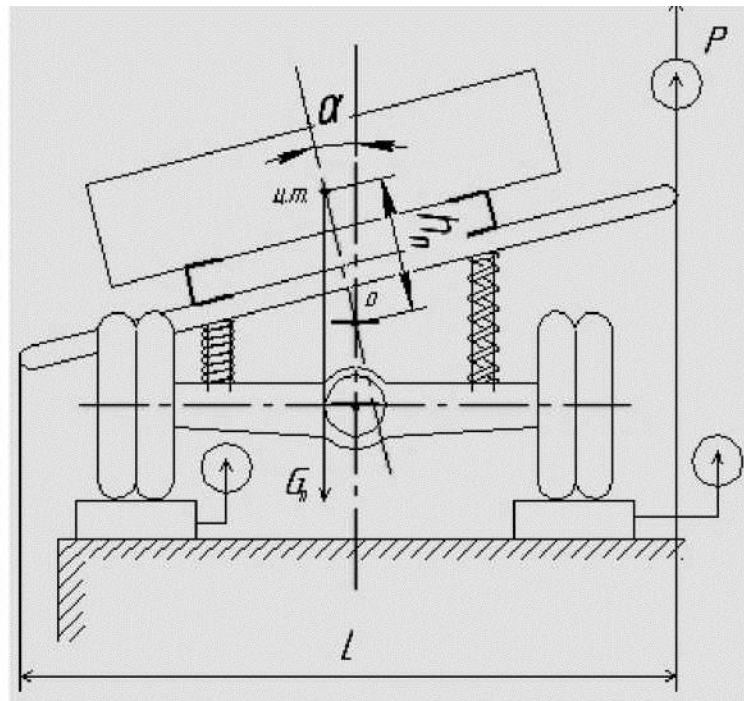


Рис. 2.16. Схема определения угловой жёсткости подвески автотранспортного средства

В этом случае боковая жёсткость подвески определится из выражения:

$$\lambda = \frac{M}{\alpha} = \frac{0.5 \cdot P \cdot L + G_{II} \cdot h_{II} \sin \alpha}{\alpha},$$

где P - усилие динамометра;

L - плечо действия силы;

α - угол крена в поперечной плоскости;

G_{II} - вес поддресоренных частей;

h_n - расстояние центра тяжести поддресоренных масс от оси поперечных колебаний автотранспортного средства.

Для определения момента M необходимо предварительно определить вес поддрессоренных частей и расположение их центра тяжести. Затем определяется положение оси поперечных колебаний.

Ось поперечных колебаний представляет собой геометрическое место точек, вокруг которых поворачиваются поддрессоренные массы под действием поперечного момента (рис. 2.17). Вследствие высокой жёсткости рамы и кузова машин это геометрическое место точек близко к прямой, лежащей при нейтральном положении кузова в продольной вертикальной плоскости симметрии автотранспортного средства.

Положение оси поперечных колебаний $A'A''$ обуславливается кинематикой передней и задней подвесок и может быть по-разному наклонено к горизонтали.

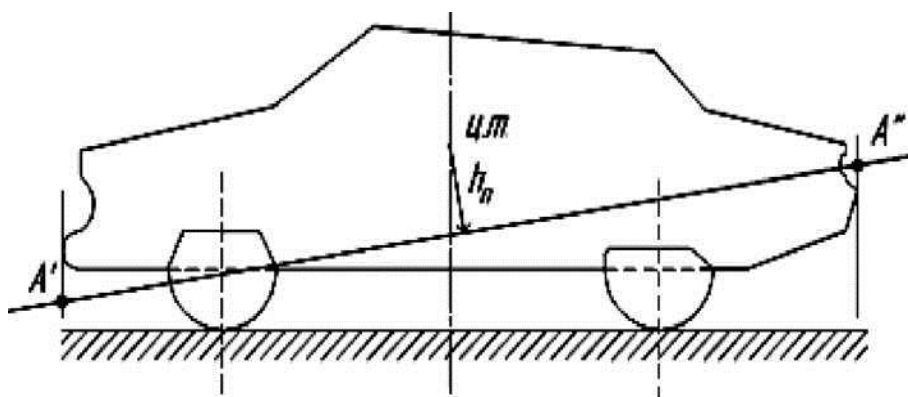


Рис. 2.17. Расположение оси поперечных колебаний

Для экспериментального нахождения оси поперечных колебаний автотранспортное средство устанавливается на горизонтальной ровной площадке и к кузову прикрепляется мерная доска (рис. 2.18). Ось мерной доски должна точно совпадать с продольной осью симметрии автотранспортного средства.

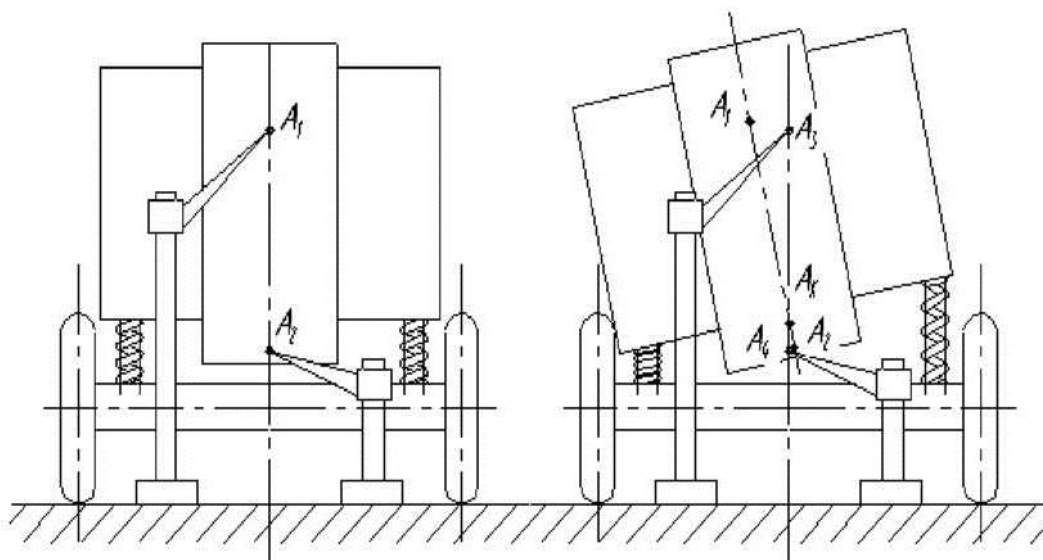


Рис. 2.18. Схема определения оси поперечных колебаний

К двум точкам A_1 и A_2 на оси мерной доски подводятся указатели. Затем кузов поворачивается с помощью рамки, как описано выше, и отмечаются указателями новые точки A_3 и A_4 . Точка A_k , являясь мгновенным центром вращения кузова (так как она лежит на пересечении прямых A_1A_2 и A_3A_4), будет лежать на оси поперечных колебаний.

После проведения такого испытания спереди и сзади автотранспортного средства, определяется положение оси поперечных колебаний (проверяют наклоном кузова в обе стороны).

Для небольших углов наклона (до 8°) можно принять $\sin \alpha \sim \alpha$, тогда

$$\lambda = \frac{P \cdot L}{2 \cdot a} + G_{II} \cdot h_{II}.$$

При определении боковой жёсткости λ рекомендуется контролировать вес, действующий на колёса. Для этого колёса ставятся на весы.

Ось поперечных колебаний может быть определена фотосъёмкой яркой точки на кузове (на оси симметрии) с большой экспозицией при раскачивании кузова.

В дорожных условиях боковая устойчивость кузова автотранспортного средства оценивается непосредственно по углу его крена при движении на

повороте с различными скоростями. Запись осуществляется самописцем с помощью гироскопа и отметчика времени. Испытания проводятся на дорогах автополигона (скоростной, динамометрической, булыжной ровного замощения, горной и на круглой испытательной площадке), а также на автомобильных дорогах общего пользования (третьей категории), включающих повороты малых радиусов и участки с неровным покрытием.

2.6.3. Испытание на увод и занос автотранспортного средства на повороте

Совокупность качеств, обеспечивающих соответствие фактического направления движения заданному рулём, определяет управляемость автотранспортного средства. Причинами, вызывающими отклонение от прямолинейного движения, могут явиться как внешние факторы:

- поперечный уклон дороги;
- неровности дороги;
- боковой ветер;

факторы, обусловленные конструкцией и состоянием автотранспортного средства:

- неодинаковость давления в шинах;
- неправильная установка колес;
- наличие зазоров в рулевом приводе;
- неуравновешенность колёс;
- перекося осей колёс в горизонтальной плоскости, вызванный различным прогибом правой и левой подвесок;

факторы движения автотранспортного средства:

- боковой ветер;
- центробежные силы на повороте.

При движении неравномерное по дороге (а все дороги имеют неровности) плоскость вращения колёс может изменяться в зависимости от кинематики подвески. Возникающий при этом гироскопический эффект будет стремиться повернуть управляемые колёса. Несоответствие кинематики рулевого

привода и подвески при реальной деформации упругих элементов также может вызвать угловые колебания управляемых колёс. В тех случаях, когда прогиб упругих элементов подвески сопровождается изменением углов наклона шкворней в продольной и поперечной плоскостях, нарушается стабилизация управляемых колёс при движении.

Автотранспортное средство, вследствие боковой эластичности шин может начать движение под углом к заданному направлению. Этот угол называется углом бокового увода.

Оценка управляемости автотранспортного средства производится только дорожными испытаниями. В этом случае как правило определяются:

- боковые силы (боковые реакции на колёсах);
- амплитуды и частоты угловых колебаний управляемых колёс вокруг шкворней;
- суммарный угол поворота рулевого колеса, необходимый для поддержания прямолинейного движения на участке пути;
- углы увода передней и задней осей.

Боковые силы (боковые реакции на колёсах) как правило измеряются с помощью динамометрических ступиц (рис. 2.19). Такие ступицы выполняются либо с гидравлическим, либо тензометрическим звеном, а иногда и с их комбинацией. На цапфе 3 колеса 1 установлена бронзовая втулка 4, допускающая вращение и осевое перемещение ступицы 2. Со ступицей 2 связан (для длительных испытаний ставится через упорные подшипники) корпус поршня 7. Поршень 7 может перемещаться в цилиндре 8. На цапфе закреплена крышка 5 цилиндра. Между крышкой цилиндра 5 и корпусом цилиндра 8 установлена диафрагма 6. Боковые усилия регистрируются либо самопишущим манометром (давление меняется в полости между диафрагмой и крышкой), либо тензоаппаратурой. Датчики клеятся на диафрагму. По результатам испытаний строятся графики зависимости боковой силы от скорости движения по кругу заданного радиуса.

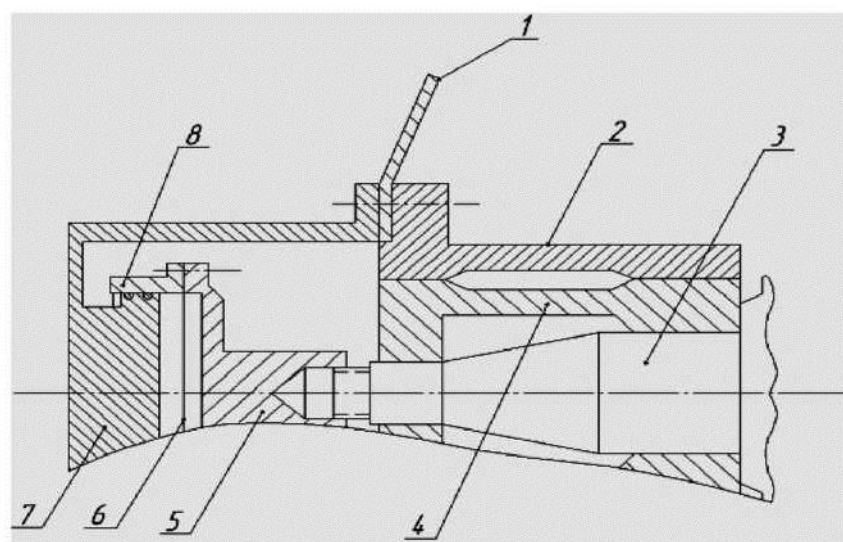


Рис. 2.19. Динамометрическая ступица колеса

При испытаниях автотранспортных средств ВАЗ 2116 по кругу радиусом в 20 метров выявлено, что до 22 км/ч боковая реакция распределяется между передними колёсами почти поровну. При увеличении скорости внутреннее колесо начинает воспринимать все меньшую часть боковой силы, и при скорости 27 км/ч происходит падение боковой реакции. Скорость, при которой начинается перераспределение нагрузок, соответствует проскальзыванию внутреннего колеса, а уменьшение абсолютного значения боковой реакции на колёсах означает начало скольжения.

Угловые колебания управляемых колёс как правило регистрируются по колебаниям торца тормозного барабана или тормозного диска. Биения торца барабана (или диска) записываются измерительной тензоаппаратурой или с помощью специализированных информационно-измерительных систем. Колебания передних колёс могут быть оценены также по суммарному углу их поворота при прямолинейном движении с разными скоростями (рис. 2.20).

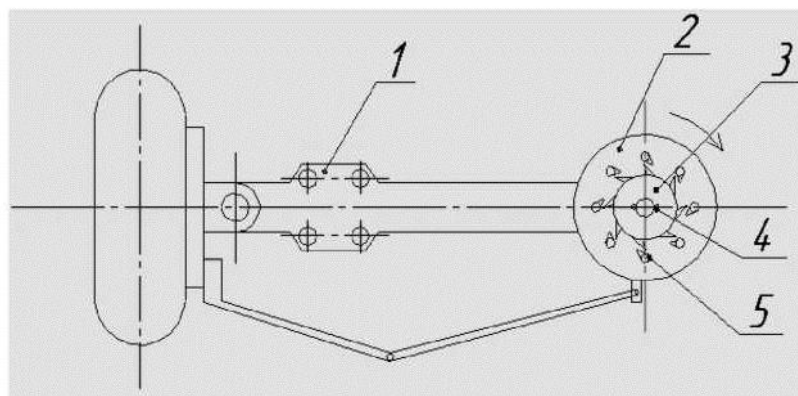


Рис. 2.20. Схема замера суммарного угла поворота управляемых колёс:
 1 – передняя ось, 2 – поворотный диск, 3 – храповое колесо, 4 – контакты, 5 – собачка

При колебаниях колеса вокруг шкворня за счёт системы рычагов качается диск 2, а храповое колесо поворачивается собачками в одну сторону, накапливая угол поворота за промежуток времени. Контакты 4 посылают сигнал в суммирующий счётчик (это механический интегратор). Точность результата зависит от шага храповика. Затем строится график изменения угла колебаний колеса на скоростях при прохождении 1 км пути. Изменения положения рулевого колеса как правило регистрируются реостатными датчиками.

Углы увода передней и задней осей характеризуют устойчивость и управляемость автотранспортных средств, как при прямолинейном движении, так и на повороте.

Возникающая при движении автотранспортного средства на повороте центробежная сила заставит колёса вследствие боковой эластичности шин перемещаться в направлениях, не совпадающих с плоскостью их вращения (рис. 2.20).

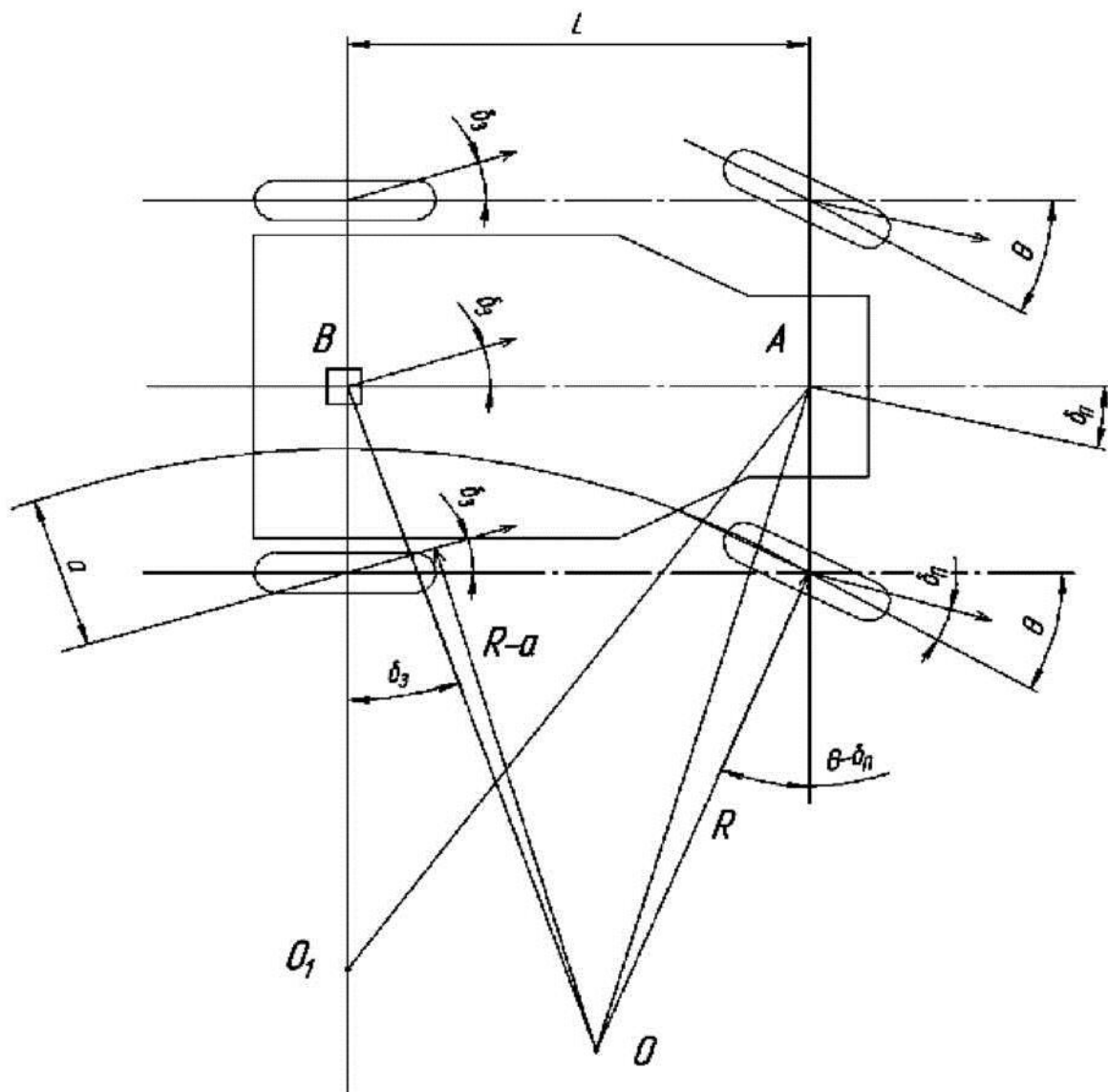


Рис. 2.20. Схема увода автотранспортного средства на повороте

Углы бокового увода, получающиеся между плоскостями вращения колёс и действительными направлениями их движения обозначены:

δ_z - угол бокового увода задних колёс;

δ_n - угол бокового увода передних колёс.

Наличие этих углов приводит к тому, что центр поворота автотранспортного средства будет находиться не в точке O_1 (теоретический центр), а в точке O (действительный центр).

Если $\delta_z > \delta_n$, то автотранспортное средство движется по кривой меньшего радиуса, чем тот, который соответствует углу поворота передних колёс.

При некоторой «критической» скорости этот радиус будет непрерывно уменьшаться, следовательно, будет увеличиваться центробежная сила и угол увода колёс, пока не наступит потеря сцепления, то есть боковое скольжение (занос).

При $\delta_z < \delta_n$ автотранспортное средство будет поворачиваться на большем радиусе, чем задано передними углами поворота управляемых колёс.

Таким образом, эти углы бокового увода определяют свойства излишней или недостаточной поворачиваемости автотранспортного средства. Количественную оценку этого свойства можно сделать только экспериментально.

Углы бокового увода экспериментально определяются тремя способами:

- 1) с помощью теодолита или проекционного аппарата при движении автотранспортного средства по заданному кругу;
- 2) по следам, оставляемыми шинами;
- 3) с помощью «пятого колеса».

Первый метод сводится к измерению углов поворота колёс и радиусов окружностей, по которым они катятся в действительности при заданном повороте руля и постоянной скорости движения. Для получения чётких следов шин применяется специальное покрытие, не ухудшающее сцепление шин с дорогой (быстро высыхающие спецэмульсии). Сопоставляя действительные траектории колёс с плоскостями их вращения, можно найти углы бокового увода.

При использовании теодолита машина движется на гладкой площадке по окружности заданного радиуса, которую наносят краской на дороге. Теодолит устанавливается в кузове автотранспортного средства над задней осью так, чтобы его оптическая ось была перпендикулярна продольной оси автотранспортного средства. Установка производится на неподвижном автотранспортном средстве, который стоит на помеченной краской окружности, в центре которой стоит веха наводки оптической оси теодолита. Испытания проводятся на постоянной скорости, причём в движении теодолит

вторично наводится на веху, в результате чего угол изменения и будет указывать увод колёс задней оси. Зная угол ϵ_z и угол поворота управляемых колес δ можно определить угол δ_n .

Если вместо теодолита в кузове устанавливается проекционный аппарат, то угол увода определяется на матовом экране по смещению изображения вехи. Этот метод позволяет наблюдать увод и определять характер его изменения. Фиксировать увод можно, если вместо проекционного аппарата установить кинокамеру.

Метод 5-го колеса существенно отличается от предыдущих. Когда нет увода задних колёс (малая скорость) 5-е колесо катится по окружности, по которой идёт середина моста. Когда скорость увеличивается и начинается увод, то мост смещается, а 5-е колесо продолжает катиться по той же окружности.

Углы увода автотранспортного средства при прямолинейном движении определяются после приложения боковой силы. Эта сила создаётся с помощью установки крыльев или боковой тяги тросом от параллельно идущего автотранспортного средства (рис. 2.21).

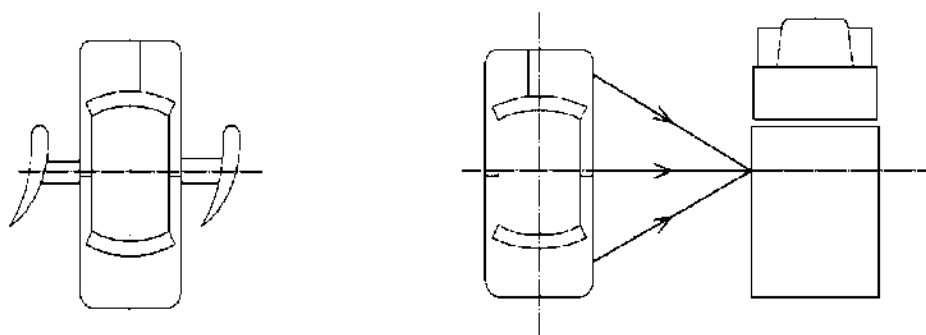


Рис. 2.21. Схемы создания боковой силы

В перечисленных испытаниях для записи динамических параметров движения может использоваться измерительный комплекс Corrsys Datron, позволяющий определять до 25 параметров движения автотранспортного средства.

Основными приборами комплекса являются: датчик скорости и увода (рис. 2.23); датчик колебаний колеса (рис. 2.24); измерительный руль (рис. 2.25); двухкоординатный бесконтактный измеритель скорости и угла положения кузова; измеритель положения колеса по осям x , y , z ; угол поворота (рис. 2.26); угол наклона; измеритель тормозного усилия и другие устройства.



Рис. 2.23. Датчик скорости и увода



Рис. 2.24. Датчик колебаний колеса



Рис. 2.25. Измерительный руль



Рис. 2.26. Датчик положения колеса

2.6.4. Испытания автотранспортных средств на управляемость

В результате испытаний определяются параметры, характеризующие управляемость системы «автотранспортное средство - водитель», и находятся характеристики автотранспортного средства, оказывающие влияние на его управляемость. Управляемость системы «автотранспортное средство - водитель» - это способность автотранспортного средства, управляемого водителем, сохранять заданное направление движения или изменять его по желанию водителя воздействием на рулевое управление в определенных дорожных условиях.

Управляемость автотранспортного средства тесно связана с устойчивостью, так как чем выше устойчивость, тем больше приближается фактическая траектория движения автотранспортного средства к траектории, задаваемой водителем. Поэтому при испытаниях определяют показатели, характеризующие устойчивость по опрокидыванию, курсовую устойчивость,

то есть способность сохранять заданное направление движения и боковую устойчивость, которая характеризует боковые смещения при движении.

Показатели управляемости и устойчивости определяются при движении автотранспортного средства как в нормальных эксплуатационных условиях, так и по размеченным траекториям на специальных площадках.

Испытаниям подвергаются автотранспортные средства, параметры которых соответствуют техническим условиям при полной их массе. Предварительно обязательно проверяются углы установки управляемых колёс, зазоры в рулевом управлении, давление воздуха в шинах, износ протектора шин, который не должен превышать 30 % его первоначальной высоты. Длина участков должна составлять 500 м при движении со скоростями 10...30 км/ч и 1000 м при больших скоростях.

В ходе испытаний определяется комплекс показателей, характеризующих управляемость и устойчивость автотранспортного средства: боковые отклонения автотранспортного средства, колебания курсового угла, крены автотранспортного средства, чувствительность автотранспортного средства к управлению, стабилизация положения управляемых колес, величины усилий на рулевом колесе и др.

Испытания на управляемость по специально размеченным траекториям включают движение по прямой (курсовая устойчивость), перевод автотранспортного средства с одной полосы движения на другую (переставка), поворот с переходом на круговую траекторию (вход в поворот), «рывок руля» и «змейку».

Курсовая устойчивость проверяется на прямолинейных участках дорог шириной не менее 3,5 м, с продольным уклоном до 1 % и поперечным - не более 0,5 %. Испытания проводятся на дорогах с асфальтобетонным или цементобетонным покрытием в сухом и мокром состояниях с ограниченной величиной неровностей и с установленными на дорогах искусственными препятствиями определенной формы и размеров, а также с булыжным сухим покрытием хорошего качества и на укатанных заснеженных дорогах.

На каждом участке проводится не менее восьми заездов в каждом направлении с различными скоростями. При испытаниях на сухой асфальтобетонной или цементобетонной дороге скорости должны быть меньше максимальной на 10 км/ч для легковых автотранспортных средств и на 5 км/ч для грузовых автотранспортных средств и автобусов.

Испытания на всех остальных типах дорог для всех автотранспортных средств производятся при максимально возможной скорости движения по условиям безопасности.

Отклонения продольной оси автотранспортного средства от заданного прямолинейного движения записываются с помощью гироскопического полукомпаса, а углы поворота рулевого колеса регистрируются на ленте осциллографа, магнитографа или с помощью компьютера (например, через проволочный круговой потенциометр).

Переставка выполняется при обгоне, при подготовке к повороту, при объезде внезапно появившегося препятствия. Испытания со сменой полосы движения характеризуют управляемость и устойчивость автотранспортного средства и проводятся при разных состояниях поверхности твердого дорожного покрытия.

На участке дороги (рис. 2.27) с помощью переставных ярко окрашенных конусов размечают полосы, по которым водитель должен вести автотранспортное средство, не сбивая и не смещая разметочных знаков с изменением полосы движения. Показателем управляемости при этом является наибольшая скорость, при которой выполняются требования смены полосы движения. Кроме того, определяется угол крена автотранспортного средства, усилия на рулевом колесе и углы его поворотов, смещения продольной оси автотранспортного средства от положения, соответствующего прямолинейному движению.

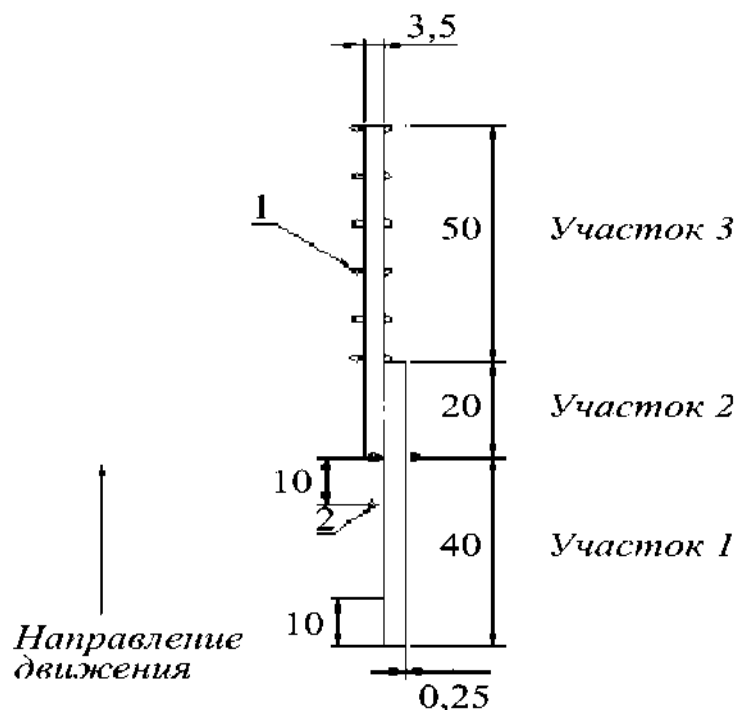


Рис. 2.27. Схема разметки площадки для испытаний «переставка»:

1 – вертикальные ограничители разметки коридора движения; 2 – датчики измерения скорости автотранспортного средства

При входе в поворот определяется предельная скорость движения на поворотах постоянного радиуса с высоким коэффициентом сцепления в момент потери управляемости автотранспортным средством, вызванной опрокидыванием, заносом или неписываемостью в заданную траекторию. Радиус поворота устанавливается равным 25 м для грузовых автотранспортных средств и автобусов с числом мест больше 10 и 35 м - для легковых автотранспортных средств и автобусов малой вместимости.

Перед участком входа в поворот наносятся две линии прямолинейного коридора и переходную кривую, по которой автотранспортное средство входит в движение по кругу (рис. 2.28).

Испытание поворот $R = 30$ м

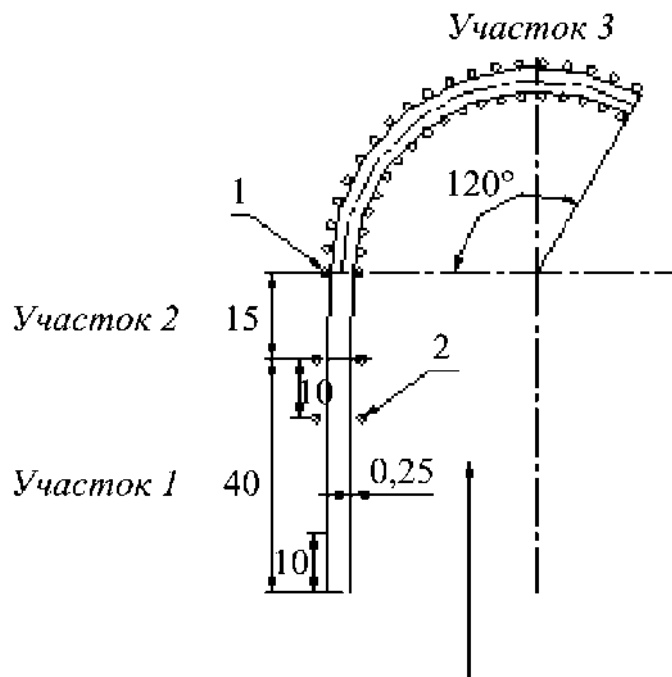


Рис. 2.28. Испытания «поворот» с радиусом 30 м:

1 – вертикальные ограничители коридора движения; 2 – датчики скорости

Испытания «рывок руля» проводятся с предварительным разгоном для автотранспортных средств категорий М1, М2, N1, N2 до скорости 80 ± 3 км/час, категорий М3, N3, до 60 ± 3 км/час. При въезде с этой скоростью на разворотную площадку производится резкий поворот руля с угловой скоростью не менее 400 град/с. Угол поворота рулевого колеса увеличивается в последовательных заездах до возникновения бокового (центробежного) ускорения до $4,5 \text{ м/с}^2$ или потери сцепления шин, а также при начале бокового опрокидывания. Испытания выполняются при рывке руля в правую и левую стороны. Предельная скорость определяет, как курсовую устойчивость, так и поворачиваемость автотранспортного средства.

На рис. 2.29 показана схема движения автотранспортного средства при испытании «змейка», где определятся максимально возможная скорость синусоидального движения.

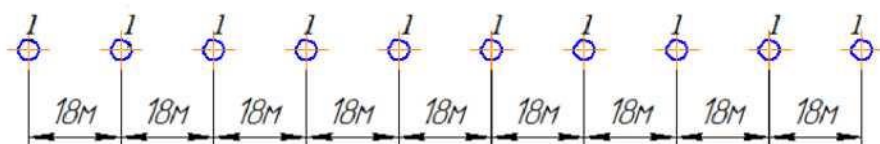


Рис. 2.29. Разметка для движения «змейка»

При перечисленных испытаниях автотранспортное средство должно иметь одно или два страховочных навесных колеса, установленных на специальных кронштейнах, которые ограничивают наклон автотранспортного средства при повороте (в период отрыва колёс от поверхности дороги) на угол, не превышающий $25...30^\circ$. На легковых автотранспортных средствах страховочные колёса рекомендуется устанавливать на кронштейнах у передних и задних бамперов.

К характеристикам автотранспортного средства, влияющим на управляемость, относятся статическая и динамическая поворачиваемость, предельная скорость движения по окружности на дороге с малым коэффициентом сцепления, стабилизация управляемых колёс, наименьшие радиусы поворота, лёгкость рулевого управления, максимальные углы поворота рулевого колеса и управляемых колес, а также угловое передаточное число рулевого управления.

Статической поворачиваемостью характеризуется способность автотранспортного средства сопротивляться уводу, вызванному действием центробежной силы при движении по кругу с заданной скоростью.

Испытания проводятся на цементобетонной горизонтальной сухой площадке диаметром не менее 80 м. Комплект аппаратуры, установленный на автотранспортном средстве, должен обеспечивать непрерывную запись угла увода задней оси, пути и времени, проходимого какой-либо точкой автотранспортного средства, или углов увода обеих осей и центробежного ускорения. Записываются углы увода при помощи «пятого колеса», устанавливаемого под задней осью двухосного автотранспортного средства

или под серединой базы задней тележки трехосного автотранспортного средства. Допускается смещение «пятого колеса» в поперечном направлении к центру поворота автотранспортного средства.

Во время испытаний автотранспортное средство движется по окружности диаметром 25 м с последовательно увеличивающимися в заездах скоростями от минимальной - 3...4 км/ч до предельной, причём скорость поддерживается постоянной от начала до конца прохождения длины окружности.

Динамическая поворачиваемость определяется, когда автотранспортное средство движется по синусоидальной траектории между вешками, поставленными по прямой. Характеристиками динамической поворачиваемости являются разность углов увода передней и задней осей автотранспортного средства, максимальная скорость вращения рулевого колеса за период проезда синусоиды, разность фактически произведенного и теоретически необходимого угла поворота рулевого колеса на участке, ограниченном четырьмя вешками.

В качестве вспомогательного параметра используется разность углов увода осей в момент достижения максимального угла поворота рулевого колеса. Все перечисленные параметры представляются в виде зависимости от максимального углового ускорения при движении по синусоиде.

Испытания проводятся на сухой цементобетонной дороге шириной не менее 10 м, на которой устанавливают более семи вешек. Расстояние между вешками назначается в зависимости от базы автотранспортного средства, например, 10 м для автотранспортных средств с базой до 2,7 м и 25 м - для автотранспортных средств с базой более 4,2 м. Автотранспортное средство проходит между вешками на возможно близком расстоянии от них.

В ходе испытаний скорости изменяются от максимально возможной до минимальной - 8.10 км/ч с интервалом 2.3 км/ч). Аппаратурой записываются углы поворота оси автотранспортного средства, углы поворота рулевого колеса, отметки времени.

Одной из характеристик управляемости автотранспортного средства

является, предельная скорость его движения по окружности на горизонтальной поверхности с малым коэффициентом сцепления. Устойчивость автотранспортного средства характеризуется предельной скоростью движения передней оси по окружности (основной параметр) и центробежное ускорение, при котором происходит занос одной из осей автотранспортного средства (вспомогательный параметр).

В ходе испытаний автотранспортное средство движется по окружности радиусом 15 м на горизонтальной площадке, покрытой льдом. Водитель ведёт автотранспортное средство передним левым колесом по окружности, постепенно увеличивая скорость до начала заноса, причём увеличение скорости при прохождении одного круга не должно быть более 1...1,5 км/ч. Перед началом заноса производится непрерывная запись угловой скорости продольной оси автотранспортного средства или угла поворота и времени.

Стабилизация управляемых колес автотранспортного средства определяется по скорости возвращения колёс в нейтральное положение при выходе из поворота. Автотранспортное средство движется со скоростью 20 км/ч так, что переднее наружное колесо находится на окружности радиусом 15 м, нанесенной на ровной и сухой площадке с твёрдым покрытием. По команде водитель отпускает рулевое колесо, и оно поворачивается в положение, которое соответствует прямолинейному движению автотранспортного средства. При этом регистрируются изменения угла или скорости поворота рулевого колеса по времени. Движение автотранспортного средства продолжается с постоянной скоростью до прекращения вращения рулевого колеса. Затем автотранспортное средство останавливается и рулевое колесо доводят до нейтрального положения. В результате обработки данных определяются средние угловые скорости самовозврата рулевого колеса и стабилизации управляемых колёс для трех заездов в прямую и обратную стороны.

Легкость управления автотранспортным средством оценивается по величине усилий на ободе рулевого колеса при повороте управляемых колёс

на месте, при движении по траектории «восьмерка» и при переезде препятствий.

Испытания проводятся на горизонтальной асфальтобетонной площадке в сухом состоянии. Повороты на месте производятся вправо и влево до упора в ограничители. При наличии усилителя рулевого привода испытания проводятся при работающем двигателе.

Повороты при движении по траектории «восьмерка» осуществляются со скоростями 25 км/ч для легковых автотранспортных средств, автобусов с числом мест до восьми и грузовых автотранспортных средств с полной массой до 3500 кг и 20 км/ч для остальных автотранспортных средств. Первая категория автотранспортных средств испытывается при движении по траектории «восьмерка» диаметром 20 м и с расстоянием между центрами 28 м, а вторая 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 через 0,75 м, производится со скоростью 20 км/ч поочередно колёсами каждой стороны автотранспортного средства.

2.6.5. Испытания автомобилей на маневренность

Маневренность - это способность автотранспортного средства или автопоезда совершать повороты и развороты на минимальной площади. При испытаниях на маневренность определяются (рис. 2.30):

- радиусы поворота;
- габаритные радиусы поворота;
- ширина полосы, на которой совершается поворот (для автопоездов);
- величина смещения оси прицепа относительно оси тягача;
- способность автопоезда двигаться задним ходом по заданной траектории.

Испытания проводятся на ровной горизонтальной площадке с твёрдым покрытием. Автотранспортное средство движется с минимально возможной

скоростью по кругу с повернутыми до упора в ограничители управляемыми колёсами.

Автотранспортное средство проезжает полный круг, после чего измеряется диаметр круга по осевой линии следа переднего внешнего колеса.

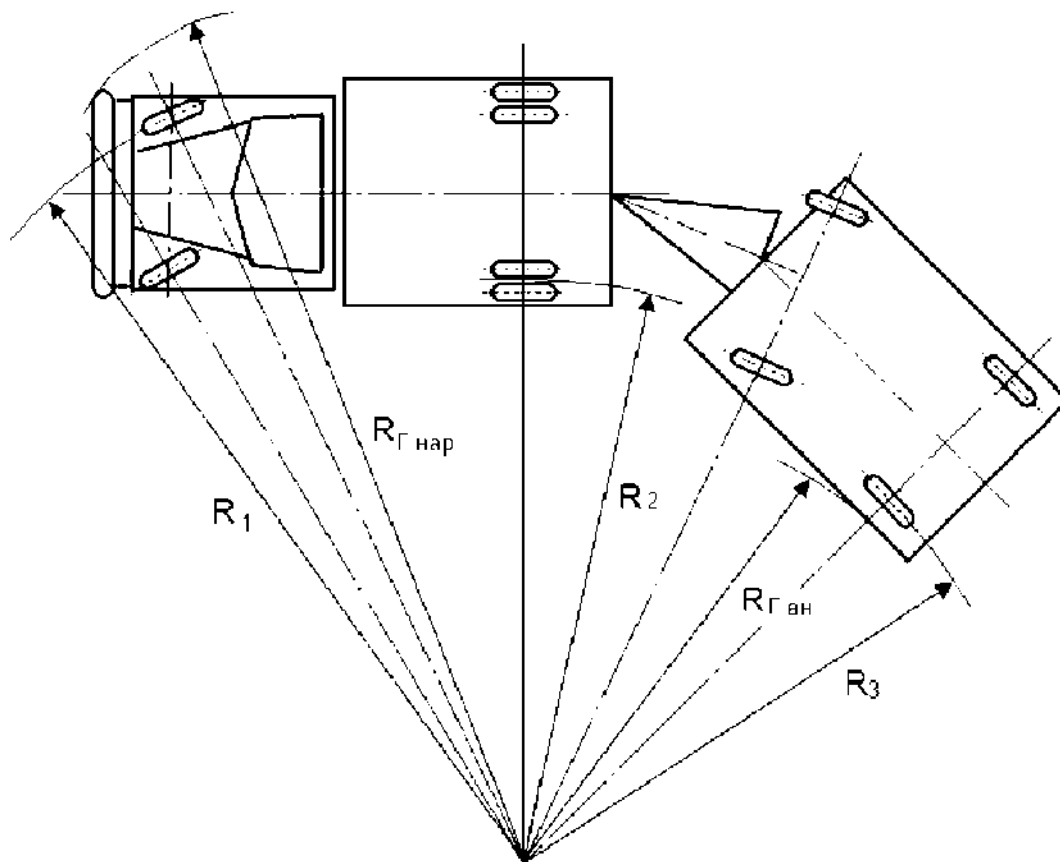


Рис. 2.30. Схема поворота автотранспортного средства с прицепом:

R_1 – внешний радиус поворота, R_2 – внутренний радиус поворота, R_3 – внутренний радиус поворота прицепа, $R_{Г\text{ нар}}$ – габаритный наружный радиус, $R_{Г\text{ вн}}$ – габаритный внутренний радиус

Для замера габаритных радиусов поворота измеряется расстояние от оси следа переднего внешнего колеса до отвесов, укрепленных на автотранспортном средстве в двух точках наиболее приближенной к центру поворота и наиболее удаленной от него.

В ходе испытаний на маневренность фиксируются исключение опрокидывания и заноса, точная и быстрая реакция автотранспортного

средства на поворот рулевого колеса, соответствие угла поворота рулевого колеса углу поворота управляемых колёс и обратная связь между усилием на рулевом колесе и боковыми реакциями на управляемых колёсах.

Методы испытаний и оценочные параметры основываются на действующих нормативных документах (РД 37.001.005-86В «Методы испытаний и оценки устойчивости управления автотранспортными средствами» и ОСТ 37.001.471-88 «Управляемость и устойчивость автотранспортных средств. Методы испытаний»).

Испытания, проводимые в соответствии с этими нормативными документами, позволяют зафиксировать обеспечение норм управляемости и устойчивости, что необходимо при сертификации выпускаемых моделей.

Наименьшие радиусы поворота переднего наружного колеса и габаритные радиусы поворота (внешний и внутренний), характеризующие ширину проезда автопоезда с полуприцепом (рис. 2.31), определяются при повороте вправо и влево.

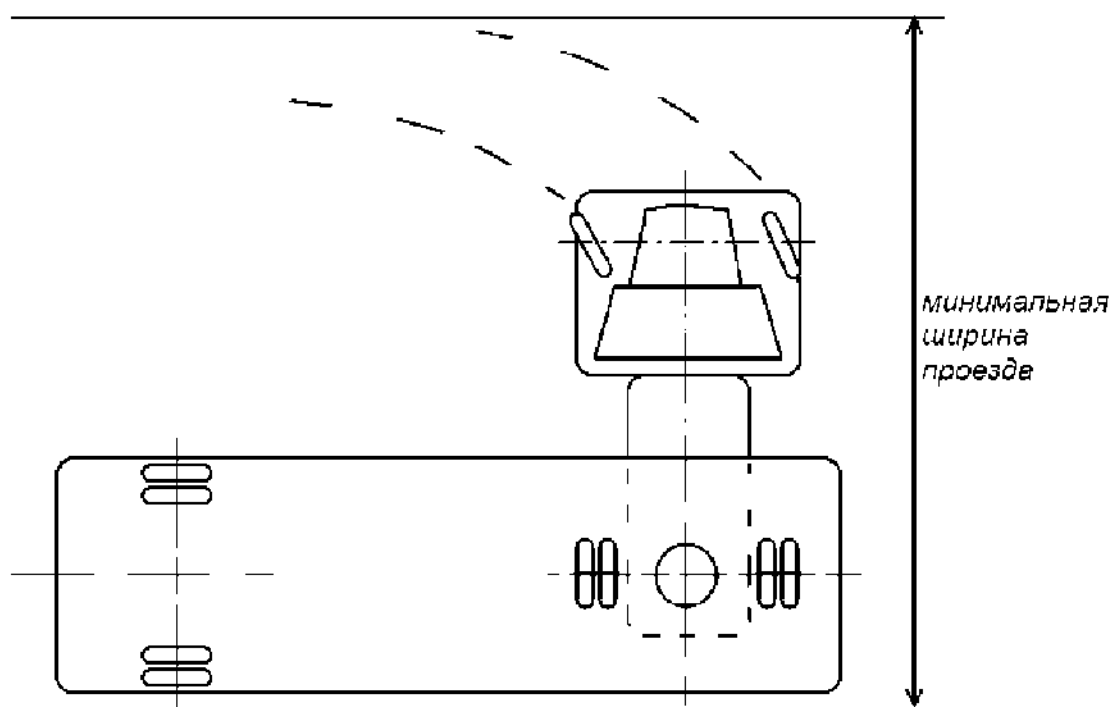


Рис. 2.31. Ширина проезда автопоезда

Следует отметить, что в дополнение к перечисленным испытаниям часто

используются органолептические оценки, выставляемые по пятибалльной системе в виде комплексной оценки устойчивости управления траекторией движения, курсовой устойчивости, устойчивости против заноса и опрокидывания.

2.7. Испытания автотранспортных средств на тормозную эффективность

При экспериментальной оценке тормозных качеств автотранспортных средств и автопоездов определяется эффективность работы рабочей, запасной, стояночной и вспомогательной тормозных систем.

В целях соблюдения единообразия проведения испытаний и обеспечения сопоставимости получаемых результатов условия и методы тормозных испытаний регламентированы как международными, так и национальными нормативными документами.

Перед этими испытаниями проверяется общее техническое состояние автотранспортных средств и обязательно их тормозных систем.

Для получения показателей, соответствующих тормозным свойствам автотранспортных средств в эксплуатации, перед испытаниями трущиеся элементы тормозов нового автотранспортного средства должны быть приработаны в соответствии с методикой конкретных типов испытаний. При испытаниях новой модели определяется зависимость между усилием на тормозной педали и давлением жидкости в гидравлическом приводе тормозов, а при пневматическом приводе - зависимость между ходом педали и давлением в тормозных камерах.

Эффективность *рабочей тормозной системы* оценивается в процессе дорожных испытаний величинами тормозного пути, установившимся замедлением, тормозными силами и временем срабатывания тормозного привода.

В соответствии с международными требованиями ЕЭК Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) испытания подразделяются на три типа: испытания «ноль», испытания I и испытания II.

Испытания «ноль» имеют целью определение эффективности тормозной системы при «холодных» тормозах. Холодными считаются рабочие тормозные механизмы, у которых температура на наружных поверхностях тормозных барабанов или дисков не превышает 100° С.

Эти испытания проводятся как с выключенной, так и с включенной передачей. Испытания проводятся в порожнем и груженом состояниях автотранспортного средства на горизонтальном, сухом и прямом участке дороги, с цементобетонным покрытием в хорошем состоянии.

Анализируя данные таблицы 2.2 можно сделать выводы:

1. В отдельные виды испытаний может быть включено торможение автотранспортных средств с более высоких скоростей.

2. При испытаниях автопоезда необходимо учитывать, что для пассажирского и смешанных автопоездов допустимый тормозной путь определяется по формулам для той категории автотранспортных средств, к которой автопоезд можно отнести по полному его весу, а для грузового автопоезда максимальный тормозной путь определяется по формуле:

$$S \leq 0,18 V_0 + V_0^2 / 115.$$

Таблица 2.2

Категория автомобилей	Наибольший допустимый тормозной путь в м	Начальная скорость при торможении, км/час	Среднее замедление при торможении, м/сек ²	Макс. усилие на тормозной педали в кг
M1	$S \leq 0,1 V_0 + V_0^2 / 150$	80	5,8	50
M2	$S \leq 0,15 V_0 + V_0^2 / 130$	60	5,0	70
M3	$S \leq 0,15 V_0 + V_0^2 / 130$	60	5,0	70
N 1	$S \leq 0,15 V_0 + V_0^2 / 115$	70	4,4	70
N 2	$S \leq 0,15 V_0 + V_0^2 / 115$	50	4,4	70
N 3	$S \leq 0,15 V_0 + V_0^2 / 115$	40	4,4	70

Испытания I проводятся для определения тормозной эффективности рабочей тормозной системы при нагретых рабочих тормозных механизмах.

Нагрев тормозов автотранспортных средств осуществляется путём последовательных торможений, а прицепов или полуприцепов - их буксировкой в заторможенном состоянии. Нагрев методом периодического или непрерывного торможения применяется для категории транспортных средств M1; M2; N1; N2, а нагрев методом непрерывного торможения - для категорий M3 и N3. Испытания типа "1" проводятся только для полностью загруженных автотранспортных средств. Испытания тормозов автотранспортных средств путём ряда последовательных торможений автотранспортного средства проводятся в соответствии с условиями и режимами, приведенными в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Категория автомобилей	<i>Режим циклического торможения</i>			
	Начальная скорость цикла V_n	Конечная скорость цикла V_k	Время цикла	Кол-во торможений
M1 (но не более)	0,8 от max 120 км/час	$1/2 V_n$	45	15
M2 (но не более)	0,8 от max 100 км/час	$1/2 V_n$	55	15
N1 (но не более)	0,8 от max 120 км/час	$1/2 V_n$	55	15
N2 (но не более)	0,8 от max 60 км/час	$1/2 V_n$	60	20

Начальная температура перед нагревом, измеренная на внешней стороне барабана или диска, не должна превышать 100° С. Нагрев тормозов производится путём "n"- кратных следующих друг за другом разгонов и торможений от V_n до V_k с заданным интервалом времени. Непосредственно после окончания нагревания производится испытание эффективности рабочего тормоза. Первое торможение производится с усилием нажатия, которое соответствует среднему замедлению 3 м/с. Это усилие на тормозную педаль должно оставаться постоянным в течении всех последующих торможений. Во время торможения остаётся включенной самая высокая

передача, кроме ускоряющей. При возобновлении движения после торможения разгон должен производиться так, чтобы требуемая начальная скорость для последующего торможения была достигнута в течение возможно более короткого отрезка времени. По окончании процесса нагрева эффективность работы тормозов определяется как при испытаниях типа "0" (но при другом температурном режиме). При этом остаточная эффективность рабочих тормозов должна быть не ниже 80 % эффективности, предписанной для данной категории автотранспортного средства и не ниже 60 % эффективности при испытании "0".

Испытания II проводятся для определения эффективности рабочей тормозной системы на затяжных спусках. В этих испытаниях также предварительно нагреваются тормозные механизмы, а затем проводятся контрольные торможения по методике испытаний «ноль».

Тормозные качества автотранспортного средства характеризуются многими показателями, основными из которых являются четыре:

- 1) величина пути торможения;
- 2) величина замедления при торможении;
- 3) время срабатывания тормозного привода;
- 4) усилия на тормозной педали и в рабочих тормозных механизмах.

Эффективность *запасной тормозной системы*, которая предназначена для использования при выходе из строя рабочей тормозной системы, определяется при различных вариантах преднамеренного выключения тормозов одного или двух колёс по методике испытаний «ноль» и при выключенном двигателе.

Эффективность *стояночной тормозной системы* определяется по суммарной тормозной силе, развиваемой тормозными механизмами и сопротивлением движению автотранспортного средства.

Для проверки эффективности стояночного тормоза автотранспортное средство с номинальной нагрузкой устанавливается на наклонную плоскость дороги с твёрдой, ровной и сухой поверхностью и затормаживается

стояночным тормозом. Он должен быть в «холодном» состоянии. Коробка передач автотранспортного средства должна находиться в нейтральном положении. Величина уклона для одиночного автотранспортного средства должна быть не менее 16 %, а для автопоезда - не менее 12 %. Усилие (наименьшее), которое необходимо приложить к рычагу при приведении в действие стояночного тормоза для остановки автотранспортного средства должно быть измерено посредством динамометра (оно не должно превышать 60 кг). Время удержания автотранспортного средства на заданном уклоне, после каждого затормаживания, должно быть не менее 5 мин. Опыт повторяется после разворота на 180°. Если стояночный тормоз рассчитан на применение в качестве запасного при выходе из строя основного рабочего тормоза, следует проверить его эффективность при затормаживании движущегося автотранспортного средства со скоростями 30 км/ч и 50 км/ч.

Эффективность *вспомогательной тормозной системы* определяется по величине суммарной тормозной силы, развиваемой механизмами этой системы и сопротивлением движению. Испытания проводятся тремя способами.

1.Автотранспортное средство в заторможенном состоянии спускается на участке дороги, имеющей продольный уклон 7 % и протяжённость 6 км. При этом тормозная система должна обеспечивать спуск испытываемого автотранспортного средства или автопоезда со стабильной скоростью 30 ± 2 км/час при наличии замедлителя и не более 30 ± 5 км/час при торможении двигателем.

2.Автотранспортное средство в заторможенном состоянии буксируется по горизонтальной дороге с помощью автотранспортного средства-тягача на жёсткой сцепке с динамографом. При этом определяется установившаяся сила тяги в сцепном устройстве при скорости 30 ± 1 км/час.

3.Автотранспортное средство затормаживается частично, то есть в заданном интервале скоростей (от 35 до 25 км/ч). Торможение производится с включённой передачей в трансмиссии, отвечающей тем же требованиям, что

и при испытаниях типа II. При испытаниях фиксируется зависимость скорости от времени.

Испытания вспомогательной тормозной системы проводятся не менее двух раз с интервалами для охлаждения.

Испытания *устройств для регулирования или ограничения тормозных усилий* на колёсах (как правило задних) проводятся с целью подбора оптимальных регулировок антиблокировочных систем, устраняющих блокировку колёс, занос автотранспортного средства и потерю управляемости, особенно при торможении на дорогах с низким коэффициентом сцепления. Испытания предусматривают несколько серий торможений на дорогах с ровным цементобетонным или асфальтобетонным покрытием при сухом, мокром и обледенелом состоянии. Измеряются тормозной путь и отклонение автотранспортного средства от прямолинейного движения.

Аппаратура, применяемая при испытаниях тормозных систем, должна обеспечивать измерение и запись всех величин, характеризующих процесс торможения на различных режимах (тормозной путь, время торможения, замедление, начальную скорость торможения, изменение скорости в функции пути или времени, усилия на органах управления, температуру тормозных механизмов).

Для регистрации скорости движения в функции пути или времени применяется «пятое колесо», а для оценки замедления - деселерометры. Усилия на органах управления в тормозных механизмах и давление в тормозных приводах в основном определяются на тормозных испытательных стендах, оборудованных соответствующей аппаратурой. На стендах обеспечиваются более повышенные требования к точности проведения испытаний и замеров.

Начало торможения и тормозной путь могут определяться с помощью пистолета, стреляющего краской на дорогу (рис. 2.32). В баллоне внизу находится краска, вверху воздух под давлением. При повороте рычага

стояночного тормоза или при нажатии на тормозную педаль краска выстреливается на дорогу.

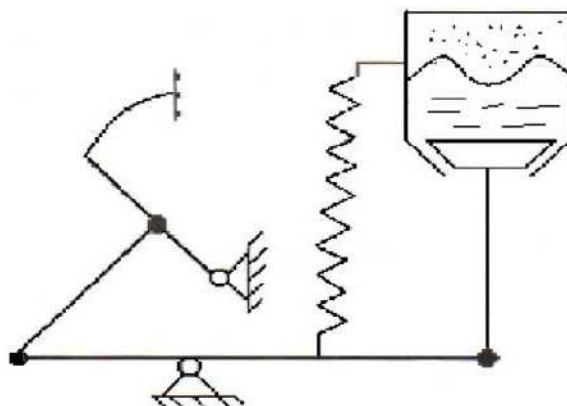


Рис. 2.32. Пистолет, стреляющий краской

Подготовка автотранспортного средства - обязательный начальный этап тормозных испытаний. Автотранспортное средство должен быть тщательно отрегулировано в строгом соответствии с требованиями инструкции завода-изготовителя и проверено в работе во всём диапазоне нагрузок и оборотов. Проводится определение весового состояния автотранспортного средства. Кроме того, автотранспортное средство должно пройти предварительную обработку не менее 200 км, шины должны иметь пробег не менее 500 км, а их износ не должен превышать 50%. Давление в шинах должно соответствовать техническим условиям завода-изготовителя. Для тормозов с пневмоприводом проверяются показатели, оговоренные в ГОСТ 4364-67.

Перед испытаниями в тормозной системе обязательно выполняется комплекс подготовительных работ:

- проверяется состояние тормозных барабанов и фрикционных накладок, если нужно, то они очищаются и промываются;
- устанавливается рекомендуемый зазор между тормозными колодками и барабаном или тормозными накладками и диском;
- проверяется герметичность привода тормозов;
- проверяется свободный ход тормозной педали.

Если перед испытаниями степень приработки поверхности колодок или накладок составляет не менее 90 %, автотранспортное средство направляется на проведение стендовых испытаний для определения величины тормозных усилий, развиваемых на каждом колесе и одновременности срабатывания тормозов на колёсах каждой оси. Если приработка составляет менее 90 % рабочей поверхности накладок или колодок, необходимо проводить специальную приработку, которая выполняется путём многократного притормаживания по 3...4 торможения с начальной скоростью $V_0 = 0,8 V_{max}$ км/ч до конечной скорости $V_k = 0,5 V_0$ км/ч, при этом замедление должно быть не менее $j = 3$ м/сек². Температура нагрева барабанов или дисков при испытаниях не должна превышать 100° С. После 3...4 торможений должно быть предусмотрено охлаждение тормозов путём остановки автотранспортного средства не менее, чем на 25 мин, или путём пробега в течение не менее 15 мин без применения тормозов со скоростью $V = 70$ км/ч.

Для оценки эффективности мокрых тормозов предварительно определяется эффективность сухих тормозов трёхкратным торможением с постоянным усилием на педали тормоза. Прогнав автотранспортное средство через мелководную ванну (на автомобильном полигоне) начинается серия новых торможений с увеличением усилия на педали. Циклы повторяются до тех пор, пока усилие на педали не станет равным первоначальному. Число необходимых торможений в этом цикле является оценкой эффективности мокрых тормозов.

Дополнительные испытания автотранспортных средств, имеющих ограничители давления в тормозной системе или антиблокировочные системы, проводятся при торможении на повороте в режиме изменения ряда («переставка») и на дороге с разными коэффициентами сцепления под правым и левым колёсами. Испытания проводятся как с соединёнными двигателем и трансмиссией, так и с разъединёнными, а также с полной нагрузкой и без неё. За начальную скорость торможения принимается максимальная скорость, с которой автотранспортное средство проходит заданный участок без заноса и

опрокидывания.

Следует отметить, что экспериментальные данные по тормозным качествам автотранспортных средств, отличаются от теоретических (расчётных). Это объясняется различной интенсивностью нагрева тормозов в реальных условиях движения, изменением развесовки по осям автотранспортного средства, деформациями элементов тормозных устройств, попаданием влаги, не стабильностью давления в приводе тормозов (при изменении температуры окружающей среды) и др.

В настоящее время проведение тормозных испытаний за рубежом характеризуется наличием множества фирменных и национальных методик, отличающихся друг от друга по целому ряду основных положений, включая критерии оценки эффективности тормозных качеств, объёма и содержания работ по подготовке и проведению испытаний.

Учитывая исключительную важность вопроса надёжной и эффективной работы тормозных систем, подкомитетом по автомобильному транспорту Европейской Экономической Комиссии Организации Объединенных Наций разработан проект предписаний, относящихся к торможению автотранспортных средств, который к настоящему времени претерпел несколько редакций, незначительно отличающихся друг от друга. В указанном проекте предписаний изложены основные требования к конструкциям тормозных систем автотранспортных средств и автопоездов, а также к некоторым элементам методики их испытаний, которая предусматривает испытания в последовательности, которая принята и в России, и в Узбекистане:

- 1) подготовка автотранспортного средства к испытаниям;
- 2) проведение стендовых испытаний по определению эффективности работы тормозов каждого колеса и одновременности их срабатывания;
- 3) проведение испытаний по определению эффективности "холодного" тормоза;
- 4) проведение испытаний по определению эффективности нагретого

тормоза;

5) проведение испытаний по определению эффективности стояночного тормоза;

6) составление технического отчёта и заключения по результатам проведенных испытаний в соответствии с международными требованиями.

2.8. Испытания автотранспортных средств на плавность хода

Комфортабельность - это эксплуатационное качество автотранспортных средств, обуславливающее возможно малую утомляемость пассажиров и водителя при поездке в различных дорожных условиях, сохранность грузов, лёгкость и удобство управления, безопасность движения и способствующее повышению средней скорости.

Автотранспортные средства проходят испытания на плавность хода как в стендовых, так и в дорожных условиях. При этом записываются абсолютные и относительные перемещения, ускорения, скорости колебательных процессов и в результате обработки полученных материалов определяются необходимые параметры.

Параметры, которые влияют на плавность хода автотранспортного средства, включают:

- общие конструктивные (общая масса, величины подрессоренных и непрорессоренных масс и их распределение между передними и задними колёсами, база автотранспортного средства, колея передних и задних колёс, положение центров тяжести (автотранспортного средства, подрессоренной массы, груза и пассажиров), момент инерции и радиус инерции подрессоренной массы относительно поперечной оси, проходящей через центр тяжести подрессоренной массы), положение центра тяжести и центров продольных колебаний кузова, распределение веса по осям и др.;

- упругие характеристики подвески (вертикальная и поперечная), радиальные упругие характеристики шин передних и задних колес, ход подвески до ограничителя), определяемые непосредственно на

испытываемом автотранспортном средстве;

- характеристики агрегатов подвески, снятых с автотранспортного средства (трение в подвеске, параметры элементов подвески, шин, амортизаторов и стабилизаторов); характеристики сидений.

Совокупность этих факторов делает оценку плавности хода очень сложным процессом. Кроме того, в процессе движения многие факторы оказывают на организм человека различное влияние, зависящее от индивидуальных качеств каждого, поэтому исчерпывающей единой установившейся методики испытаний автотранспортных средств на плавность хода нет. Однако, основные методы определения параметров, от которых зависит комфортабельность автотранспортного средства, детально разработаны, нормированы и используются на международном уровне.

2.8.1. Определение характеристик передней и задней подвесок

При этом типе испытаний определяются: упругая характеристика подвески; радиальные упругие характеристики шин; характеристики колебаний подвески. Упругой характеристикой подвески является зависимость между вертикальной нагрузкой, действующей на подвеску, и вертикальной деформацией подвески, измеренной над осью. Упругая характеристика снимается по отдельности для передней и задней подвесок. Для этого автотранспортное средство устанавливается последовательно передними и задними колёсами на весы и загружается балластом до соприкосновения ограничителей хода с упорами. Затем автотранспортное средство поднимается до того момента, когда показание весов станет равным весу неподрессоренных частей.

После этого подвеску загружают (опуская таль) и отмечают перемещения точек кузова с левой и правой сторон над осью. Одновременно измеряется деформация шины по перемещению оси колеса.

Разность между перемещением кузова и деформацией шин будет деформацией подвески (для данной нагрузки). По результатам испытаний

строится вертикальная упругая характеристика (рис. 2.33), на которой выделяется участок, ограниченный нагрузками для ненагруженного и полностью загруженного автотранспортного средства.

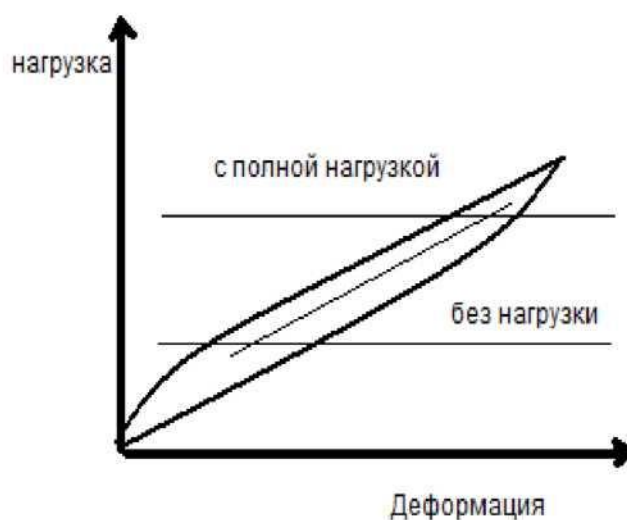


Рис. 2.33. Упругая характеристика подвески

Если характеристика нелинейна, жёсткость определяется, как касательная к средней линии, по которой берется тангенс угла наклона этой прямой (рис. 2.34).

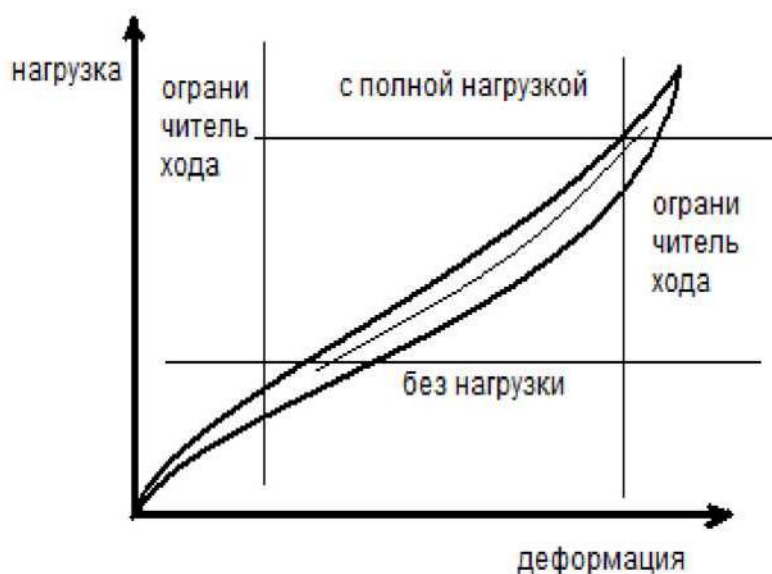


Рис. 2.34. Характеристика подвески с отметкой включения ограничителя хода

Радиальной упругой характеристикой шин называется зависимость между вертикальной нагрузкой на шины и их радиальной деформацией, измеряемой по перемещению центров колёс.

Характеристики шин снимаются одновременно с определением упругих характеристик подвесок. Можно снимать характеристики шин и на специальном стенде, имеющем вертикальное загрузочное устройство (рис. 2.35).

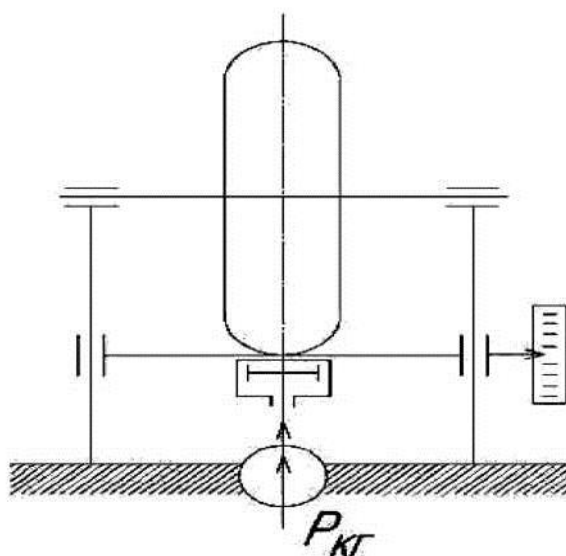


Рис. 2.35. Схема стенда с нагрузочным устройством на шину

Как правило, упругая характеристика шины строится на графике упругой характеристики подвески (рис. 2.36).

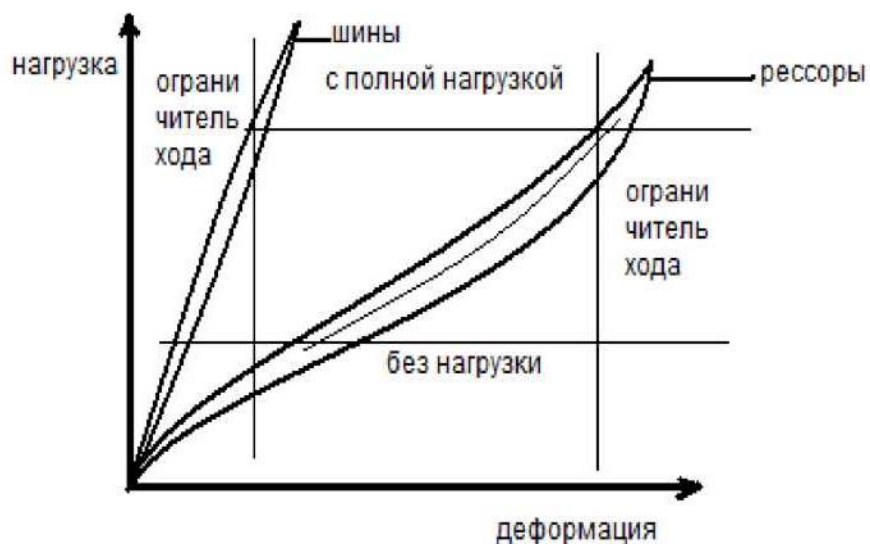


Рис. 2.36. Совместная упругая характеристика подвески и шины

Такая совмещённая упругая характеристика даёт наиболее полную картину вертикальной деформации упругих элементов подвески и шин.

2.8.2. Определение характеристик колебаний подвесок

Характеристиками колебаний подвесок автотранспортных средств называются графики, содержащие кривые собственных вертикальных колебаний точек кузова (или других поддрессоренных частей), расположенных над центровыми линиями передних и задних колёс. По этим характеристикам определяются низкие и высокие частоты собственных колебаний и показатели затухания колебаний в подвеске. Характеристики как правило определяются методом «подтягивания». Для этого автотранспортное средство устанавливается на горизонтальную площадку и его кузов подтягивается вверх (талью или другим приспособлением) на высоту 60...80 мм. Затем кузов резко освобождается электромагнитным замком и совершаемые им колебания низкой частоты фиксируются.

Следующим этапом испытаний является подтягивание автотранспортного средства вниз на величину до 30 мм каждого колеса. Колеса освобождаются одновременно.

Колебания кузова и колес (то есть поддрессоренных и неподдрессоренных масс) записываются на ленте или на вращающемся барабане (рис. 2.37). Для этого кузов и центры колес соединяются с записывающим устройством системой тяг.

Испытания проводятся с полной нагрузкой в кузове и без неё.

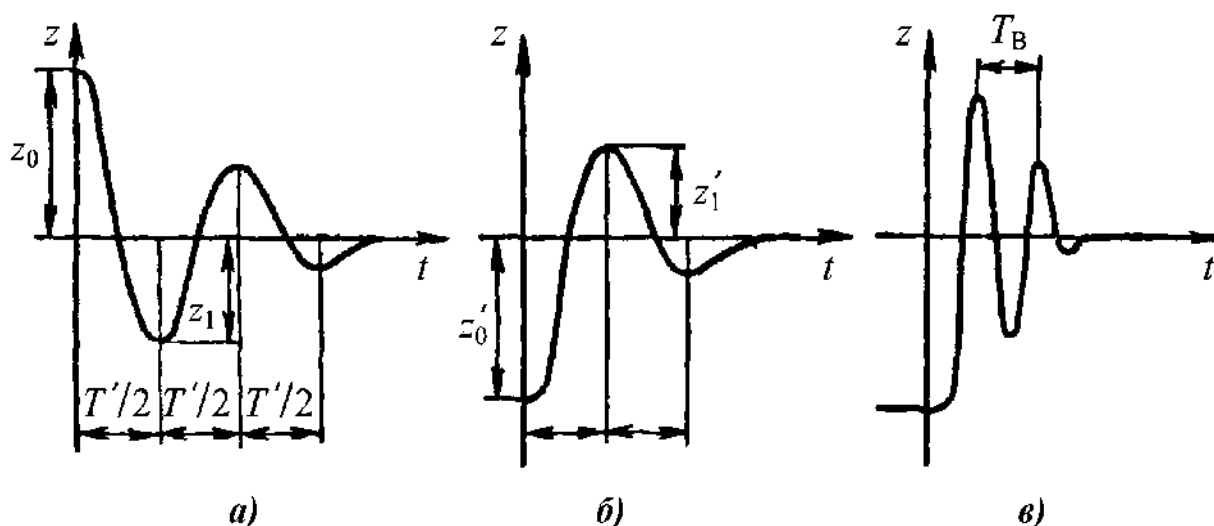


Рис. 2.37. Собственные вертикальные колебания кузова

По результатам испытаний с учётом масштаба времени определяются периоды низкочастотных T' и высокочастотных T_B колебаний (в секундах), частоты собственных колебаний (в Гц) $n_n = 1/T'$ и $n_e = 1/T_B$, и декременты затухания колебаний кузова на ходе сжатия $d_c = z_1/z_0$ и на ходе отбоя $d_o = z_1'/z_0'$. При этом обязательно указывается высота подтягивания, а при сбрасывании, кроме того, и первый размах колебаний после сбрасывания. Методы подтягивания и сбрасывания, хотя и позволяют определять некоторые параметры, характеризующие колебания автотранспортного средства, однако при них не воспроизводятся действительные условия работы автотранспортного средства (вызываются колебания только одной пары колёс и кузова над ними).

В реальных условиях из-за воздействия дорожных неровностей вызываются колебания сначала передних, а затем задних колёс и соответственно кузова над передней и задней осями. Для имитации этого воздействия испытания проводятся на стендах, которые позволяют приблизить условия работы автотранспортного средства к действительным (рис. 2.38).

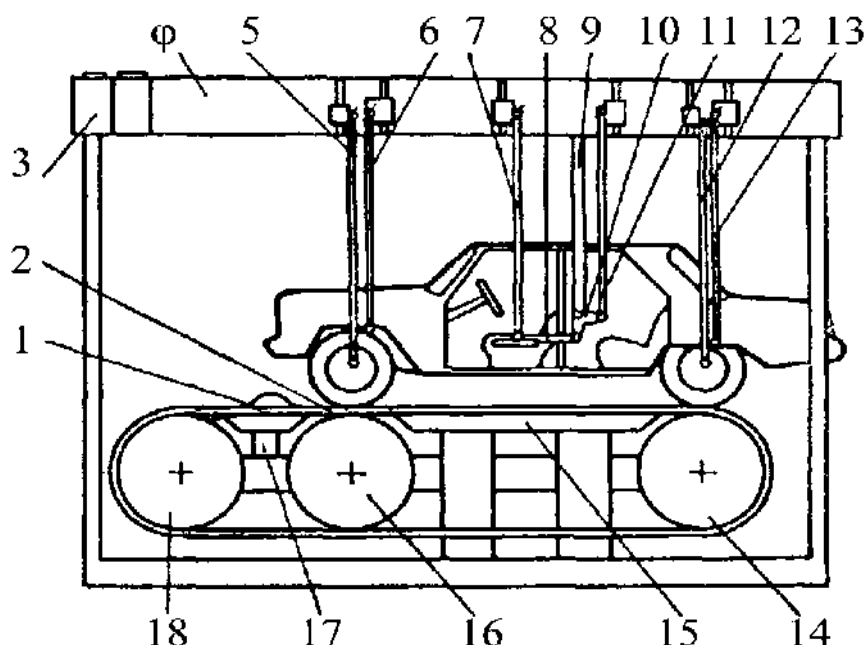


Рис. 2.38. Схема стенда с движущимися под автотранспортным средством лентами

Автотранспортное средство удерживается на стенде тросом. Его колёса устанавливаются на бесконечные ленты над опорными барабанами, при этом создаётся небольшое сопротивление движению лент под автотранспортным средством. Неровности 1 на движущихся лентах 2 воздействуют последовательно на передние и задние колеса и возбуждают колебания автотранспортного средства, которые регистрируются на бумажной ленте, перематываемой с постоянной скоростью электродвигателем 3. Дополнительно с помощью отдельных преобразователей регистрируют ускорения или скорости колебаний.

Система легких тяг с шарнирами на концах соединяет неподрессоренные и поддрессоренные массы (в том числе площадку на подушке сиденья автотранспортного средства) с самописцами, регистрирующими все процессы колебаний на одной ленте. Ось переднего колеса автотранспортного средства с помощью тяги 5 соединена с механическим самописцем, а кузов над колесом - тягой 6 с соседним самописцем. Колебания задних колес регистрируются самописцем 12, а кузова - аналогичным устройством 13.

Для регистрации колебаний подушки сиденья на неё помещается плита, к которой прикладывается нагрузка, составляющая примерно 52 кгс (например, закрепляют манекен). Тягой 7 плита соединена с самописцем регистрации вертикальных колебаний, а тягой 8 и маятниковым подвесом, смонтированным на кронштейне 9 горизонтальных перемещений водителя. Маятниковый подвес 10 имеет ось качания и преобразует продольные перемещения в вертикальные. Тяга 11 соединяет маятниковый подвес с самописцем продольных колебаний. Барабан 14 является ведущим и опорным для задних колёс автотранспортного средства, а барабан 16 - опорным для передних колёс и может быть передвинут по раме стенда в зависимости от базы испытываемого автотранспортного средства. Барабан 18 предназначен для натяжения дорожных лент и обеспечивает прямолинейный участок, по которому неровности попадают под передние колеса автотранспортного средства в горизонтальном направлении. Тем самым имитируется движение по неровной дороге. Между барабанами стенда помещены поддерживающие столы 15 и 17, которые уменьшают провисание ленты. Дорожные ленты стенда могут приводиться в движение электродвигателем или ведущими колёсами автотранспортного средства.

На таких стендах как правило записываются:

- 1)колебания колёс;
- 2)колебания точек кузова;
- 3)колебания манекена на сидении.

Величины ускорений определяются путём составления уравнения кривой амплитуд колебаний и его двукратным дифференцированием по времени. Интенсивность изменения ускорения (что важно для плавности хода) определяется трехкратным дифференцированием уравнения кривой по времени.

Методом сбрасывания определяются и центры продольных колебаний автотранспортного средства. Поочередно сбрасывается передняя и задняя оси, у которых упругие элементы подвески освобождены. В каждом из этих

двух испытаний записываются колебания точек кузова, расположенных над передней и задней осями (рис. 2.39).

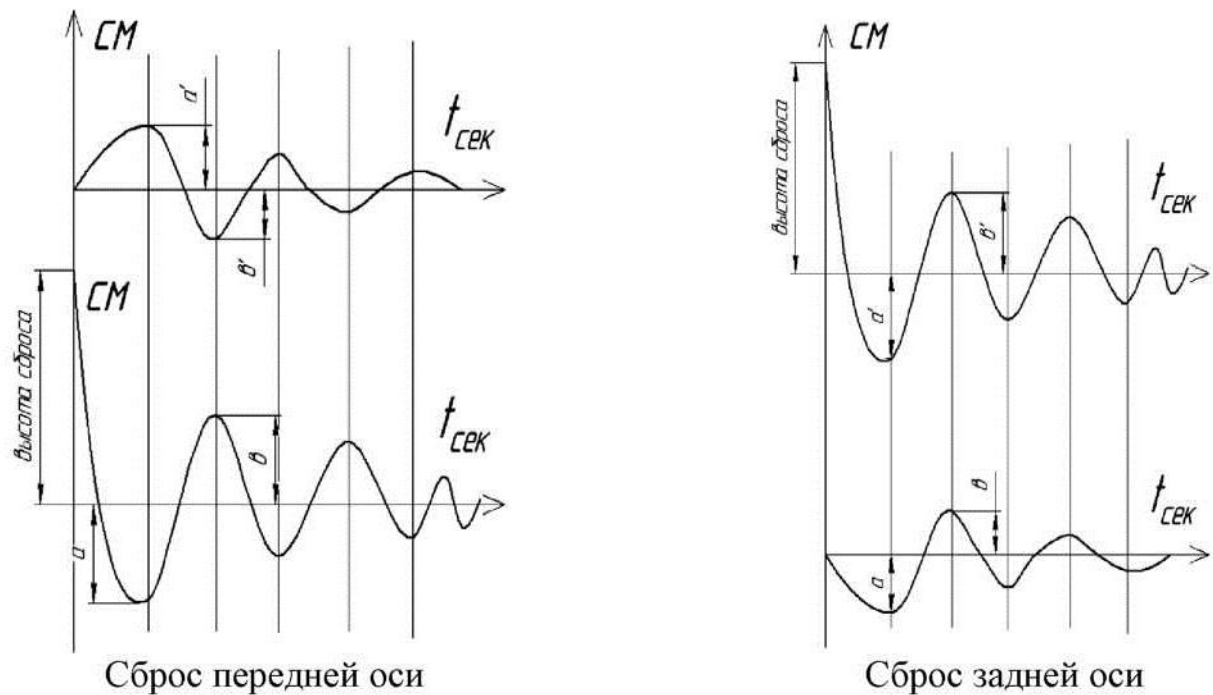


Рис. 2.39. Амплитуды колебаний над передней и задней осями:

a и b – амплитуды колебаний над передними колесами; a' и b' – амплитуды колебаний над задними колесами

Для определения центра колебаний откладывается отрезок, равный базе автотранспортного средства в масштабе (рис. 2.40). В точке, соответствующей передней оси, на отрезке откладываются амплитуды « a » и « b », а в точке, соответствующей задней оси, откладываются амплитуды « a' » и « b' ». Соединяя концы амплитуд, соответствующих одним и тем же моментам времени, получим пересечения прямых в точках O и O' . Эти точки и есть внешний и внутренний центры колебаний.

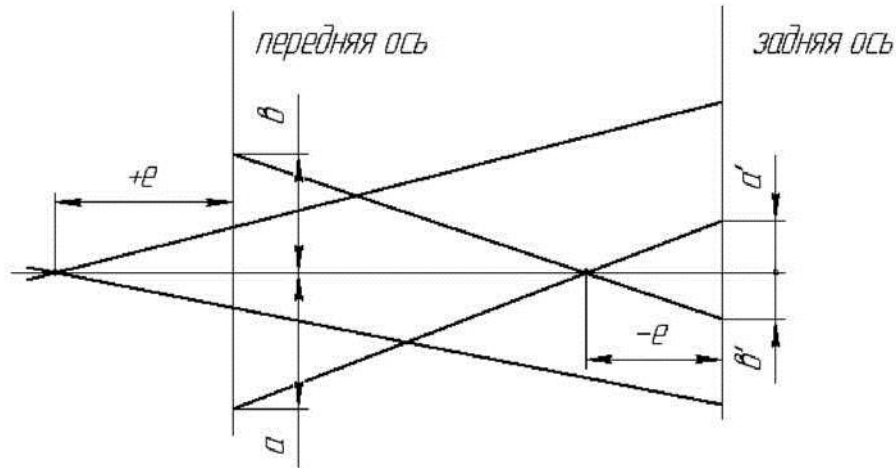


Рис. 2.40. Центры колебаний:

(– e) – положение центра колебаний при сбрасывании передней оси; (+ e) – положение центра колебаний при сбрасывании задней оси

Энергетическая оценка плавности хода может быть определена по соотношению между максимальной удельной энергией колебаний и удельной энергией колебаний, находящихся на пороге ощущения их человеком:

$$P = 10 \lg E/E_0,$$

где P - безразмерный энергетический измеритель интенсивности колебаний (он носит название «паль»);

E — максимальная удельная энергия колебаний, представляющая собой абсолютную энергию колебаний, отнесенную к массе колеблющегося тела M и к периоду колебаний T ;

$$E = Mv_{\max}^2/2MT = v_{\max}^2/2T = 2\pi^2 h^2 n^3,$$

где $v_{\max}^2$ - максимальное ускорение колебаний;

h — амплитуда колебаний;

n - число колебаний в секунду.

Величина E_0 на основании экспериментальных данных, для человека, лежащего на спине и подвергающегося вертикальным колебаниям, равна 0,5 см /сек .

В таблице 2.4 приведены ощущения среднестатистического человека.

Таблица 2.4.

Число палей	Ощущение человека
0 10	Порог ощущений
20 30 40	Допускаемые
50 60	Предельные
70 80	Вызывают морскую болезнь

Наиболее реальные оценки плавности движения определяются непосредственно в дорожных условиях при регистрации колебаний автотранспортного средства на дорогах с различным покрытием (асфальт, булыжник, проселок, грунт). В дорожных испытаниях обязательно регистрируются:

- 1) вертикальные колебания кузова;
- 2) угловые колебания кузова;
- 3) ускорения точек кузова.

Испытания проводятся на дорогах, для которых имеются готовые статистические характеристики воздействия микронеровностей (спектры воздействия), либо при переезде единичных препятствий (как правило синусоидальных) - это даёт возможность сравнивать характеристики.

Для записи колебаний используются как правило индуктивные или реостатные датчики. Ускорения регистрируются тензометрическими акселерометрами.

У легковых автотранспортных средств ускорения замеряются на переднем и заднем сидениях, у автобусов - на сидении водителя, на сидениях, которые расположены над передней осью, посередине базы и на самом заднем сидении, у грузовых автотранспортных средств - на сидении водителя и в кузове над задней осью.

Легковые автотранспортные средства испытываются только с полной нагрузкой (если подвеску пробивает, нагрузку можно уменьшить), автобусы испытываются с полной нагрузкой и без пассажиров, грузовые - с грузом и без него.

В дорожных условиях движения автотранспортное средство подвергается колебаниям низкой частоты (до 15...18 Гц) и высокой частоты (вибрациям). Вибрационная чувствительность организма человека составляет 15...1500 Гц. С высокой частотой преимущественно колеблются неподрессоренные массы, а с низкой - поддрессоренные (кузов и его начинка). Вес неподрессоренных масс (мостов, колёс и др.) не воспринимается подвеской, а передается через шину на опорную поверхность.

Вес поддрессоренных масс передаётся через упругие элементы подвески. Действие колебаний на организм человека зависит от их частоты, амплитуды, продолжительности и направления воздействия. В настоящее время нет единого мнения о пределах частот колебаний, которые соответствуют определенному виду воздействия на организм человека. Во время ходьбы человек испытывает колебания в вертикальном, продольном и в поперечном направлениях. Человек не ощущает колебаний при ходьбе, так как привык к частоте, которая составляет в зависимости от числа шагов в секунду 1,7...2,5 Гц. При спокойной ходьбе средние значения ускорений туловища вверх находятся в пределах 8...12 м/с, а вниз - 3.7 м/с. Средние ускорения колебаний головы вверх и вниз при ходьбе примерно одинаковы и составляют 5...8 м/с. Влияние знакопеременных ускорений колебаний на организм человека в большой степени зависит от их частоты. С увеличением частоты (например, при быстром беге) даже небольшие ускорения колебаний могут вызвать неприятные ощущения. Максимальные ускорения в естественных условиях человек испытывает при спрыгивании с высоты. При спрыгивании с высоты 0,75 м ускорения достигают 30...35 м/с в момент приземления. Но ускорения головы в этом случае примерно в 1,5 раза меньше, чем у туловища. Это

объясняется тем, что центр тяжести головы смещён относительно позвоночника, и при вертикальных колебаниях туловища голова совершает угловые колебания. При длительной ходьбе человек утомляется не только от физической нагрузки, но и от колебаний туловища и головы. В тоже время ускорения колебаний, получаемые человеком при ходьбе и при беге, нельзя считать критериями оценки плавности хода транспортного средства.

При испытаниях по перемещениям отдельных точек автотранспортного средства и циклограммам колебаний водителя или заменяющего его манекена можно определить виброскорости и ускорения колебаний кузова, колёс, сидений и водителя. Графическое определение скоростей, ускорений и скоростей изменения ускорений по записанным перемещениям отдельных точек является трудоёмкой операцией и не всегда обеспечивает необходимую точность.

Водителям и пассажирам автомобильного транспорта приходится длительное время находиться под воздействием колебаний и вибраций различной интенсивности. В этой связи особое значение приобретают испытания автотранспортных средств на плавность хода, так как от их результатов зависят самочувствие человека и его утомляемость, а в конечном итоге, его здоровье.

Во время испытаний регистрация ускорений производится при помощи преобразователей, которые монтируются на кузове, мостах и плите, расположенной на подушке сиденья.

Преобразователи для регистрации виброскорости позволяют получить данные для оценки воздействий этого параметра на человека. Кроме того, для регистрации колебательных процессов используется киносъёмка. Периодические колебания кузова и колёс автотранспортного средства создаются на вибростендах.

Вибростенды применяются преимущественно со следующими возбудителями колебаний: с шатунно-кривошипными механизмами, с гидропульсаторами, с вибраторами, имеющими неуравновешенные

вращающиеся массы направленного действия, с вращающимися беговыми барабанами переменного радиуса. Случайные колебания масс автотранспортного средства могут возбуждаться на стендах с гидровибраторами или гидропульсаторами. Записав на ленту магнитографа микропрофиль дорожного покрытия, его можно воспроизвести на стенде с помощью гидропульсаторов. Таким образом, можно оценить плавность хода автотранспортного средства в лабораторных условиях. Это особенно важно при доводке новой модели автотранспортного средства. На колебания автотранспортного средства влияют положение центра масс и момент инерции кузова автотранспортного средства относительно поперечной оси.

В дорожных испытаниях определяются вертикальные и горизонтальные ускорения, виброскорости и перемещения. В отраслевом стандарте автомобильной промышленности в качестве основных параметров плавности хода приняты среднеквадратичные значения вертикальных и горизонтальных ускорений. По записям процессов колебаний устанавливаются среднеквадратичные величины вертикальных, продольных и поперечных ускорений в диапазонах частот 0,7...22,5 Гц.

Автотранспортные средства перед испытаниями должны иметь пробег не более 10 000 км и износ рисунка протектора шины не более 20 %. Испытания автотранспортного средства проводятся с номинальной полезной нагрузкой и в снаряженном состоянии с нагрузкой, которая включает водителя, экспериментатора и измерительную аппаратуру с питанием (масса аппаратуры и питания до 50 кг). При этом должны быть соблюдены заданные климатические и дорожные условия (температура воздуха - в пределах +5...+36° С, скорость ветра - до 5 м/с, осадки в виде снега и дождя исключаются). Испытания, как правило, проводятся на трех типах дорог, которые соответствуют дорогам 1-й категории, средним и тяжёлым дорожным условиям.

Легковые автотранспортные средства, междугородные и городские автобусы испытываются на асфальтобетонном покрытии хорошего состояния

и на дороге с булыжным покрытием удовлетворительного качества, а легковые автотранспортные средства повышенной проходимости и автобусы местного сообщения - дополнительно на участках с изношенным асфальтовым покрытием. Для грузовых автотранспортных средств используются дороги с асфальтобетонным покрытием с участками, имеющими хорошее состояние и изношенными. Дополнительно неполноприводные грузовые автотранспортные средства испытываются на булыжной мостовой плохого состояния (с буграми и ямами), а полноприводные - по разбитым грунтовым дорогам.

В качестве характеристик поверхности дорог принимаются спектральные плотности микропрофиля и другие показатели, определяющие степень воздействия дороги на автотранспортное средство.

Скорости движения, при которых регистрируются показатели колебаний, устанавливаются с учётом категорий автотранспортного средства и типа испытательного участка. Например, для легковых малолитражных автотранспортных средств на дорогах с хорошим покрытием их принимают равными 50, 70 и 90 км/ч, а для городских автобусов - 30, 50 и 90 км/ч. На дорогах с изношенным асфальтовым покрытием для испытаний легковых малолитражных автотранспортных средств установлены скорости 30, 45, 60 и 75 км/ч, а для автобусов и грузовых автотранспортных средств - 30, 45 и 60 км/ч. На участках с булыжным покрытием в плохом состоянии и на разбитых грунтовых дорогах скорости движения приняты равными 10, 20 и 30 км/ч. Длины испытательных участков, на которых записываются параметры плавности хода, установлены при испытаниях на хорошей дороге и ровном булыжном шоссе без выбоин равными 1000 м, а на дорогах других типов и меньших скоростях движения - 700, 500 и 250 м. Для измерения вертикальных ускорений на сиденьях водителя и пассажира устанавливается промежуточная плита, к которой прикрепляется преобразователь ускорений. У грузового автотранспортного средства преобразователи ускорений располагаются на полу платформы над левым задним колесом и на левом

лонжероне рамы над передней осью. Горизонтальные продольные ускорения определяются с помощью преобразователя ускорений, установленного на кронштейне кабины на уровне шеи водителя. Для обобщения показателей по плавности хода автотранспортного средства по среднеквадратичным ускорениям, полученным на разных типах дорог с грузом и без груза, вводят весовые коэффициенты, учитывающие продолжительность испытаний на различных дорогах.

Преимуществом испытаний автотранспортных средств на испытательных трассах является реализация условий близких к фактическим условиям эксплуатации, хотя результаты таких испытаний не всегда можно сравнивать, так как профиль и состояние дорог в процессе эксплуатации изменяются. Более сопоставимые результаты могут быть получены при переезде единичных неровностей с регистрацией перемещений отдельных точек автотранспортного средства относительно опорной поверхности и ускорений этих точек. Регистрируются колебания отдельных точек автотранспортного средства различными способами. Наиболее простым и доступным является способ записи процессов колебаний, при котором используются специальные колёса или тележки, прикрепленные к кузову так, что они могут свободно перемещаться в вертикальном направлении относительно кузова автотранспортного средства. Самопишущее устройство, расположенное на измерительном колесе или тележке, соединено тягами в определенных точках с кузовом автотранспортного средства и осями колёс, колебания которых определяются. При расположении специальных колёс рядом с передней и задней осями можно определять угловые колебания кузова в продольной плоскости, а при установке колёс по обе стороны автотранспортного средства - в поперечной. Синхронизация записи колебаний различных точек по времени производится при помощи отметчиков времени.

Поскольку колебания автотранспортного средства возникают в основном при движении по дорожным неровностям, то при наезде жёстким колесом на неровность возникает сопротивление движению. При большой высоте

неровности и малой скорости движения колесо может остановиться. В точке контакта колеса с неровностью возникают вертикальная и горизонтальная реакции. Для преодоления препятствия необходима вертикальная сила, способная поднять вес на высоту дорожной неровности. Часть веса кузова, приходящаяся на данное колесо, и есть вертикальная нагрузка со стороны автотранспортного средства. Вертикальная сила, которая противоположна гравитационной силе, может быть вызвана энергией поступательного движения автотранспортного средства, то есть кинетической энергией, которая должна быть больше, чем необходимая для поднятия автотранспортного средства на высоту неровности.

Энергия горизонтальной составляющей расходуется на поступательное движение и подъём колеса на неровность. Если автотранспортное средство движется с достаточной скоростью, то после достижения колесом верхней точки препятствия вертикальная скорость колеса не равна нулю и колесо подскакивает вверх. Гравитационная сила останавливает вертикальное перемещение колеса и возвращает его в исходную позицию до контакта колеса опорной поверхностью.

Эластичное колесо, нагруженное упругим элементом подвески, например, пружиной, и кузов автотранспортного средства не поднимаются на высоту неровности. Вертикальная жёсткость колеса и пружины при определённых их параметрах не даёт колесу оторваться от дорожной неровности. Энергия, аккумулированная в упругом элементе подвески и в шине, после преодоления препятствия расходуется на поступательное движение автотранспортного средства. В процессе деформации упругие элементы подвески и шины нагреваются из-за внутримолекулярного трения, и часть энергии безвозвратно теряется.

На твердом ровном дорожном покрытии применение жёстких шин способствуют уменьшению потерь, обусловленных сопротивлением качению. На дорогах с большими неровностями жёсткость колеса и подвески увеличивают энергию, затраченную на движение. В этом случае

целесообразно иметь «мягкие» шины (с «мягкой» боковиной и низким давлением), которые достаточно хорошо сглаживают дорожные неровности. Вертикальная жёсткость как передней, так и задней подвесок современных автотранспортных средств находится в пределах 20...60 кН/м, а вертикальная жёсткость шин – 200...450 кН/м (меньшие значения жёсткостей относятся к легковым, а большие - к грузовым автотранспортным средствам).

Некоторые современные модели автотранспортных средств имеют подвески с регулируемой жёсткостью. «Мягкая» подвеска в момент переезда препятствия значительно деформируется. После переезда через препятствие колебания кузова при наличии «мягкой» подвески продолжают, затухая весьма медленно. Для гашения начавшихся колебаний устанавливаются амортизаторы, которые могут иметь регулируемое сопротивление (активное демпфирование).

Шины влияют на высокочастотные колебания автотранспортного средства. Для улучшения плавности хода целесообразно иметь шины возможно меньшей жёсткости. Для этого увеличивается ширина профиля шин и снижается давление воздуха в них. Применение независимой подвески передних колёс позволяет получить отношение статических прогибов передней и задней подвесок, близкое к единице. В результате при наезде автотранспортного средства на препятствие галопирования практически не происходит, так как кузов перемещается параллельно самому себе. Установка независимой подвески для задних ведущих колёс значительно усложняет конструкцию привода колёс, поэтому в настоящее время она применяется для заднеприводных автотранспортных средств только среднего и большого классов.

В качестве упругого элемента независимой подвески используются пружины, а в последнее время и упругие пневмоэлементы, реже - торсионы. Пружины и торсионы имеют большую долговечность, практически не имеют внутреннего трения, просты в изготовлении и не нуждаются в техническом обслуживании.

Пневмоподвеска обеспечивает высокую плавность хода благодаря небольшой жёсткости, благоприятному характеру изменения упругой характеристики, а главное возможности регулирования в широких пределах жёсткости подвески и положения кузова. Испытания автотранспортного средства на стендах и на дорогах дают возможность оценить негативное влияние колебаний на человека и автотранспортное средство, благодаря чему выбирается наиболее рациональная конструкция ходовой части.

Надёжность деталей подвески как правило определяет при испытаниях всего автотранспортного средства в комплексе, однако, в ряде случаев возникает необходимость в специальных испытаниях подвески. Эти испытания осуществляются на дорогах, представляющих собой комплекс участков с разным покрытием, включая асфальт как хорошего качества, на котором автотранспортное средство 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, используются дороги со щебёночным покрытием, а также грунтовые дороги, имеющие загрязнённые участки. При этом для легковых автотранспортных средств и автобусов маршрут по дорогам с неровным покрытием является минимальным, а для грузовых автотранспортных средств, особенно для 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, организуются ускоренные испытания. Они на автотранспортном средстве на автомобильном полигоне в г. Дмитрове проводятся на комплексе специальных дорог («бельгийская» мостовая и «стиральная доска»), а в условиях дорог общего пользования, как правило, на булыжных покрытиях с просевшим основанием, вызывающих дополнительные нагрузки от «клевков» и кренов автотранспортного средства, что особенно важно при испытаниях шарниров и стабилизаторов поперечной

устойчивости.

Перед началом испытаний упругие элементы подвески подвергаются тарировке, снимаются характеристики амортизаторов. Затем они устанавливаются на автотранспортное средство, которое должно иметь номинальную нагрузку, распределенную по осям, как указано в паспорте, при этом давление воздуха в шинах должно соответствовать инструкции. Перед проведением испытаний автотранспортное средство совершает обкаточный пробег 300...500 км по гладкой дороге с умеренной скоростью для осадки пружин и рессор, а также приработки трущихся поверхностей шарниров подвески и амортизаторов.

По результатам испытаний даётся заключение о соответствии параметров надёжности подвески или её элементов техническим условиям и, если это необходимо, разрабатываются рекомендации по её доработке.

3.СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

3.1. Особенности стендовых испытаний

Преимущества стендовых испытаний:

1.Возможность точного соблюдения условий испытаний и хорошая воспроизводимость результатов испытаний. Доступность интерфейса между испытательным стендом и объектом испытаний с точки зрения измерительной техники позволяет достичь высокой прозрачности условий испытаний. К уже имеющимся датчикам, которыми оснащён стенд, можно установить дополнительные датчики, чтобы точно фиксировать условия испытаний (например, температуры деталей, окружающей среды и контактных поверхностей в дополнение к измерениям углов, перемещений, сил и моментов, осуществляемыми датчиками стенда). Кроме того, измерительная техника, используемая во время стендовых испытаний, как правило, дешевле, чем приборы, используемые во время дорожных испытаний.

2.Точная настройка и поддержание эксплуатационного режима. Это обеспечивает необходимую полноту получаемой экспериментальной информации. Например, поддержание постоянных скоростей и моментов при стендовых испытаниях, что при дорожных испытаниях либо недостижимо, либо связано с более высокими, чем при стендовых испытаниях, затратами.

3.Исключение помех. В условиях стендовых испытаний можно исследовать только те характеристики автотранспортного средства, которые требуются экспериментатору, исключая влияние окружающей среды, других характеристик автотранспортных средств и т.д. на результаты эксперимента.

4.Воспроизводимость результатов измерений. Важное свойство, позволяющее при повторном выполнении эксперимента точно воссоздать условия его проведения.

5.Экономия средств. Значительные инвестиции, которые необходимо вложить в испытательное оснащение и специально оборудованные помещения, окупаются благодаря интенсификации испытаний (например,

циклов, которые могут продолжаться 24 часа и более). Возможны испытания, которые не требуют постоянного наблюдения за их ходом.

Недостатки стендовых испытаний:

1. Недостаточная достоверность воспроизведения реальных условий эксплуатации. Это главный недостаток стендовых испытаний. Испытательные стенды никогда точно не отражают условия эксплуатации реального автотранспортного средства. Если бы можно было точно воссоздать условия дорожных испытаний, тогда стендовые испытания полнокомплектных автотранспортных средств не были бы экономически выгодны. При проведении стендовых испытаний приходится учитывать заранее установленные отклонения от реальных условий. Например, это касается работы упругих элементов, исследований характеристик шин, способа крепления автотранспортного средства на стенде, который нарушает работу подвески.

2. Не всегда возможно перенесение результатов испытаний компонентов на характеристики полнокомплектного автотранспортного средства. Например, характеристики амортизаторов, которые испытываются отдельно, меняются при установке на автотранспортное средство из-за работы остальных элементов подвески.

3. Невозможно добиться правильной работы динамических систем автотранспортного средства на статических стендах. Это относится к активным подвескам или системам стабилизации.

Лабораторно-исследовательские испытательные стенды предназначены для проведения исследовательских и конструкторско-доводочных испытаний.

Технологические испытательные стенды предназначены для испытаний и контроля качества продукции на всех этапах ее изготовления.

Диагностические испытательные стенды предназначены для проверки и анализа состояния автотранспортных средств и его агрегатов в процессе эксплуатации.

На стендах испытываются:

- полнокомплектные автотранспортные средства;
- отдельные детали, узлы и агрегаты автотранспортного средства в отдельности;
- отдельные детали, узлы и агрегаты автотранспортного средства в составе полнокомплектного автотранспортного средства.

3.2. Испытания автотранспортных средств на стендах с беговыми барабанами или роликами

Наиболее широко в настоящее время стендовые испытания применяются для определения соответствия вновь выпускаемого автотранспортного средства экологическому классу, который устанавливается после определения суммарного содержания вредных веществ в отработавших газах за время определенного ездового цикла. В этом случае наиболее ярко проявляются преимущества стендовых испытаний, такие как: точная настройка и поддержание эксплуатационного режима, исключение помех, воспроизводимость результатов измерений. Выбросы вредных веществ определяются в процессе ездового цикла, который включает в себя пуск двигателя при определённой температуре с дальнейшим чередованием разгонов, остановок, замедлений, движений с постоянной скоростью различной длительности.

Для того чтобы обеспечить ездовой цикл, стенд должен обладать определёнными характеристиками:

1. Соответствовать автотранспортному средству по тяговым и скоростным характеристикам. Если тяговые характеристики автотранспортного средства размещаются внутри поля, ограниченного внешней характеристикой стенда, то он обеспечит необходимые тяговый и скоростной режимы.

2. Имитация инерционных масс автотранспортного средства при неустановившихся режимах движения, которые возникают при динамических испытаниях. Возможность имитировать инерционные массы определяется

таким параметром стенда, как имитируемые маховые массы. Важно, чтобы их диапазон и плавность регулирования соответствовали инерционным массам испытываемых автотранспортных средств. Обеспечивается системой управления стендом.

3.Имитация на стенде реальных дорожных нагрузок. Обеспечивается системой управления стендом.

На стендах для испытаний полнокомплектных автотранспортных средств их колёса устанавливаются на вращающиеся круглые катки (барабаны или ролики), а кузов удерживается от смещения относительно неподвижного основания расчалками (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Установка автомобиля на стенд с беговыми барабанами

Все многообразие стендов с беговыми барабанами можно разделить на группы по способу поглощения энергии, вырабатываемой автотранспортным средством и его силовой установкой:

- инерционный;
- с гидродинамическим тормозом;
- с вихретоковым (индукторным) тормозом;
- с гидронасосом;
- с фрикционным тормозом;
- с электродвигателем-генератором.

Инерционный стенд не имеет нагрузочного устройства для поглощения мощности. Расчет мощности происходит на основе времени, которое затрачивает автотранспортное средство, раскручивая барабаны, преодолевая момент инерции этих барабанов. Барабаны как правило большого диаметра - от 700 мм и больше, поэтому стенды данного типа размещаются ниже уровня пола. Время раскрутки барабанов прямо пропорционально крутящему моменту, развиваемому двигателем, поэтому их вес подбирают в зависимости от мощности двигателей испытываемых автотранспортных средств. Инерционный стенд не имеет возможности регулировки нагрузки на колёса в стационарном режиме, поэтому может использоваться только для замера крутящего момента на колесах и в настоящее время практически не применяется.

Нагрузочное устройство в виде гидродинамического тормоза представляет собой статор из алюминиевого сплава, внутри которого вращается ротор, создающий движение жидкости. При компактном объёме может создавать нагрузку несколько сот киловатт. В качестве рабочего тела часто используется вода. В зависимости от количества подаваемой и сливаемой воды меняется нагрузка, создаваемая ротором. Вода при этом нагревается, и важно избежать накипи внутри нагрузочного устройства. Объём подаваемой воды должен быть достаточно большим, а температура низкой, чтобы избежать кавитацию и поломку насоса. Использование данных динамометрических стендов целесообразно при наличии в помещении воды и канализации, а также отсутствия отрицательных температур воздуха (мороза).

Вихретоковый (индукторный) тормоз - это несколько дисков, расположенных на роторе тормоза. В статоре тормоза располагаются электромагниты. Они создают магнитное поле, которое порождает вихревые токи в дисках ротора. Вихревые токи противодействуют изменению магнитного поля, что приводит к появлению тормозящего эффекта. В зависимости от подаваемого тока на катушки изменяется сопротивление вращению дисков. В результате действия вихревых токов происходит разогрев

дисков и обмоток электромагнитов. При малых мощностях охлаждение диска как правило воздушное, за счёт вентилируемых перегородок внутри него. При больших мощностях применяется жидкостное охлаждение. Напряжение питания стенда - 220-380 вольт. Имеет компактную систему управления с малыми токами потребления.

Нагрузка на стенды с гидронасосом выполняется с помощью гидравлического масляного насоса. Эти стенды более устойчивы к перегреву, чем стенды с водяными насосами.

Фрикционный тормоз - это обычные дисковые или барабанные тормоза от грузового автотранспортного средства. При большой нагрузке они перегреваются, что требует дополнительного охлаждения. Из-за небольшого срока службы практически не применяются в современных стендах.

Роль нагрузочного устройства для мощностного стенда с электродвигателем-генератором (электромашинный агрегат) выполняет либо асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором и частотно регулируемым питанием обмоток статора или двигатель постоянного тока с регулированием тока в обмотках возбуждения. В режиме торможения электромашинный агрегат работает в генераторном режиме. Энергия торможения рекупируется в сеть. Главным достоинством электромашинных агрегатов является их обратимость, т.е. возможность работы как в генераторном, так и в моторном режиме. Необходимость работы в моторном режиме возникает, например, при имитации торможения автотранспортного средства двигателем, при определении механических потерь в трансмиссии, определении эффективности тормозных механизмов. Беговые барабаны соединены с электродвигателями через понижающий редуктор с возможностью переключения передач. В зависимости от требований передач может быть одна или две. Передаточные отношения подбираются под конкретный вид транспортного средства. В зависимости от включенной передачи меняется внешняя характеристика стенда. Первая передача обеспечивает испытания грузовых автотранспортных средств с меньшими

скоростями и большим тяговым усилием, на второй передаче увеличивается скоростной диапазон и уменьшается тяговое усилие.

Требования к автотранспортному средству, топливу, режимам испытаний и точности измерений указываются в соответствующих нормативных документах.

Скорость автотранспортного средства определяется по скорости вращения барабана или ролика (переднего барабана или ролика в том случае, если стенд имеет два барабана или ролика). Фактически пройденное транспортным средством расстояние измеряется по движению вращающегося барабана или ролика (переднего барабана или ролика в том случае, если стенд имеет два барабана или ролика). Инерционная система регулируется таким образом, чтобы можно было получить общую инерцию вращающихся масс, соответствующую контрольной массе испытываемого автотранспортного средства.

Во время испытания автотранспортное средство должно находиться примерно в горизонтальном положении, чтобы избежать любых аномалий в распределении топлива. На автотранспортное средство направляется с переменной скоростью поток воздуха. Скорость подачи воздуха является такой, чтобы в рабочих пределах от 10 км/ч до, по крайней мере, 50 км/ч линейная скорость воздуха на выходе воздуходувки составляла приблизительно ± 5 км/ч от скорости соответствующего барабана. Ускорение должно выполняться таким образом, чтобы его величина была по возможности постоянной на всем протяжении данной фазы ездового цикла. Любое замедление в рамках городского цикла выполняется снятием ноги с педали акселератора, причем сцепление остается включенным. Сцепление следует выключать без использования рычага переключения передач на более высокой из указанных ниже скоростей: 10 км/ч или скорость, соответствующая частоте вращения коленчатого вала двигателя в режиме холостого хода. Любое замедление в рамках внегородского цикла выполняется снятием ноги с педали акселератора, причем сцепление остается включенным. Для последующего

замедления сцепление следует выключать без использования рычага переключения передач на скорости 50 км/ч. Режим постоянной скорости достигается путем удержания акселератора в неизменном положении. На рис. 3.2 показан пример испытательного цикла.

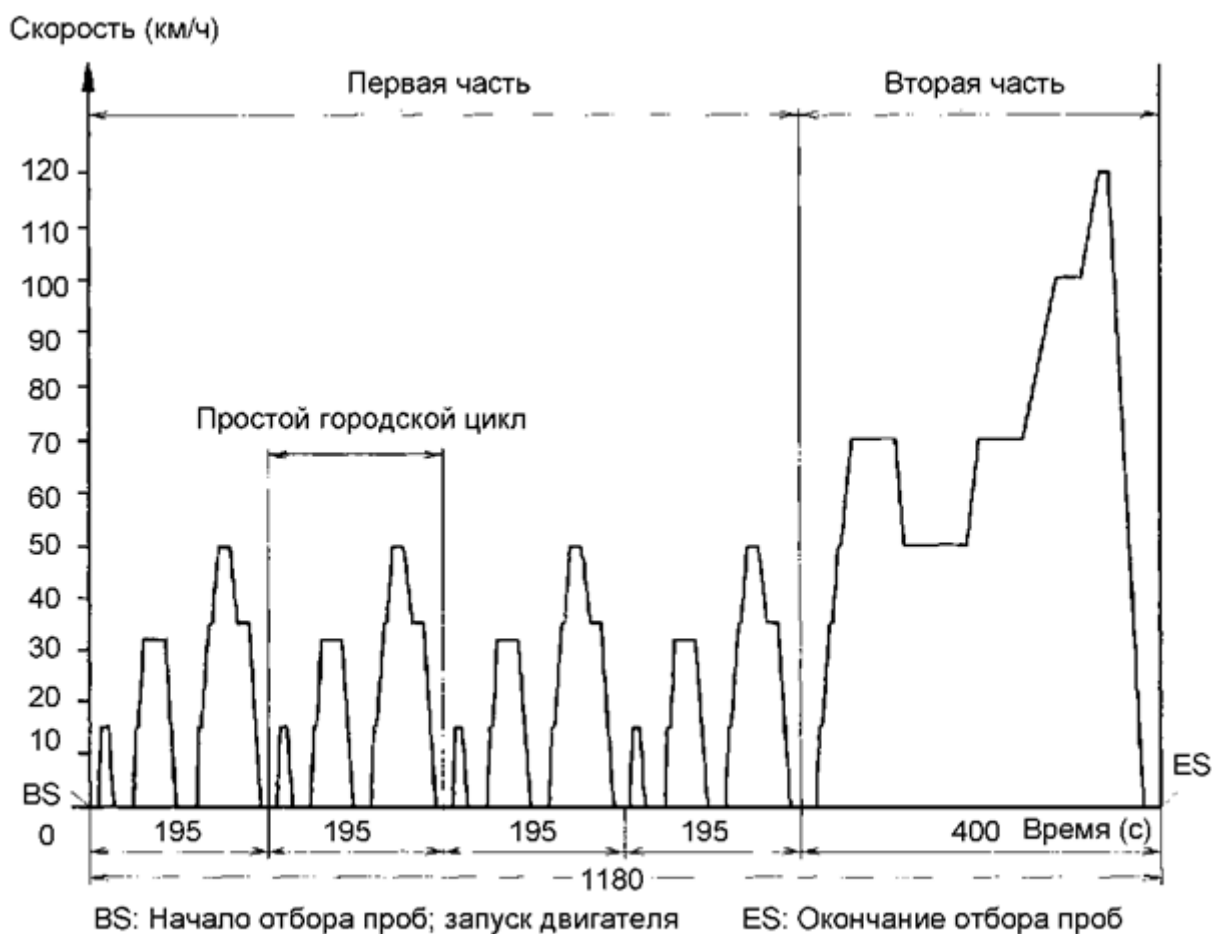


Рис. 3.2. Пример испытательного цикла, реализуемого на стенде

Динамометрический стенд должен воспроизводить общее сопротивление поступательному движению по дороге между скоростями 10 км/ч и 120 км/ч.

Усилие, поглощённое тормозами и в результате внутреннего трения динамометрического стенда при скоростях в пределах 0-120 км/ч, определяется расчётным способом.

Поскольку испытательный цикл имеет фазы движения накатом, необходимо так отрегулировать нагружение автотранспортного средства на стенде, чтобы он замедлялся так же, как и на реальной дороге. Для этого проводятся дорожные испытания, в которых по определённой методике определяется время движения накатом в установленном диапазоне скоростей,

затем по формулам, приведённым в нормативных документах, регламентирующих проведение испытаний, определяется мощность потерь на движение автотранспортного средства. Затем автотранспортное средство устанавливается на стенд, мощность потерь корректируется с учетом исходных условий окружающей среды и с помощью системы управления стенда добиваются получения такого же времени выбега автотранспортного средства, как в дорожных условиях.

После выполнения вышеперечисленных подготовительных операций проводятся испытания на определение массы выбросов вредных веществ.

3.2.1. Испытания полнокомплектных автотранспортных средств

Стендовые испытания полнокомплектных автотранспортных средств проводятся главным образом для комплексной оценки характеристик автотранспортных средств, основываясь на принципе обратимости движения в системе «автотранспортное средство - опорная поверхность». Такие испытания в значительной степени приближаются к испытаниям в реальных условиях эксплуатации и служат не только для оценки конструктивных и эксплуатационных характеристик, но и для составления оптимальных программ испытательных работ, с учётом обеспечения необходимой полноты и достоверности получаемой экспериментальной информации, с одной стороны, и минимальных затрат труда, времени и материальных ресурсов - с другой.

Все виды испытаний полнокомплектных автотранспортных средств включают отбор и приёмку автотранспортных средств, а также соответствующую подготовку к их проведению. На испытания произвольно выбираются образцы из готовой продукции, прошедшей технический контроль предприятием-изготовителем, в отдельных случаях отбор проводится выборочно. Иногда испытаниям подвергаются автотранспортные средства, находящиеся определённый период в реальной эксплуатации.

На образцах автотранспортных средств (если это допускается)

отобранных для испытаний проверяются:

- комплектность автотранспортного средства и снаряжения, наличие инструмента, отметки отдела технического контроля (ОТК), состояние пломб;
- качество сборки, регулировки и отделки путём осмотра для обнаружения дефектов окраски, сварки, обивки и прочее;
- наличие предусмотренного техническими условиями эксплуатации количества масел и технических жидкостей в агрегатах и системах;
- герметичность соединений гидравлических и пневматических систем;
- затяжка, крепление, шплинтовка деталей, узлов и агрегатов;
- работа двигателя на холостом ходу и на различных режимах;
- состояние трансмиссионных агрегатов;
- состояние приводов к навесному и вспомогательному оборудованию;
- состояние тормозных систем и рулевого управления;
- регулировка установки фар, зазоров в приборах зажигания, регулировка зазоров в клапанном механизме двигателя, натяжение приводных ремней, состояние аккумуляторной батареи и другие параметры;
- давление в шинах;
- исправность тягово-сцепных устройств.

По результатам проверки устраняются обнаруженные недостатки и дефекты. Почти во всех видах стендовых испытаний полнокомплектных автотранспортных средств центральной задачей является формирование внешнего нагружения автотранспортных средств. Общим требованием при её решении является возможно более тесная корреляция нагружения на стенде с нагружением в реальных условиях эксплуатации или эквивалентность их повреждающего воздействия. Отражается это решение в задаваемых программах нагружения автотранспортного средства, которые могут быть трёх типов:

- с постоянной или с циклической нагрузкой, но с постоянной амплитудой при нулевом или заранее заданным средним значением;
- с переменной ступенчатой или циклической нагрузкой, но с заданным

изменением амплитуды в отдельных блоках;

- со случайной нагрузкой, воспроизводящей процесс нагружения автотранспортного средства в реальной эксплуатации (моделирование натурального нагружения).

Основанием для разработки таких программ служат статистический анализ нагрузочных режимов соответствующих деталей, узлов, агрегатов и систем, зарегистрированных при испытаниях в дорожных условиях; анализ отказов в эксплуатации; теоретические предпосылки прочностных и усталостных повреждений деталей и материалов, а также заранее известные теоретические характеристики рабочих процессов в агрегатах и системах автотранспортных средств.

На стендах для испытаний полнокомплектных автотранспортных средств (в базовой комплектации или в агрегатированном варианте) их ведущие колеса устанавливаются на вращающиеся круглые катки (барабаны или ролики), а кузов удерживается от смещения относительно неподвижного основания расчалками.

На стендах исследуются параметры надёжности (в основном безотказность и долговечность), тягово-скоростные характеристики, топливная экономичность автотранспортных средств, температурные режимы отдельных узлов и агрегатов, особенности взаимодействия колёс с опорной поверхностью и другие свойства. Кроме того, имитируются переходные неустановившиеся режимы движения (например, разгон и накат) при установке в приводах стендов инерционных масс.

Помимо всего прочего на таких стендах определяется также универсальная характеристика автотранспортного средства, как колебательной системы, реагирующей на воздействие дорожных неровностей (передаточная функция комплексной системы, амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики, а иногда совмещённая амплитудно-фазо-частотная характеристика). Это достигается установкой на рабочей поверхности опорных катков стенда специальных накладок, образующих по периметру

необходимый профиль. При вращении катков с такими накладками зоны контакта опирающихся на них колёс смещаются в вертикальном направлении по заранее заданному закону изменения амплитуд колебаний, создавая кинематическое возмущение всей колебательной системы.

Частота такого возмущения регулируется скоростью вращения катков, а амплитуда - высотой устанавливаемых накладок.

Стендовые испытания и исследования полнокомплектных автотранспортных средств постоянно совершенствуются и усложняются. Это сопровождается развитием программ и методик экспериментальных работ, применением современных технических средств, обеспечением автоматизации всех этапов получения, обработки, интерпретации, документирования и хранения полученной информации.

По функциональным возможностям стенды для испытаний полнокомплектных автотранспортных средств подразделяются на универсальные и специализированные. Часть из этих стендов могут иметь уникальное целевое назначение. Они выпускаются только по индивидуальным заказам, другие стенды имеют типовую конструкцию и выпускаются промышленным способом малыми сериями.

Показатели тягово-скоростных свойств, топливной экономичности автотранспортных средств и их двигателей, рабочих характеристик агрегатов и систем определяются в лабораторных условиях с помощью роликовых (барабанных) тяговых стендов, оборудованных как стационарными, так и переносными техническими средствами измерения различных параметров.

Тяговые стенды позволяют определять показатели развиваемой мощности и тяговой силы на ведущих колесах автотранспортного средства, времени разгона (выбега) в заданном скоростном интервале, различные потери в трансмиссии, скорость в моменты переключения гидромеханической передачи, расход топлива при определенных нагрузочных и скоростных режимах, установку оптимального угла опережения зажигания по силовым параметрам (максимальной мощности), температурные режимы

трансмиссионных агрегатов и регулировку на нормативную токсичность отработавших газов. При испытаниях автотранспортного средства на тяговом стенде можно также оценить работу вспомогательных механизмов, например, работу редуктора моторного тормоза, спидометра, счётчика пройденного пути, тахометра, а также проверить техническое состояние ходовой части автотранспортного средства и измерить все параметры тормозной системы. Основными признаками классификации тяговых стендов являются способ нагружения двигателя и трансмиссии автотранспортного средства, тип испытываемого автотранспортного средства и число одновременно измеряемых процессов. По способу нагружения двигателя и трансмиссии автотранспортного средства тяговые стенды подразделяют на три типа: инерционные, в которых нагружение осуществляется вращающимися массами роликов и других элементов тягового стенда и автотранспортного средства, кинематически связанных с роликами; силовые, в которых нагружение осуществляется тормозным устройством, кинематически связанным с роликами; инерционно-силовые, в которых нагружение выполняется вращающимися массами и тормозным устройством одновременно. По типу испытываемых автотранспортных средств тяговые стенды подразделяются на установки для легковых автотранспортных средств, для грузовых автотранспортных средств и машин, созданных на их базе, для полноприводных автотранспортных средств и для автобусов, на универсальные (для нескольких типов автотранспортных средств). По числу одновременно измеряемых процессов стенды бывают специализированными для измерения строго определённых заранее задаваемых характеристик и универсальными для испытаний по различным методикам. Оба этих типа стендов оснащаются системами автоматизированного и дистанционного управления.

На рис. 3.3 приведены схемы барабанных стендов универсального типа для испытаний двух- и трёхосных автотранспортных средств.

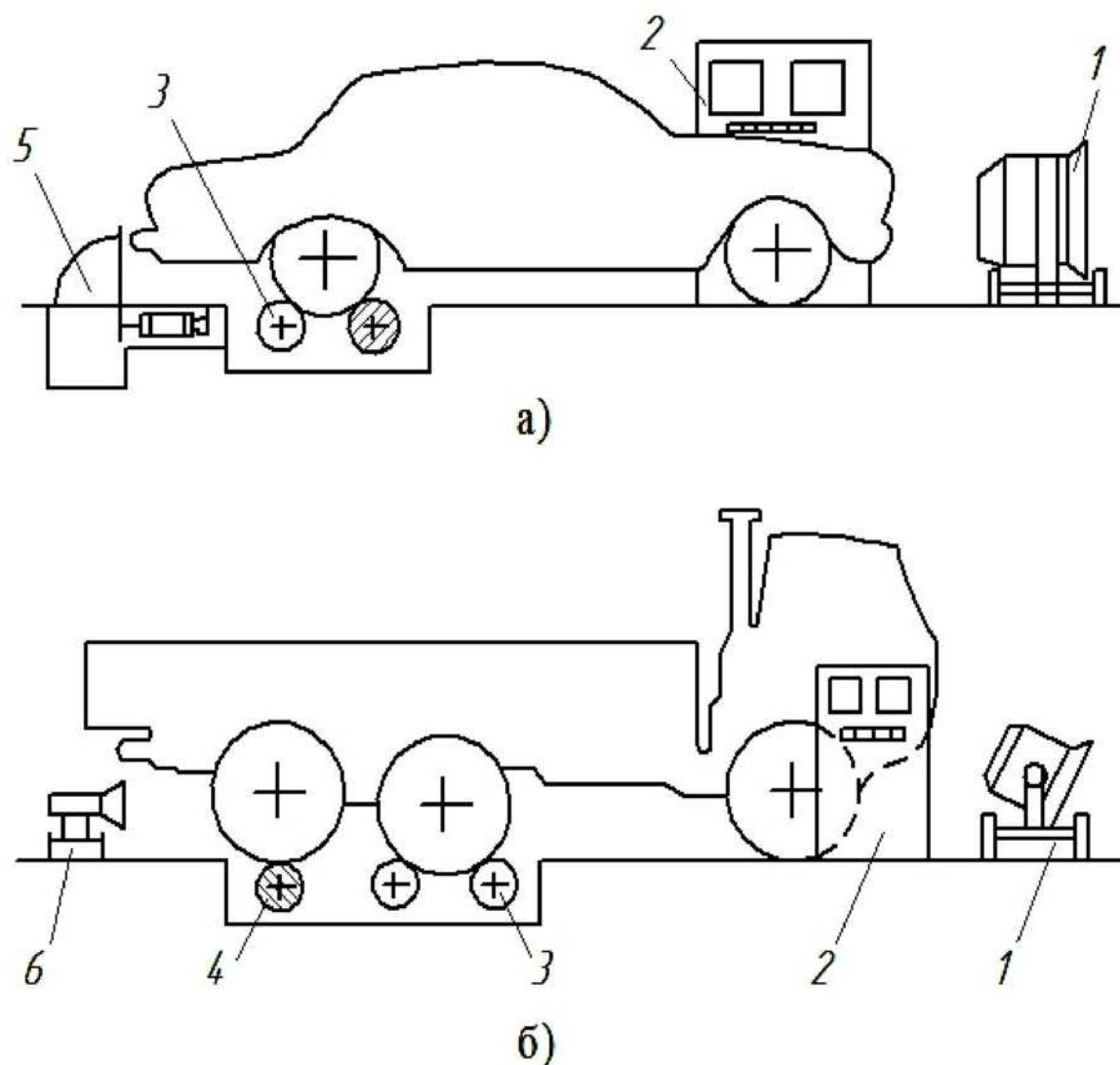


Рис. 3.3. Схемы универсальных барабанных стенов:

а) – для двухосных автотранспортных средств; б) – для трёхосных автотранспортных средств; 1 - вентилятор; 2 - пульт управления; 3 - основные опорные ролики; 4 - ведущий ролик; 5 и 6 □ устройства отвода отработавших газов и средства охраны труда

Основными частями тяговых стенов являются опорное устройство, пульт управления и индикации, технические средства измерений и обработки данных (стационарные и переносные), устройство отвода отработавших газов. Опорное устройство стенов состоит из блока роликов, устройств въезда и выезда автотранспортного средства, нагрузочного устройства (для силовых и инерционно-силовых стенов), инерционных нагружающих масс.

Конструкция блока роликов должна обеспечивать реализацию заданной тяговой силы на ведущих колёсах на всех режимах испытаний в соответствии с заложенной программой экспериментов, устойчивое положение автотранспортного средства в процессе испытаний, возможность самостоятельного въезда и выезда автотранспортного средства и не вызывать повышенного износа шин.

Условие реализации заданного тягового усилия зависит от нескольких факторов: от схемы расположения роликов, от характеристик поверхности роликов, которые определяют коэффициент сцепления ведущих колёс с опорными роликами, от оборотов и проскальзывания ведущих колёс, от характеристик шин.

Схемы расположения роликов приведены на рис. 3.4.

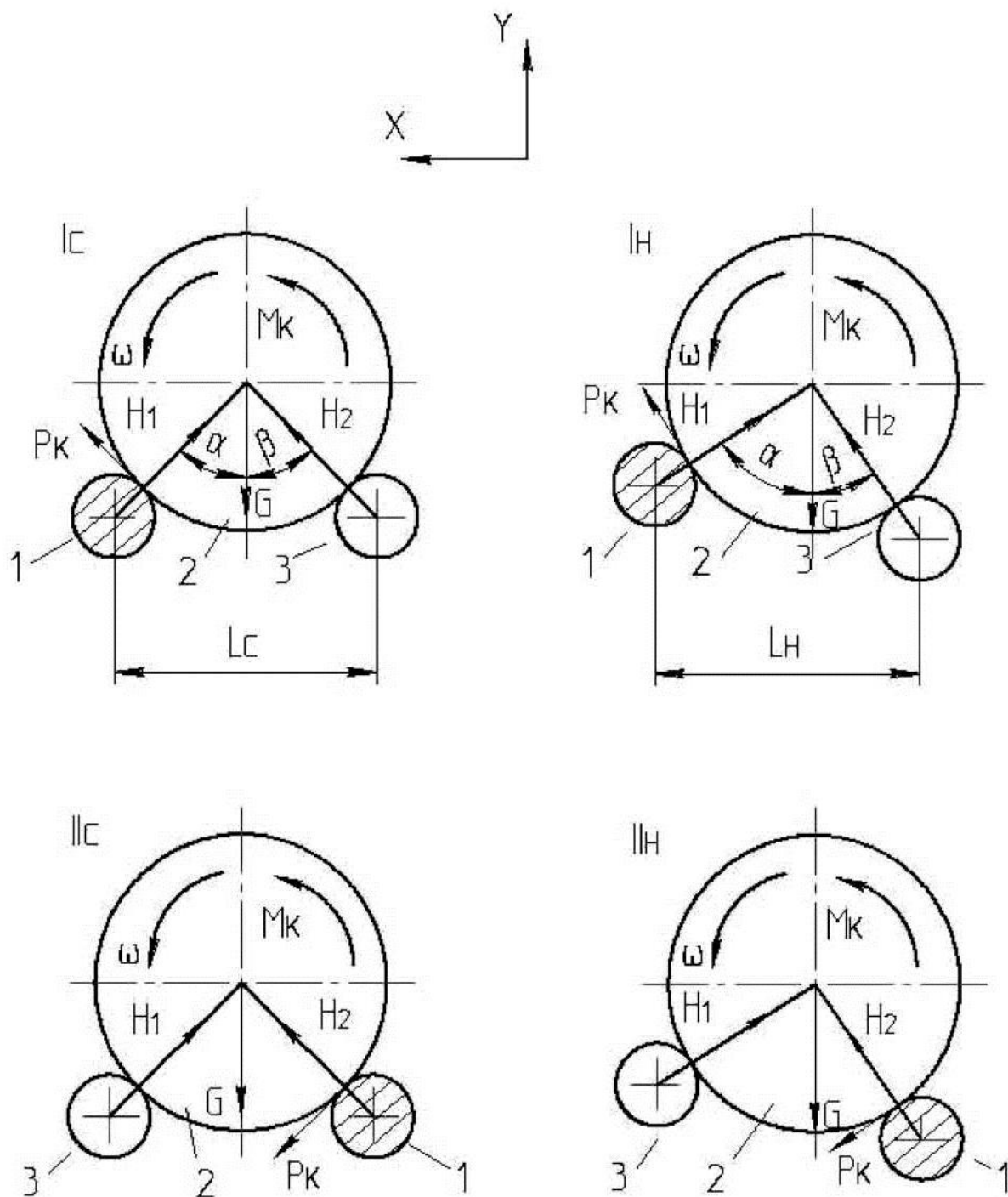


Рис. 3.4. Схемы расположения роликов:

1 – рабочий ролик; 2 – ведущее колесо автотранспортного средства; 3 – свободный ролик; I_C – симметричное расположение роликов; II_C – несимметричное расположение роликов; M_K – крутящий момент на колесе; L_C и L_H – межосевые расстояния роликов; G – вертикальная нагрузка на колесо; P_K – тяговое усилие на колесе; H_1 и H_2 – реакции на роликах стенда

Когда ролики находятся на одном уровне - это симметричное расположение роликов (схемы IC и IIC), если же один из роликов расположен выше другого (схемы IИ и IIИ) - это несимметричное расположение. Один из роликов опорного устройства является рабочим. Он связан кинематически с нагрузочным механизмом (в силовом стенде) или с маховыми массами (в инерционном стенде). Второй ролик является свободным, поддерживающим. Крайне редко встречаются стенды, у которых оба ролика - рабочие.

На таких стендах реализуются повышенные нагрузки на трансмиссионные передачи, но значительно выше затраты энергии на привод ведущих элементов.

Условие реализации заданного тягового усилия можно рассмотреть на примере схем IC и IIC (см. рис. 3.4).

С целью упрощения анализа особенностей взаимодействия, ведущего колеса автотранспортного средства с роликами стенда можно принять некоторые допущения:

- не учитывается деформация шины от вертикальной нагрузки и тяговой силы;
- не учитывается сопротивление качению;
- не учитывается угловая скорость ω вращения колеса.

Тогда условия равновесия колеса на стенде для схемы IC примут вид:

$$\sum X = P_K \cos \alpha - H_1 \sin \alpha + H_2 \sin \alpha = 0;$$

$$\sum Y = P_K \sin \alpha + H_1 \cos \alpha + H_2 \cos \alpha - G = 0,$$

где G - вертикальная нагрузка на колесо;

H_1, H_2 - нормальные реакции со стороны переднего и заднего роликов;

P_K - тангенциальная реакция со стороны рабочего ролика.

Из условий равновесия колеса на стенде

$$H_1 = G/2 \cos \alpha + P_K / \operatorname{tg} 2\alpha; \quad H_2 = G/2 \cos \alpha - P_K / \sin 2\alpha.$$

В нерабочем состоянии стенда усилие $P_K = 0$, а $H_1 = H_2 = G/2 \cos \alpha$. Аналогично для схемы ПС можно получить следующие зависимости:

$$H_1 = G/2 \cos \alpha + P_K / \sin 2\alpha; \quad H_2 = G/2 \cos \alpha - P_K / \operatorname{tg} 2\alpha.$$

Таким образом, в обоих случаях, то есть при переднем и заднем рабочих роликах, передний нагружается большей нормальной силой, чем задний. Это справедливо для всех углов, удовлетворяющих условию $\alpha < 45^\circ$. Следует отметить, что стенды с углами $\alpha > 45^\circ$ не применяются.

Максимальная тяговая сила $P_{K \max}$, которую можно реализовать на стенде по условиям сцепления, зависит от нормальной реакции и коэффициента сцепления: $P_{K \max} = H_1$ для схемы ИС и $P_{K \max} = H_2$ для схемы ПС.

Поэтому при выборе переднего ролика в качестве рабочего можно реализовать большую (по условиям сцепления колёс с поверхностью роликов) тяговую силу вследствие догружения этого ролика.

Значения нормальных реакций H_1 и H_2 необходимы при определении конструктивных параметров блока роликов. Кроме того, знание реакций H_1 и H_2 помогает оптимально распределить инерционные массы между роликами инерционного стенда. Чтобы исключить проскальзывание колёс относительно роликов, общая инерционная масса должна распределяться между роликами в соответствии с распределением нормальных реакций.

Различные схемы стендов сравниваются между собой в части реализуемой ими тяговой силы по коэффициенту использования нагрузки K_H (отношение максимальной тяговой силы $P_{K \max}$ к вертикальной нагрузке на колесо G).

Значение угла α в стендах для легковых автотранспортных средств колеблется от 27° до 40° . Углы меньше 27° не обеспечивают устойчивость автотранспортного средства, а углы больше 40° не используются по конструктивным соображениям (при больших расстояниях между роликами

легковой автотранспортное средство может касаться их днищем). Для этих значений угла α наибольшее значение коэффициента K_H будет при схеме I_C с передним ведущим роликом. Эта схема наиболее оптимальна и чаще используется в тяговых стендах.

Значение вертикальной нагрузки G при испытаниях автотранспортных средств под действием тяговой силы меняется и перераспределяется по мостам автотранспортного средства. При этом задний мост разгружается, а передний догружается. Для длиннобазных автотранспортных средств изменение коэффициента K_H не превышает 3...4 %, а для короткобазных автотранспортных средств изменение этого коэффициента достигает 8...10 %.

Условие устойчивого положения автотранспортного средства на стенде определяется постоянством контакта шины с обоими (передним и задним) роликами в процессе испытаний. Выполнение этого условия исключает возможность случайного выезда автотранспортного средства со стенда под действием тяговой силы (устойчивость в продольном направлении), а также ограничивает перемещение колес ведущего моста, установленного на стенд, вдоль роликов (устойчивость в поперечном направлении).

Под действием тяговой силы автотранспортное средство в процессе испытаний стремится выехать со стенда в направлении движения через передний ролик. Нормальная реакция H_2 заднего ролика при этом уменьшается. Для схем с передними (I_C и I_H) рабочими роликами реакция H_2 обращается в нуль при значениях угла α , соответствующих значению $tg \alpha = 0$. При этом колесо теряет контакт с задним роликом и автотранспортное средство может перекатиться через передний ролик. Поэтому условие $tg \alpha > 0$ надо рассматривать как условие устойчивого (в продольном направлении) положения автотранспортного средства на стенде с передним рабочим роликом.

Для схем II_C и II_H при любых значениях угла α значение $H_2 > 0$. Таким образом, схемы с задним рабочим роликом всегда обеспечивают устойчивое

положение автотранспортного средства на стенде. Это - их положительное свойство.

Выражения для определения значений $P_{K\max}$, H_1 и H_2 приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Схема расположения роликов	Расчетная формула		
	H_1	H_2	$P_{k\max}$
I_c, II_c нерабочее состояние стенда	$\frac{G}{2 \cos \alpha}$	$\frac{G}{2 \cos \alpha}$	0
I_c рабочее состояние стенда	$\frac{G \sin \alpha}{\sin 2\alpha - \varphi \cos 2\alpha}$	$\frac{G (\sin \alpha - \varphi \cos \alpha)}{\sin 2\alpha}$	$\frac{G \varphi \sin \alpha}{\sin 2\alpha - \varphi \cos \alpha}$
II_c рабочее состояние стенда	$\frac{G (\sin \alpha + \varphi \cos \alpha)}{\sin 2\alpha + \varphi \cos \alpha}$	$\frac{G \sin \alpha}{\sin 2\alpha + \varphi \cos 2\alpha}$	$\frac{G \varphi \sin \alpha}{\sin 2\alpha + \varphi \cos \alpha}$
I_{β}, II_{β} нерабочее состояние стенда	$\frac{G \sin \alpha}{\sin (\alpha + \beta)}$	$\frac{G \sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)}$	0
I_{β} рабочее состояние стенда	$\frac{G \sin \alpha}{\sin (\alpha + \beta) - \varphi \cos (\alpha + \beta)}$	$\frac{G (\sin \beta - \varphi \cos \beta)}{\sin (\alpha + \beta) - \varphi \cos (\alpha + \beta)}$	$\frac{G \varphi \sin \beta}{\sin (\alpha + \beta) - \varphi \cos (\alpha + \beta)}$
II_{β} рабочее состояние стенда	$\frac{G (\sin \alpha - \varphi \cos \alpha)}{\sin (\alpha + \beta) + \varphi \cos (\alpha + \beta)}$	$\frac{G \sin \beta}{\sin (\alpha + \beta) + \varphi \cos (\alpha + \beta)}$	$\frac{G \varphi \sin \alpha}{\sin (\alpha + \beta) + \varphi \cos (\alpha + \beta)}$

Устойчивость положения автотранспортного средства на стенде в поперечном направлении обеспечивается за счёт строгой установки (горизонтальной и параллельной) роликов. Допускаемое отклонение от горизонтального положения и отклонение от параллельности роликов не

должны превышать 0,4...0,8 мм на длине 1 м. Ролики левой и правой сторон стенда должны быть соосными (отклонение не более 1 мм).

Чтобы избежать скатывания автотранспортного средства с роликов при поперечном перемещении ведущего моста, стенды как правило снабжаются отбойными роликами, установленными по краям рабочих роликов с одной или обеих сторон. При испытаниях автотранспортных средств с управляемым ведущим мостом наличие таких роликов обязательно, так как автотранспортное средство резко смещается вдоль роликов даже при незначительных поворотах рулевого колеса. Положение таких роликов можно регулировать, перемещая их вдоль рабочих роликов стенда по направляющим, и фиксировать в нужном положении, соответствующем колее испытываемого автотранспортного средства. В процессе испытаний автотранспортного средства в таких условиях практически всегда, по крайней мере, одно из его колес касается отбойного (ориентирующего) ролика, что вызывает дополнительные потери, которые необходимо учитывать.

Условие самостоятельного выезда автотранспортного средства со стенда под действием тяговой силы через застопоренный передний ролик без специальных подъёмных устройств обеспечивается при $tg\alpha < 0$. Это означает, что для схем с передним или обоими рабочими роликами условие устойчивого положения и условие самостоятельного выезда противоречат друг другу и не могут быть удовлетворены одновременно.

Для схем с задним рабочим роликом, при любых значениях угла α , удовлетворяются одновременно условия устойчивости и самостоятельного выезда. Для несимметричных схем установки роликов при выезде автотранспортного средства назад (при установке стенда на тупиковом посту) также удовлетворяются одновременно условия устойчивости и выезда.

Стенды, на которых самостоятельный выезд автотранспортного средства невозможен, должны быть оборудованы специальными подъёмными устройствами (площадками с пневмоприводом), что несколько усложняет их конструкцию.

Условие устранения повышенного износа шин обеспечивается правильным выбором диаметра роликов и режима испытаний. Стенды с опорой колеса на два ролика небольшого диаметра имеют ряд преимуществ по сравнению со стендами, в которых колесо опирается на один барабан большого диаметра (меньшие габаритные размеры, масса, отсутствуют специальные приспособления, удерживающие автотранспортное средство). Однако работа шины, опирающейся на два ролика, сопровождается повышенной деформацией и, как следствие, сильным нагревом. Поэтому необходимо не только ограничивать скорость вращения ведущих колёс и длительность испытаний, но и обеспечивать их охлаждение путём создания специальных вентиляторных установок с направляющими насадками.

От правильного выбора диаметра роликов зависит износ шин при испытаниях на стенде и условия имитации дорожных сопротивлений. Уменьшение диаметра роликов, которое объясняется стремлением снизить габаритные размеры и массу стенда, приводит к повышению деформации и проскальзыванию шин и, следовательно, к увеличению их износа.

При соотношении $r_p/r_k = 0,4$ потери на проскальзывание вдвое выше, чем на дороге, поэтому диаметр роликов рекомендуется принимать $r_p = (0,4 \dots 0,6) r_k$.

В тяговых стендах для эксплуатационных испытаний диаметр роликов колеблется в пределах от 220 мм до 500 мм, соответствующих соотношению r_p/r_k от 0,3 до 0,9 для легковых автотранспортных средств различных моделей. Ролики с диаметром 318,3 мм (длина окружности равна 1 м) удобны при измерениях пройденного пути и определении расхода топлива на единицу пройденного пути. В соответствии с ГОСТ 26899-86 диаметр роликов стенда должен быть не менее 240 мм.

Для снижения нагрева шин рекомендуется повышать в них давление воздуха, однако это мероприятие требует дополнительного времени и при эксплуатационных испытаниях его выполнять нецелесообразно. Кроме того, это может привести к увеличению проскальзывания и износа шин.

В процессе испытаний рекомендуется обдувать шины воздухом, для чего вентилятор, входящий в комплект стенда, снабжается специальным направляющим устройством. Ограничивается также скорость испытаний в зависимости от диаметра роликов. Фирма «Целльнер» (Германия) для эксплуатационных стендов рекомендует применять ролики диаметром 220 мм для скоростей, не превышающих 160 км/ч, 320 мм - до 200 км/ч, 400 мм - до 230 км/ч и 510 мм для скоростей до 250 км/ч. Как правило используются ролики с гладкой поверхностью, однако при необходимости передачи больших тяговых сил применяются ролики с продольными канавками (типа шлицевого вала). Такие ролики могут использоваться только на скоростях, не более 100 км/ч.

Выбор схемы и параметров блока роликов для испытаний автотранспортных средств проводится с учётом реализуемой на нём тяговой силы, обеспечения устойчивости, самостоятельного выезда и снижения износа шин.

Конструктивно блок роликов как правило состоит из двух пар симметрично расположенных роликов (рис. 3.5, а), на каждую из которых опираются колеса ведущего моста автотранспортного средства. Встречаются стенды (фирм НРА - Дания, «Клайтон» - США), содержащие три ролика (рис. 3.5, б), из которых один сплошной (в него встроено нагрузочное устройство - гидротормоз) на оба колеса, или два ролика (рис. 3.5, в). Выбор конструкции блока роликов определяется типом объекта испытаний, назначением испытаний и производственными помещениями.

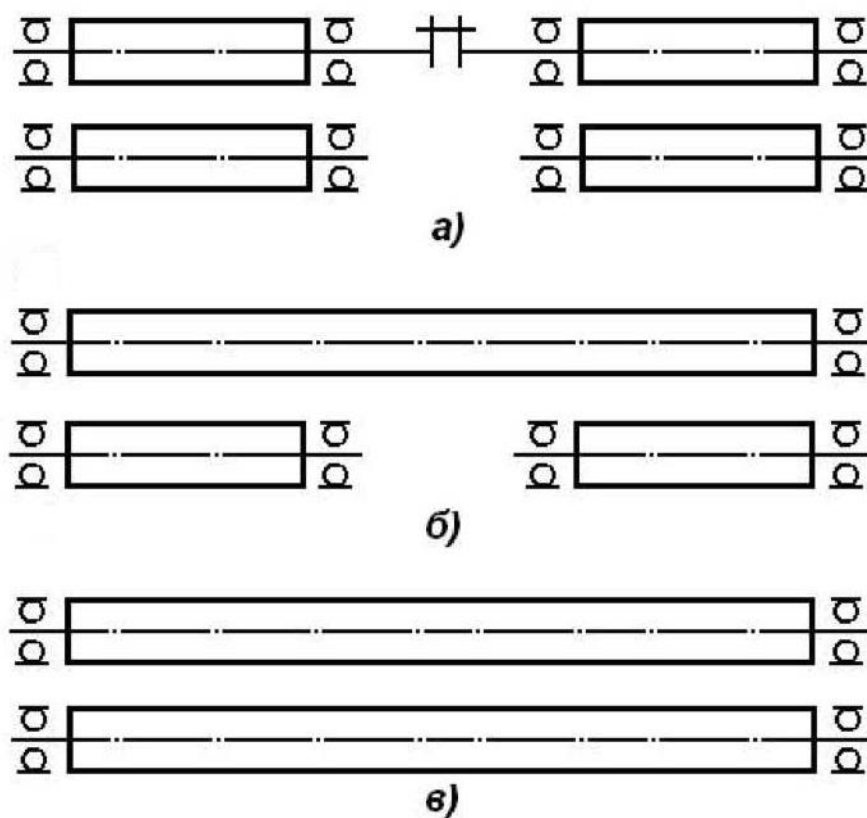


Рис. 3.5. Схемы опорных роликов:

а) – отдельные; б) – с одним сплошным, в) – с двумя сплошными

Нагрузочные устройства в конструкциях тяговых стендов в настоящее время применяются либо гидравлического, либо электрического типов. Эти механизмы обеспечивают необходимые тормозные параметры в широком диапазоне. Механические тормозные устройства в современных стендах практически не встречаются из-за ряда существенных недостатков: большая металлоёмкость, низкая долговечность, нестабильность характеристики нагружения (из-за изменений коэффициента трения фрикционных элементов при нагреве и в связи с этим необходимость в создании сложной системы охлаждения), применения специального механизма поддержания заданного тормозного режима.

В качестве нагружающих устройств зарубежных роликовых диагностических и научно-исследовательских стендов, выпускаемых малыми сериями, наибольшее распространение получили балансирные электрические машины постоянного или переменного тока.

Электрическая машина постоянного тока - наиболее универсальный привод, обеспечивающий необходимые скоростные и нагрузочные режимы, в связи с чем широко применяется в стендах, моделирующих нагрузочные режимы по задаваемым программам в условиях диагностических станций и научно-исследовательских лабораторий.

Гидравлические тормоза не потребляют значительной энергии, кроме затрат на системы управления и охлаждения. К их преимуществам относятся долговечность, простота обслуживания и ремонта.

Современная конструкция гидротормозов весьма компактна при высокой тормозной мощности.

На рис. 3.6 показана схема опорного устройства роликового типа с площадкой, оснащённой пневмоприводом для подъёма автотранспортного средства при её въезде на стенд и при выезде с него после окончания испытаний.

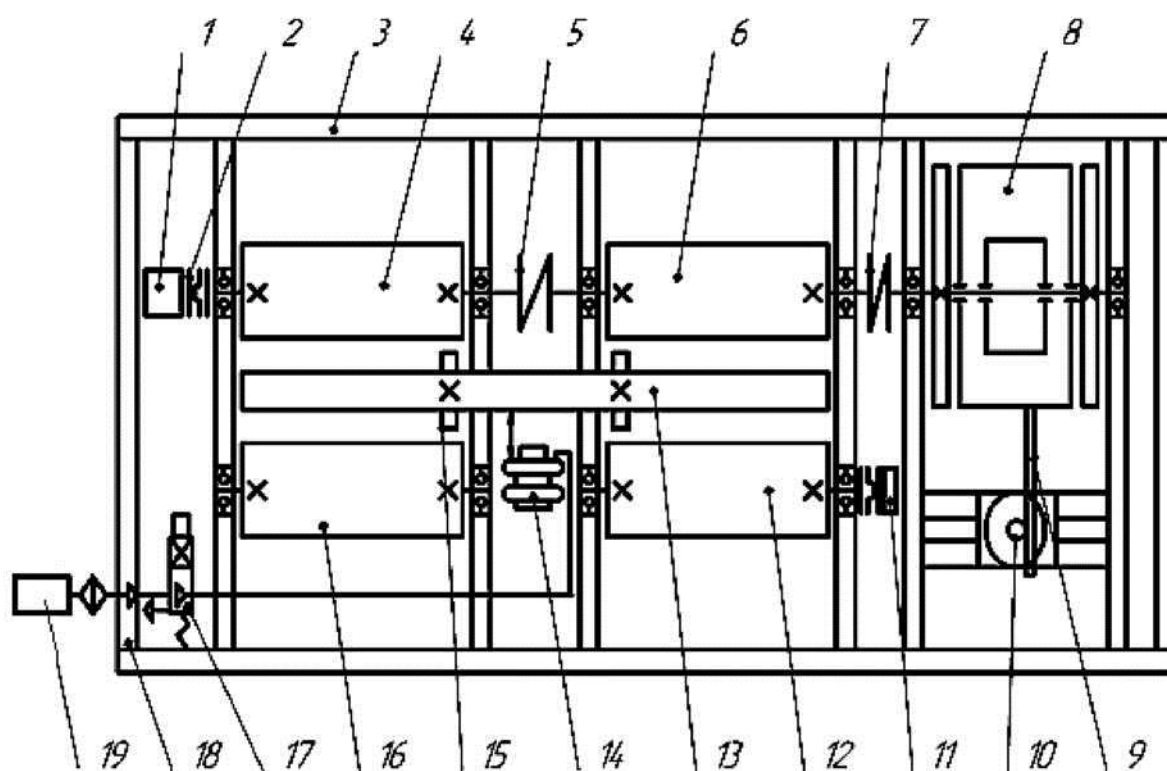


Рис. 3.6. Пневмокинематическая схема опорного устройства:

1— тахогенератор; 2, 5, 7 — муфты; 3 — рама; 4, 6, 12, 16 — ролики; 8— индуктивный тормоз; 9 — кронштейн; 10 — датчик усилия; 11 — реле скорости;

13 – площадка подъёма м шины; 14 – пневмоподъёмник; 15 – тормозной колодочный механизм; 17– золотник; 18 – поперечина; 19 – узел подготовки воздуха

Опорное и нагрузочное устройства стенда размещены на общей раме. Передние ролики 4 и 6 соединены между собой муфтой 5, а ролик 6 соединен муфтой 7 с индукционным тормозом 8.

Пневматический подъёмный механизм стенда состоит из площадки 13, двух пневмоцилиндров и двух тормозных колодок 15. Это позволяет встраивать их непосредственно в рабочий ролик.

Момент инерции гидротормозов в несколько раз меньше, чем у вихревых тормозов, что создает определённые преимущества при различных испытаниях автотранспортных средств и их двигателей, когда необходимо более точно предусматривать задаваемые нагружающие режимы.

К недостаткам электрических тормозов постоянного и переменного тока относятся высокая стоимость, большие габариты и вес, низкие КПД и надёжность (из- за наличия скользящих контактов), а также высокая установленная мощность, требующая мощных источников электроэнергии вплоть до создания специальных трансформаторных подстанций.

Наиболее совершенны и значительно шире распространены в современных тяговых стендах электромагнитные дисковые тормоза с воздушным охлаждением. Конструкция такого тормоза (рис. 3.7) представляет собой разнотоксную электромашину (индукционный тормоз), которая обеспечивает необходимый тормозной момент при минимальных габаритах и весе.

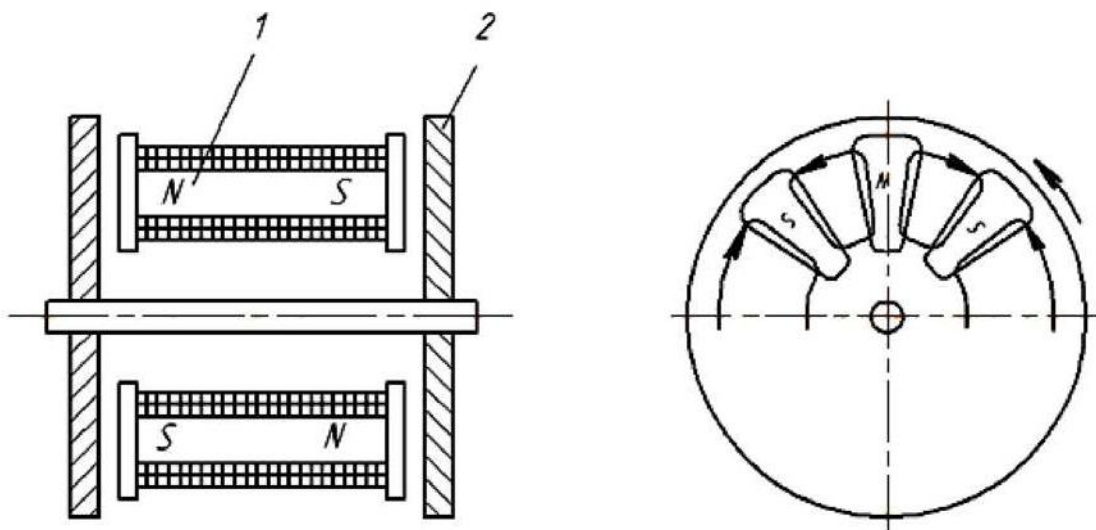


Рис. 3.7. Схема дискового электродинамического тормоза:

1 – неподвижный индуктор; 2 – якорь

Электродинамический дисковый тормоз, используемый в качестве нагрузочного устройства тягового стенда, представляет собой относительно простую индукционную электрическую машину, в которой механическая энергия (от принудительного вращения электромашин) превращается в электрическую.

Такой тормоз может изменять величину тормозного усилия по заданной программе, имитируя работу автотранспортного средства на различных режимах, включая разгон, движение на уклоне и другие режимы.

Основными преимуществами электромагнитного дискового тормоза с воздушным охлаждением являются: высокая эффективность тормозного действия в широком диапазоне скоростей, простота конструкции, отсутствие скользящих контактов и надёжность в работе, сравнительно малые габаритные размеры и масса при высокой тормозной мощности. Малая мощность возбуждения, потребляемая тормозом (до 3 кВт при поглощаемой мощности до 300 кВт), позволяет осуществлять автоматическое регулирование тормозного момента относительно простыми средствами. Это даёт возможность автоматически поддерживать постоянным или переменным

задаваемый момент.

Тормоз состоит из неподвижного индуктора, создающего переменнопольное магнитное поле, и вращающегося якоря, в котором происходит основное преобразование энергии. Поскольку индуктор питается постоянным током, его магнитная система выполняется из сплошного металла (как правило из магнито-мягкой стали). Якорь электродинамического тормоза изготавливается из любого электропроводящего материала в виде сплошного диска. Для повышения эффективности магнитной системы и увеличения рассеиваемой мощности дисковый электродинамический тормоз выполняется из одного неподвижного индуктора и двух якорей, вращающихся вместе с ним.

При вращении якоря в поле индуктора в якоре наводится электродвижущая сила (ЭДС) и возникают вихревые токи, ориентированные относительно полюсов. В результате взаимодействия токов якоря с магнитным полем индуктора создается генераторный, то есть тормозной момент. Механическая энергия, подведенная к валу тормоза, превращается в электрическую.

Тяговую силу измеряют обычным путём, определяя крутящий момент на валу роликов методом крутильного или балансирного динамометра. При использовании метода крутильного динамометра первичный преобразователь крутящего момента устанавливается между валами роликов и нагрузочного устройства. Из-за сложной конструкции и низкой надёжности первичных преобразователей метод крутильного динамометра не нашел широкого распространения в тяговых стендах. При использовании метода балансирного динамометра качающийся статор (корпус или рама) нагрузочного устройства или специального редуктора через рычаг опирается на поперечный силоизмерительный преобразователь. В качестве первичных преобразователей используют, как правило, силоизмерительные тензорезисторные датчики, например, 1778 ДСТ. Они обладают высокими метрологическими характеристиками (класс точности 0,25 и 0,4) и

выпускаются на любую из следующих номинальных нагрузок: 0,10; 0,20; 0,50; 1,00; 2,00; 5,0; 10,00 тс.

Линейную скорость (или частоту вращения) на тяговых стендах измеряют, определяя угловую скорость роликов, которая связана с линейной скоростью на окружности роликов. В качестве первичных преобразователей угловой скорости используются тахогенераторы постоянного тока, индуктивные или фотоэлектрические датчики. К недостаткам тахогенераторов следует отнести сложность конструкции, невысокую надёжность из-за наличия механических контактов (коллектор, щетки) и зависимость метрологических характеристик от сопротивления нагрузки. Погрешность тахогенераторов составляет 1,2 %.

Наиболее распространенными в тяговых стендах являются индуктивные датчики. Они состоят из зубчатого диска, установленного на валу, угловую скорость которого измеряют, и катушки с обмоткой и намагниченным сердечником, закрепленной на раме стенда. Зазор между зубчатым диском и торцом сердечника катушки составляет 1...2 мм. При прохождении зуба мимо сердечника в обмотке наводится импульс ЭДС (самоиндукции), то есть частота выходного сигнала датчика пропорциональна угловой скорости. Индуктивные датчики просты по конструкции, обладают высокой надёжностью и обеспечивают бесконтактный съём информации. Их можно использовать при дискретном и аналоговом методах измерений. Погрешность индуктивных датчиков зависит только от выбранного числа зубцов и составляет не более 0,2 %. При использовании индуктивных датчиков необходимо учитывать, что амплитуда импульсов выходного сигнала зависит от зазора между зубчатым диском и сердечником, а также от угловой скорости. Указанные недостатки легко устраняются введением в схему дополнительного промежуточного преобразователя (усилителя-ограничителя).

Для измерения временных интервалов в тяговых стендах используются электронные секундомеры, в которых в качестве времязадающих элементов

применяются кварцевые резонаторы или переменный ток промышленной частоты. В первом случае погрешность измерения времени не превышает 0,01 %, а во втором случае - 2 %. Управление таким секундомером осуществляется автоматически с помощью компараторов, вырабатывающих управляющие сигналы при достижении заданных значений скорости.

Мощность на тяговых стендах непосредственно не измеряется, а вычисляется с помощью специального блока умножения.

Выбор типа показывающих приборов (цифровой или аналоговый) для тяговых стендов зависит от метода измерения, числа пределов измерения, характера изменения параметра во времени, скорости и необходимой точности считывания результатов. В случае индикации результатов измерений на аналоговый показывающий прибор в тяговых стендах большинства отечественных и зарубежных фирм применяются стрелочные показывающие приборы, выполненные по принципу следящей системы.

Определенный интерес представляет комбинированный способ представления информации, то есть совмещение стрелочного прибора с цифровым. Такое конструктивное решение позволяет по стрелочному прибору оценивать процесс изменения параметра, а по цифровому - более точно считывать показания.

Перспективным направлением является использование в качестве показывающих приборов специальных экранов (дисплеев), на которых можно отображать не только цифробуквенную информацию, но и графики, гистограммы, таблицы и текстовый материал.

В состав современных тяговых стендов входят и системы автоматического поддержания на заданном уровне линейной скорости на окружности роликов и тяговой силы на ведущих колесах. Как правило эти системы выполняются по традиционной схеме: сигнал датчика сравнивается с сигналом обратной связи, а полученный сигнал рассогласования усиливается регулятором и управляет нагружающим устройством. В зависимости от поддерживаемого на заданном уровне

параметра в качестве сигнала обратной связи используется сигнал датчика частоты вращения роликов либо датчика тягового усилия.

Для безопасной работы на стендах как правило предусматривается устройство в виде блока защитных блокировок. Он не допускает включения подъёмника или переключателя режима испытаний при вращающихся колёсах, а также обеспечивает плавное нарастание нагрузки на колёсах автотранспортного средства даже при резком повороте оператором ручки задатчика, что предотвращает выбрасывание автотранспортного средства со стенда.

В электрическую часть стенда входит общий блок управления и контроля.

Переносные приборы, которыми оснащаются некоторые тяговые стенды, например, для определения мощности двигателя как правило предназначены для определения тягово-экономических показателей автотранспортного средства по величине углового ускорения коленчатого вала в режиме свободного разгона двигателя. Они классифицируются по способу питания (от аккумуляторной батареи автотранспортного средства, от внешней сети, комбинированные), по виду индикации (цифровая, аналоговая или смешанная) и по типу применяемого датчика частоты вращения (индуктивный или пьезоэлектрический).

В таблице 3.2 приведены некоторые типы стендов с беговыми барабанами, которые выпускаются промышленным производством мелким сериями или по специальным заказам.

Таблица 3.2

Параметры	Модификация стенда			
	4817	4819А	4819Б	4819В
Тип стенда	Стационарный, роликовый, инерционно-силовой, автоматизированный			
Испытываемые автомобили	Легковые (кроме переднеприводных)	Трехосные грузовые ЗИЛ, «Урал», КамАЗ; двухосные ГАЗ, ЗИЛ, КАЗ, МАЗ	Двухосные грузовые ГАЗ, ЗИЛ, КАЗ, МАЗ и автобусы без ГМП	Автобусы с ГМП и без ГМП; двухосные грузовые ГАЗ, ЗИЛ, КАЗ, МАЗ
измеряемые параметры: скорость автомобиля, км/ч	0...150	0...100	0...100	0...100
тяговое усилие на колесах, кН	0...10	0...20	0...20	0...20
мощность на колесах, кВт	0...100	0...200	0...200	0...200
время разгона, с	0...100	0...200	0...200	0...200
скорость в момент переключения ГМП, км/ч	0...100	0...100	0...100	0...100
Погрешность измерения: скорости, %	2	2	2	2
тягового усилия, %	2	2	2	2
мощности, %	4	4	4	4
времени разгона, с	0,1	0,1	0,1	0,1
скорости в момент переключения ГМП, %	2	2	2	2
Тип нагрузочного устройства	Электродинамическое («вихревой тормоз» с воздушным охлаждением) и маховик			
Габаритные размеры, мм: механической части	4000×1	5150×2880	5150×2000	5150×2000
шкафа управления	450×800	450×800	450×800	450×800
Сеть электрического питания:				
напряжение, В	380	380	380	380
частота, Гц	50	50	50	50
мощность стенда, кВт	4,5	6,5	6,5	6,5
Уровень шума, дБ	70	77	75	75
Масса стенда, кг	2100	4200	3300	3300

3.3. Стендовые испытания агрегатов и систем автотранспортных средств

Характеристики агрегатов и систем автотранспортных средств 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 автотранспортных средств, как правило 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 сцепления автотранспортного средства. 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 как правило 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.

В процессе создания, доводки и текущего производства

автотранспортных средств, их модернизации, улучшения конструктивных и эксплуатационных характеристик, постоянного контроля работоспособности и повышения качества полнокомплектные автотранспортного средства, 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 автотранспортных средств, 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 не учитываемых внешних воздействий и побочных явлений часто невозможно получить точные количественные оценки - основу для выработки мероприятий по улучшению конструкций автотранспортных средств.

Как правило 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 автотранспортных средств, 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 точность 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 автотранспортного средства с внешней средой, поэтому объект испытаний должен рассматриваться как обязательная составная часть взаимосвязанной динамической системы «автотранспортное средство- 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 автотранспортного средства). 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 превалируют 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 объёмам экспериментальных работ, по нагрузочным режимам и делятся на группы:

- испытания отдельных деталей;
- испытания отдельных узлов, агрегатов и систем;
- испытания полнокомплектных автотранспортных средств;

- испытания доводочные, функциональные, приёмочные, технологические, контрольные, сравнительные, аттестационные, приёмосдаточные, 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 автотранспортного средства или его 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 износов 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 нагружений;

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.

3.4. Испытания двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств

Испытания двигателей внутреннего сгорания (ДВС) регламентируются специальными правилами (1585-82 и 2534-74), разработанными международной организацией по стандартизации (ISO). В нашей стране испытания ДВС проводятся для двигателей автотранспортных средств в соответствии с ГОСТ 14846-81.

Испытания ДВС проводятся на стендах со специальными тормозными установками - гидравлическими, электрическими и индукторными. При этом испытания на стендах с электрическими приводами реверсионного действия выгодно отличаются тем, что позволяют оценить работу двигателя в режимах принудительного холостого хода, определить механические потери в нём, осуществить пуск без стартера, провести холодную обкатку после сборки.

Для проведения всех видов испытаний двигателей стенды должны быть оснащены не только тормозными установками с динамометрами, но и топливной, воздухопитающей, газывыводящей, смазочной, охлаждающей, пусковой, противопожарной и другими системами. В зависимости от программы испытаний стенды оснащаются специальным оборудованием и приборами, позволяющими имитировать различные условия работы двигателей и измерять необходимые параметры и показатели объектов испытаний. Воздухопитающая система должна быть оборудована устройствами и приборами, обеспечивающими определение расхода воздуха, его подогрева или охлаждения, влажности и запылённости. Топливная система стендов оснащается устройствами для определения расхода топлива на различных режимах работы ДВС, а системы охлаждения и смазки - устройствами для оценки теплоотвода в охлаждающую жидкость и масло. Для определения индикаторных показателей стенды оснащаются соответствующими индикаторами и записывающими приборами.

В стендовых испытаниях ДВС главным образом определяются:

- 1) рабочие показатели и характеристики двигателя при регулировках и комплектации, указанных заводом-изготовителем. Испытания проводятся как при полной подаче топлива, так и при частичных подачах топлива; дополнительно испытания проводятся без подачи топлива на режимах принудительного холостого хода. По результатам испытаний строятся характеристики индикаторной мощности, внешняя скоростная характеристика, (в том числе с регуляторной ветвью), частичные характеристики, характеристики холостого хода, нагрузочные характеристики мощности и расхода топлива при постоянных частотах вращения коленчатого вала, частичные характеристики при фиксированной подаче топлива, а также при заданных законах изменений частоты и нагрузки;
- 2) детонационные характеристики;
- 3) надёжность, включая безотказность и износостойкость;
- 4) предельные показатели мощности и крутящего момента ДВС при

исключении влияния параметров несовершенства технологии изготовления, заводских допусков на изготовление, регулировок приборов систем питания и зажигания.

Такие показатели получаются при изменении только одной характеристики (например, параметров опережения зажигания) в области устойчивой работы двигателя с полной нагрузкой, за пределами которой, как правило, происходит падение мощности и увеличение расхода топлива;

5) шумность работы и вибрации двигателя;

6) токсичность, включая пробы на разных режимах работы, а также дымность.

Последний вид испытаний двигателей в настоящее время становится всё более актуальным и законодательно обозначенным для выполнения при диагностических мероприятиях. Эти испытания базируются на оценке составных компонентов выхлопных газов.

Возникающие при сгорании топлива в двигателях автотранспортных средств компоненты выхлопных газов делятся на вредные и безвредные. Окись углерода (CO), углеводороды (HC), окислы азота (NO_x), свинец (Pb) и его соединения, двуокись серы (SO₂), твёрдые частицы (например, сажа) - это вредные составляющие. В тоже время азот (N₂), кислород (O₂), двуокись углерода - углекислый газ (CO₂) и водяной пар (H₂O) - это безвредные вещества. Соотношение этих составляющих определяется эксплуатационным состоянием двигателя и качеством сгорания смеси, которая в свою очередь зависит от процесса смесеобразования, зажигания, параметров камеры сгорания и систем впуска и выпуска газов. Поэтому этот вид стендовых испытаний двигателей внутреннего сгорания требует избирательно и с высокой точностью определять содержание всех компонентов выхлопных газов. Это производится с помощью приборов, работающих по методу инфракрасного излучения. Метод основан на способности указанных выше компонентов выхлопных газов поглощать инфракрасное излучение, а именно излучение строго определённой, характерной для каждого газа в

отдельности, длины волны.

Азот является наиболее существенной составной частью воздуха, его доля равна 70 %. Он поступает в двигатель вместе с всасываемым воздухом и большей частью снова выходит из него, не участвуя в процессе сгорания.

Кислород имеется в выхлопных газах в том случае, если из-за слишком бедной смеси или плохого перемешивания в камере сгорания не весь кислород, содержащийся в воздухе, используется в процессе сгорания для окисления топлива.

Водяной пар и углекислый газ являются, как уже указывалось выше, собственно конечными продуктами сгорания.

Оксид углерода - это вредное вещество возникает, если из-за недостатка кислорода (O_2) в смеси невозможно полное окисление углерода (C) с преобразованием его в углекислый газ (CO). Поскольку оксид углерода уже в малых концентрациях воздействует на компоненты крови (она соединяется с красными кровяными тельцами (эритроцитами) и тем самым уменьшает их способность к поглощению кислорода), то она в первую очередь привлекла внимание законодательных органов. Оксид углерода стала той составной частью выхлопных газов, которая первой была включена в качестве компонента выхлопных газов, подлежащего обязательному контролю на автотранспортных средствах. Наибольшая концентрация CO создается в цилиндрах во время сгорания топлива, в атмосфере оксид углерода сравнительно быстро окисляется, превращаясь в безвредный углекислый газ.

Как и в случае образования окиси углерода, недостаточное количество воздуха приводит к неполному сгоранию и вследствие этого к эмиссии несгоревших или частично сгоревших углеводородов. В выхлопных газах находятся поэтому не только углеводород, но и различные углеводородные соединения, в том числе ароматические углеводородные соединения, имеющие резкий запах и частично относящиеся к веществам, вызывающим раковые заболевания, каковыми считаются, например, бензопирины или ненасыщенные углеводороды, которые под воздействием солнечного

излучения в комбинации с окислами азота участвуют в образовании смога. Насыщенные углеводороды практически не имеют запаха, но имеют, однако, наркотическое действие и раздражают слизистые оболочки, правда, в легкой форме. Таким образом, высокие концентрации несгоревших углеводородов могут быть вредными для здоровья, кроме того, с ними связывают также гибель лесных насаждений.

Азот, который является главной составной частью воздуха, при нормальных температурах не соединяется с кислородом. Только при особенно большом подводе энергии, что имеет место в процессе сгорания топлива в двигателе при большом давлении и высокой температуре, происходит химическая реакция, в результате которой образуется окись азота (NO). После выхода из цилиндров окись азота продолжает соединяться с кислородом, образуя двуокись азота (NO_2). NO и NO_2 считаются стабильными газами и как правило их объединяют под общим названием окислы азота и обозначают NO_x . Высокая концентрация NO_x вызывает раздражение органов дыхания и присущие отравлениям признаки. Длительное вдыхание окислов азота может привести к разрушению ткани легких.

Соединения свинца как правило используются в качестве антидетонационных средств. Именно поэтому они и оказываются в выхлопных газах двигателя. Кроме того, свинцовые добавки являются своеобразным смазочным средством для впускных и выпускных клапанов, поскольку отложения свинца на них уменьшают их износ. Соединения свинца действуют как клеточный яд на кровь, костный мозг и нервную систему.

Двуокись серы возникает за счёт окисления серы, содержащейся в топливе. Поскольку содержание серы в бензине весьма мало ($< 0,1\%$), то эмиссии двуокиси серы (SO_2) особого значения не придается.

Сажа появляется только при экстремальной нехватке воздуха. Как правило таких условий на правильно отрегулированных бензиновых двигателях не возникает.

Большое влияние на возникновение трех важнейших вредных веществ -

окси углерода (CO), несгоревших углеводородов (HC) и окислов азота (NO_x) оказывает соотношение в смеси бензина и воздуха.

В среднем для полного сгорания 1 кг топлива требуется 14,7 кг воздуха. При такой так называемой стехиометрической смеси коэффициент состава смеси (или коэффициент избытка воздуха) лямбда равен 1 ($\lambda = 1$).

По величине коэффициента состава смеси (коэффициента избытка воздуха) можно непосредственно судить о том, является ли смесь бедной или богатой. Например, если $\lambda = 0,8$, что соответствует соотношению веса расходуемого воздуха к весу расходуемого топлива $0,8 \times 14,4:1 = 11,76:1$, то смесь является экстремально и излишне богатой. Минимальные значения окиси углерода достигаются при коэффициентах состава смеси X , превышающих 1,1. С этого значения доля окиси углерода в выхлопных газах практически не зависит от соотношения воздуха и топлива. В этом диапазоне двигатели работают с небольшим избытком воздуха. Система смесеобразования подает в двигатель воздуха больше, чем ему собственно необходимо для процесса сгорания. Предпосылкой для безукоризненного функционирования моторов с бедной смесью является наличие мощной системы зажигания - особо бедные смеси, а также особо богатые, требуют энергии зажигания, которая до 15 раз превышает значение этой энергии при $X = 1$. При значении коэффициента состава смеси $X = 1,25$ у двигателей обычной конструкции достигается предел воспламенения смеси, сверх этого значения смесь без использования специальных мер воспламенить невозможно.

В диапазоне богатых смесей, то есть при значениях коэффициента состава смеси, меньшем 1, доля окиси углерода CO в выхлопных газах изменяется в зависимости от величины соотношения воздуха и топлива практически линейно.

Исходя из ужесточения требований закона к эмиссии выхлопных газов, изготовители двигателей усиленно стремятся сохранить значение коэффициента состава смеси в благоприятном с точки зрения выброса

вредных веществ диапазоне вблизи 1. Точное согласование процесса образования смеси и системы зажигания на соответствующем двигателе привели к тому, что выброс окиси углерода современными двигателями резко уменьшился. Значения от 0,5 до 1,5 % по объему стали в настоящее время правилом. Таким образом, слишком высокое содержание СО всегда является признаком образования богатой смеси, например, как следствие неправильной регулировки карбюратора или нарушений в работе системы впрыска. Причинами могут стать также неправильный уровень поплавка, слишком высокое давление топлива, загрязненный воздушный фильтр, неисправная вентиляция картера коленчатого вала или некорректно работающее устройство прогрева двигателя.

Для несгоревших углеводородов (НС) также можно получить минимальное значение, а именно при значениях λ , приблизительно равных от 1,1 до 1,2.

Точно также, как и содержание СО, доля углеводородов из-за неполного сгорания возрастает по мере увеличения количества топлива в смеси (то есть по мере того, как смесь становится все богаче).

Но и в диапазоне бедных смесей эмиссия углеводородов НС снова возрастает. Слишком низкие температуры во всасывающем коллекторе и камере сгорания, неравномерное распределение смеси, преждевременное прекращение горения смеси из-за воздействия холодных стенок цилиндров, замедление процесса сгорания при очень бедной смеси, включая также перебои зажигания - все это ведет к резкому увеличению содержания НС в выхлопных газах. Нагрузка двигателя также изменяет эмиссию углеводородов. С повышением нагрузки уровень температуры в камере сгорания увеличивается. Поэтому площадь зоны стенок цилиндров, на которой гасится пламя, по мере роста нагрузки уменьшается. Кроме того, более высокие температуры выхлопных газов вызывают реакции доокисления в фазах расширения и выпуска. Этот эффект вызывает снижение эмиссии несгоревших углеводородов по мере роста нагрузки двигателя. То же самое

относится и к эмиссии окиси углерода СО. Прежде всего на абсолютное значение эмиссии НС в очень сильной степени влияют регулировка и работа системы, а также механическое состояние мотора. Неправильная регулировка зажигания, нагар на свечах зажигания, дефектные кабели зажигания, тотальные перебои зажигания, негерметичная система всасывания, неплотности в цилиндрах или неисправные клапаны впрыска являются причинами слишком большого содержания несгоревших углеводородов в выхлопных газах. Поэтому определение содержания в выхлопных газах углеводородов, наряду с содержанием СО является важнейшей мерой для всесторонней диагностики двигателя.

Зависимость эмиссии окислов азота (NO_x) от значения коэффициента состава смеси λ протекает прямо противоположно тому, как она протекает в случае углеводородов. Хотя благодаря обеднению смеси углеводороды в значительной степени сгорают, но остающийся свободный кислород вступает в реакцию с азотом, прежде всего из-за увеличивающейся температуры и повышения давления в камере сгорания. Предпосылкой для имеющих практический смысл измерений является наличие стенда для проверки двигателя под нагрузкой (стенд проверки мощностных характеристик двигателя).

Причиной того, что при дальнейшем обеднении смеси содержание окислов азота снова снижается, является снижение температур в камере сгорания, которое снова наступает по мере увеличения коэффициента состава смеси, то есть по мере «разжижения» смеси, количество топлива в которой уменьшается. Тем самым снова устраняется предпосылка образования окислов азота.

С увеличением опережения зажигания, то есть всё большим смещением его в направлении раннего зажигания и связанное с этим повышение температур в камере сгорания приводят к увеличению эмиссии окислов азота во всем диапазоне соотношений воздуха и топлива.

Двуокись углерода или углекислый газ CO_2 не является так называемым

вредным веществом; как конечный продукт сгорания он достигает максимума в так называемой стехиометрической точке при коэффициенте $\lambda = 1$. Поэтому содержание CO_2 в выхлопных газах можно взять за меру, показывающую степень более или менее полного сгорания. Максимально возможное значение при коэффициенте $\kappa = 1$ и идеальном полном сгорании составляло бы примерно 14 % по объёму. Чем больше содержание CO_2 в выхлопных газах приближается к этому значению, тем полнее происходит сгорание и тем меньше доля окиси углерода CO и несгоревших углеводородов HC . С другой стороны, при небольшом содержании вредных веществ в выхлопных газах слишком низкое значение уровня CO_2 является признаком недопустимого разбавления выхлопных газов из-за наличия негерметичности или прогаров (дыр) в выхлопной системе.

Свободный кислород (O_2) появляется в выхлопных газах при избытке воздуха в смеси. Как только значение коэффициента X начинает превышать 1, происходит четкое увеличение содержания O_2 . Вместе с максимальной величиной уровня углекислого газа содержание кислорода является однозначным показателем перехода от диапазона богатых смесей к бедным смесям, а также признаком негерметичности в системе всасывания и в выхлопной системе.

При температурах, превышающих 600°C , в выхлопной системе происходит дальнейшее окисление CO и HC кислородом до H_2O и CO_2 , причем для повышения эффективности этого процесса возможно подведение вторичного воздуха вблизи выпускных клапанов. Верхом достижения в этой области является так называемый термореактор. Он сконструирован таким образом, что при работе на богатых смесях, когда в выхлопных газах повышается содержание CO и HC , в газ добавляется воздух и эта смесь воспламеняется при высоких температурах, в результате чего вредные вещества сгорают. Из-за повышенных расходов топлива при использовании термического дожигания эту технологию на большинстве современных автотранспортных средств заменила катализаторная система. Впрочем, на

некоторых автотранспортных средствах с катализаторами также производится подвод дополнительного воздуха, например, с целью более быстрого нагревания катализатора в фазе прогрева и достижения более лучшего дожигания при работе на холостом ходу.

В зависимости от применяемой концепции обработки выхлопных газов различают три вида систем катализаторов:

- 1) окисляющие катализаторы;
- 2) двухконтурные (или двухступенчатые) катализаторы;

3) 3-х компонентные катализаторы выхлопных газов, воздействующие на такие компоненты выхлопа, как NO_x , HC , CO (они могут быть регулируемые и нерегулируемые катализаторами).

Только 3-компонентные катализаторы обладают способностью одновременно снизить содержание всех трех вредных компонентов выхлопных газов CO , HC и NO_x , причем в очень значительном размере. В сочетании с регулировкой коэффициента состава смеси 3-компонентный катализатор в настоящее время представляет собой наиболее эффективную систему очистки выхлопных газов и поэтому его применяют для выполнения самых строгих предписаний по содержанию вредных веществ в выхлопе автотранспортных средств.

Катализатор состоит из собственно активного каталитического слоя, основы (носителя) для этого слоя и корпуса из стального листа. В качестве носителя каталитического слоя используются три системы:

- 1) насыпная основа (европейскими изготовителями автотранспортных средств практически не применяется);
- 2) керамические монолиты (наиболее распространены в настоящее время);
- 3) металлические монолиты.

Керамические монолиты представляют собой керамическое тело, через которое проходит несколько тысяч маленьких каналов. По этим каналам протекает выхлопной газ. Керамика состоит из устойчивого к высоким

температурам материала на основе магния, алюминия и кремния. Чувствительный к ударам монолит эластично закрепляется в листовом корпусе. Для этого между стенками корпуса и носителем находится металлическая сетка из высоколегированной стальной проволоки диаметром примерно 0,25 мм. Эта сетка должна быть эластичной, чтобы предотвратить повреждения монолита вследствие допусков при изготовлении, различных коэффициентов расширения материалов корпуса и основы, механических нагрузок при движении и действующих на керамическое тело газовых сил.

Металлические монолиты пока применяются редко. В большинстве случаев их устанавливают вблизи двигателей в качестве так называемых предварительных или пусковых катализаторов в дополнение к главному катализатору, чтобы при пуске холодного двигателя быстрее достичь эффективности каталитического преобразования.

Керамические и металлические монолиты нуждаются в слое носителя из окиси алюминия («wash-coat» - «промывочное покрытие»), который увеличивает эффективную поверхность катализатора с коэффициентом 7000. Нанесенный на этот слой активное каталитическое покрытие у окисляющих катализаторов состоит из благородных металлов платины и палладия, у трехкомпонентных катализаторов - из платины и родия. Платина ускоряет процесс окисления углеводородов и окиси углерода, родий способствует редукции (уменьшению) окислов азота. Количество благородных металлов в одном катализаторе составляет примерно 2,3 грамма.

Требование, избирательно и с большой точностью определять содержание всех компонентов выхлопных газов привели к тому, что из всех известных методов измерений в практике остался только метод измерений с помощью инфракрасного излучения. На этом принципе работает прибор фирмы Бош ЕТТ 008.14.

Прибор ЕТТ 008.14 для измерения содержания СО также, как и все другие приборы для исследования выхлопных газов, относящиеся к системе проверочного оборудования Bosch-Compac-Test-System, управляется

микропроцессором и в основном работает автоматически. Тем самым в значительной степени исключаются влияние на ход проверки окружающей среды и обслуживающего персонала.

После включения прибора осуществляется его самопроверка и цикл прогрева. После истечения времени прогрева, равного примерно 3 минутам, производится всасывание так называемого «нулевого» газа, то есть воздуха, а также продувка газового тракта. После этого прибор готов к работе.

Измерение начинается с включения насоса. Также и в этом случае вначале примерно в течение 10 секунд снова всасывается чистый воздух и производится автоматическая установка нуля. Полученная в результате измерения величина запоминается микропроцессором прибора как действующее значение нуля. Только после этого магнитный клапан переключает газовый тракт на прохождение выхлопных газов.

Зависимость метода измерений от температуры учтена в вычислительной программе микропроцессора, который проводит с этой целью контроль приёмной камеры. Учитывается также барометрическая высота и частота сети.

В остальном процессор следит за всеми функциями прибора в плане соблюдения предписанных граничных величин. О недопустимых отклонениях сообщается пользователю и процесс проведения проверок немедленно прекращается. Измерения проводятся в процентах от общего объема (в % по объёму). Наименьшее разрешение составляет 0,01 % по объёму. В процессе измерений сообщается о следующих дефектах:

- неправильная регулировка карбюратора;
- неисправная система смесеобразования, образуется слишком богатая или слишком бедная смесь;
- неправильный уровень поплавка карбюратора;
- неисправность устройства обогащения смеси при ускорениях;
- неправильное число оборотов холостого хода;
- неправильная работа устройства обогащения смеси при прогреве

двигателя;

- неисправная вентиляция картера коленчатого вала;
- прогар уплотнительной прокладки головки цилиндров;
- загрязнение воздушного фильтра;
- о функции катализатора, включая НС, если есть возможность

проведения измерений до и после катализатора.

Оценка углеводородов (НС) производится в частицах на миллион (ppm).

1 000 000 ppm = 100 % по объёму. Наименьшее разрешение 2 ppm.

Выводится информация о следующих дефектах:

- неполное сгорание;
- неисправная система смесеобразования, перебои процесса сгорания из-за слишком бедной смеси;
- неисправная система зажигания, перебои зажигания, например, из-за отложения нагара на свечах, дефектных кабелей, неправильной установки зажигания;
- негерметичность в системе всасывания, неплотности в карбюраторе, в системе впрыска, в клапанах впрыска, негерметичность впускных или выпускных клапанов;

- о функции катализатора, включая СО, если есть возможность проведения измерений до и после катализатора.

Измерения двуокиси углерода (CO₂) проводятся в процентах от общего объёма (в % по объёму). Наименьшее разрешение составляет 0,1 % по объёму.

Выводится информация о следующих дефектах:

- неполное сгорание (в связи с СО и НС);
- неточная регулировка системы смесеобразования, коэффициента состава смеси X (в связи с СО и O₂).

Измерения кислорода (O₂) проводятся в процентах от общего объёма (в % по объёму). Наименьшее разрешение составляет 0,1 % по объёму. Выводится информация о следующих дефектах:

- неточная регулировка системы смесеобразования в связи с СО и CO₂.

Измерения окислов азота производятся в частицах на миллион (ppm).
Наименьшее разрешение 5 ppm.

Выводится информация о следующих дефектах (только в сочетании с испытаниями на стенде по определению мощностных характеристик двигателя):

- о качестве функционирования системы очистки выхлопных газов от ядовитых (вредных) веществ в их связи с СО и НС;
- о работе системы обратного подвода выхлопных газов.

Измерение прироста НС (Δ НС) является методом, при котором можно избирательно оценить процесс смесеобразования и качество процесса сгорания в каждом отдельном цилиндре. Предпосылкой для проведения таких измерений служит наличие наряду с измерительным прибором, имеющим возможность определения доли НС в выхлопных газах, также и моторного тестера с приспособлением для короткого замыкания цилиндров, разработанным специально для проведения измерений дельты НС (Δ НС). Такие приспособления имеются у моторных тестеров Бош MOT 301 и MOT 501.

При работе двигателя на холостом ходу в выхлопных газах создаётся вполне определенное содержание углеводородов НС.

Если замкнуть накоротко зажигание одного из цилиндров, то этот цилиндр полностью выбросит всю смесь, которая смешается с остальными выхлопными газами. Соответственно этому увеличится замеренное содержание НС в выхлопных газах. Увеличение доли НС является масштабом для оценки состава смеси в данном цилиндре.

Богатая смесь вызывает большое увеличение содержания НС, небольшое повышение означает бедную смесь. Сравнение результатов измерений отдельных цилиндров между собой показывает равномерность образования смеси для каждого цилиндра или, соответственно, о присущих данному цилиндру дефектах, являющихся причиной увеличения содержания НС.

Чтобы создать равные условия измерений для всех цилиндров,

необходимо осуществлять короткое замыкание цилиндров и измерение НС в соответствии с точно определенной программой проведения этой операции, что в полной мере обеспечивается в случае использования моторных тестеров Бош MOT 301 и MOT 501. Только в этом случае можно гарантировать однозначные результаты измерений. Разумеется, что измерение прироста доли НС, то есть $\Delta\text{НС}$ следует производить только перед катализатором, поскольку преобразование углеводородов в катализаторе сведет на нет эффект возрастания содержания НС.

Измерение прироста доли углеводородов в выхлопных газах $\Delta\text{НС}$ как правило проводится на незагруженном двигателе при оборотах холостого хода.

Как было указано, правила и методы испытаний двигателей определяются соответствующими отечественными и международными стандартами и специальными нормативными документами, но в некоторых странах используются национальные стандарты, несколько отличающиеся предусматриваемой комплектностью двигателя и его систем, формулами приведения результатов к стандартным (нормальным) условиям.

В международных каталогах встречаются результаты стендовых испытаний двигателей с показателями, определёнными по методикам стандартов DIN (Германия), SAI (США) и по другим методикам, на что необходимо обращать внимание при сопоставительных оценках.

3.5. Испытания трансмиссий автотранспортных средств

Стендовые испытания трансмиссий имеют целью определение параметров прочности, усталости, жёсткости, надёжности, внутренних энергетических потерь, температурных характеристик, специальных показателей работы отдельных элементов и других характеристик. В большинстве случаев испытания трансмиссий автотранспортных средств проводятся на универсальных стендах для оценки одновременно исследуемых многих показателей рабочих процессов.

Для испытаний отдельных узлов и агрегатов трансмиссии в настоящее время используются стенды как прямого нагружения с разомкнутым потоком мощности, так и стенды с замкнутым контуром и с динамическим нагружением от маховых масс или от специальных нагрузочных устройств.

С целью повышения экономичности стендовых испытаний трансмиссий часто используются установки, использующие явление рекуперации мощности. При такой схеме нагружения можно автоматизировать процесс испытаний путём установки простых электронных программирующих устройств, позволяющих создавать различные сочетания крутящих моментов и угловой скорости при любой последовательности их чередования. В этом случае режимы стендовых испытаний приближаются к эксплуатационным, что даёт возможность более объективно оценивать характеристики объектов испытаний.

Испытания муфт сцеплений включают определение коэффициента запаса, величины и стабильности момента трения, упругих деформаций элементов нажимного механизма, надёжности при повышенных частотах вращения, термостойкости фрикционных элементов, исследование параметров балансировки, характеристик демпфера крутильных колебаний, износостойкости фрикционных накладок, их намокаемости в воде и масле, коэффициента полезного действия (КПД) привода и некоторых других свойств.

Перед испытаниями механизм сцепления в сборе, сборочные единицы его привода, а также отдельные элементы, например, ведомый диск, подвергаются всем необходимым контрольным измерениям и взвешиваниям, а вращающиеся детали, кроме того, - балансировке. Упругие деформации элементов нажимного механизма определяются при полном включении сцепления. Они измеряются индикаторами при установке сцепления на специальную плиту. Эти деформации не должны вызывать изменения хода нажимного диска более 10 % от теоретически просчитанного.

Программы комплексных испытаний муфт сцеплений предусматривают

циклическую повторяемость процессов включения и выключения с имитацией различных режимов работы.

Для испытаний сцеплений применяются стенды, снабжённые механизмами нагружения крутящим моментом и осевым усилием, а также устройствами измерения момента, осевого усилия, перемещения и угла закручивания.

Характеристика коэффициента запаса сцепления определяется по результатам измерения крутящего момента, при котором начинается проскальзывание ведомого диска относительно ведущих частей сцепления, закрепленных неподвижно. Перед снятием этой характеристики поверхность фрикционных накладок ведомого диска прирабатывается с рабочими поверхностями маховика и нажимного диска. Крутящий момент измеряется при полном включении сцепления и вращении ведомого диска в двух направлениях с частотой вращения 2 об/мин. В некоторых случаях вследствие влияния центробежных сил на передаваемый крутящий момент коэффициент запаса сцепления определяется при вращении сцепления с различной частотой вплоть до максимальной. При этом начало проскальзывания определяется по результатам сравнения показаний двух тахометров, установленных на ведущей и ведомой частях сцепления.

Для определения характеристик нажимного механизма устанавливается зависимость усилия на рычагах от их перемещения. Усилие может создаваться механическим или пневматическим устройством. Оно определяется динамометром, а перемещение рычагов - индикатором часового типа.

Характеристики гасителя крутильных колебаний определяются при закреплении ступицы ведомого диска на шлицах неподвижного вала. При этом к диску прикладывается крутящий момент и замеряется угол его перемещения при постепенном увеличении момента (для построения петли гистерезиса). Кроме того, ведомый диск испытывается на центрифуге, где оцениваются его прочностные параметры от воздействия центробежных сил.

В этом случае испытания проводятся при частоте вращения, в два раза превышающей максимальные обороты коленчатого вала двигателя. Перед началом испытаний сцепление нагревается примерно до 250° С.

Основными характеристиками привода, которые получают в лабораторных условиях, являются КПД привода и зависимость перемещения нажимного диска от хода педали сцепления. КПД привода оценивается по отношению работы, требуемой на перемещение нажимного диска, ко всей затраченной работе в процессе выключения сцепления.

После снятия перечисленных выше характеристик механизм сцепления в сборе и наиболее ответственную его часть - ведомый диск с фрикционной обшивкой испытывают на центрифуге. В процессе испытаний определяется надёжность деталей при воздействии центробежных сил. Ведомые диски и сцепление в сборе легковых автотранспортных средств проверяют при частоте вращения, превышающей в 2 раза, а грузовых автотранспортных средств в 1,5 раза максимальную частоту вращения коленчатого вала двигателя. Испытания проводятся как правило в течение 15 мин. Перед началом испытаний сцепление или отдельно ведомый диск с накладками нагревается до температуры 250° С. По окончании испытаний детали тщательно осматриваются с целью обнаружения возможных повреждений.

Испытания на надёжность, включая испытания на долговечность и износостойкость механизма сцепления в сборе и отдельных его элементов, проводятся, как правило, на стендах, снабженных ведущей массой, момент инерции которой соответствует моменту инерции вращающихся и поступательно движущихся масс автотранспортного средства. При этом ведущая масса, соединённая с электродвигателем стенда, как правило значительно превышает ведомую массу. Ведомая (нагрузочная) масса подбирается по суммарной массе вращающихся частей трансмиссии с учётом её общего передаточного числа. Ведомая масса, как правило, состоит из набора дисков, позволяющих регулировать режимы нагружения сцепления. Испытания заключаются в периодическом включении сцепления и свободном

ускорении ведомой массы до частоты вращения равной частоте вращения ведущей массы, после чего сцепление выключается и осуществляется торможение ведомой массы. Затем цикл повторяется. Надёжность сцепления лимитируется стойкостью фрикционных накладок и других деталей, подверженных износу и усталостным разрушениям. Поэтому большой объём составляют испытания отдельно взятых фрикционных накладок, шарниров и рычагов нажимного диска, пружин и выжимных подшипников, в процессе которых обязательно определяются сопротивление усталостным разрушениям, термостойкость, износостойкость, а для накладок ещё и стабильность коэффициента трения.

Испытания механических коробок передач, раздаточных коробок и коробок отбора мощности в основном регламентируются соответствующими отраслевыми стандартами (ОСТ) для автотранспортных средств и включают: определение надёжности, статистической прочности (по нагрузкам, разрушающим наиболее слабое звено), жёсткости конструкции, изгибного и контактного сопротивления, усталости зубчатых зацеплений, величины и положения пятен контактов зубьев шестерён всех передач под нагрузкой, долговечности подшипников, коэффициента полезного действия, построение температурной характеристики (по времени непрерывной работы в режиме максимальной мощности двигателя), определение качества уплотнений, оценки уровня вибраций и шума, лёгкости переключения передач, качества работы синхронизаторов, муфт переключения и механизмов управления. При испытаниях на надёжность определяется долговечность шестерён (по изгибной и контактной усталости зубьев), подшипников качения (по контактной усталости и износу), подшипников скольжения, муфт переключения передач, синхронизаторов, торцевых поверхностей шестерён, сальников, картера и опор агрегатов. Кроме того, исследуется влияние различных конструктивных и технологических факторов на работу этих редукторов.

Стенды, применяемые для испытаний механических редукторов автотранспортных средств, должны создавать требуемые нагрузочные и

скоростные режимы, дозировать и контролировать их во всём рабочем интервале, а также обеспечивать регулировки температурных условий работы агрегатов. Для этих испытаний применяются как стенды разомкнутого типа (стенды с прямым потоком мощности), в которых нагружение осуществляется тормозными устройствами, так и стенды замкнутого типа (с замкнутым потоком мощности) с нагружением внутренними силами, возникающими в результате предварительного и принудительного закручивания валов кинематического контура.

На стендах первого типа как правило проводятся кратковременные несложные испытания, тогда как стенды второго типа, как более экономичные, нашли применение для длительных испытаний.

Испытания редукторов в основном проводятся при нагрузках, близких к максимальным крутящим моментам двигателя на каждой передаче, либо по специальным программам, разработанным на основе изучения нагрузочных режимов в условиях реальной эксплуатации. Однако, следует учитывать, что максимальный крутящий момент двигателя используется у автотранспортных средств не часто - около 10 % от общего времени эксплуатации. Вместе с тем иногда на трансмиссию передаётся крутящий момент выше максимального расчётного по двигателю.

Простые одноступенчатые испытания деталей коробок перемены передач и других редукторов в гармоническом режиме нагружения проводятся на стендах любых схем построения. Однако, по экономическим соображениям предпочтительнее выбирать стенды с резонансным приводом, позволяющим при небольших затратах энергии реализовывать высокую частоту и величину нагрузок.

На рис. 3.8 показаны схемы таких стендов, разработанных фирмой «Schenk».

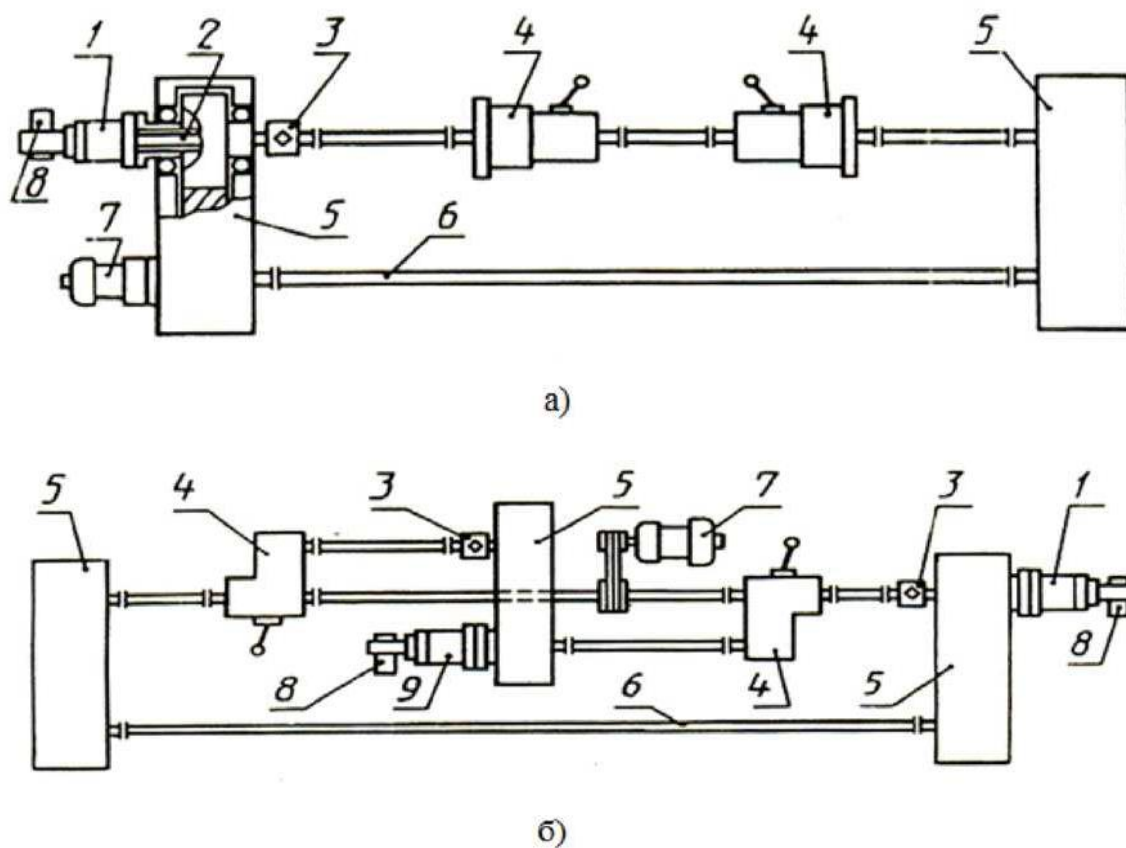


Рис. 3.8. Схемы установок фирмы «Schenk» для испытаний коробок передач: а) – без отбора мощности, б) – с отбором мощности; 1 и 2 – статор и вал ротора поворотного цилиндра; 3 – крутильный измерительный динамометр; 4 – испытываемые коробки передач; 5 – замыкающие зубчатые передачи нагружающего момента; 6 – вал затяжки контура; 7 – электродвигатель привода валов; 8 – основной электродроссельный усилитель поворотного гидроцилиндра закрутки кинематической цепи стенда; 9 – гидроцилиндр нагружения валов отбора мощности

Для нагрузок до 600 кН предпочтительнее использовать механические резонансные стенды, при нагрузках свыше 600 кН следует использовать гидрорезонансные стенды. К недостаткам резонансных стендов следует отнести ограничения по демпфирующим свойствам и деформациям испытываемого объекта, а также недостаток свободы выбора частотных параметров нагружения.

Механизмы переключения передач испытываются по специальным

программам на стендах с электрическим или пневматическим приводом включения и выключения. Испытания состоят в последовательном включении и выключении передач на частоте вращения, составляющей 75 % от максимальных оборотов каждой передачи. Испытания проводятся до тех пор, пока не станет прослушиваться характерный шум, создаваемый зубчатыми колёсами, свидетельствующий об износе механизмов переключения передач.

Испытания автоматических коробок передач, входящих в состав автоматических трансмиссий автотранспортных средств или тракторов, дополнительно включают исследования зависимости момента переключения от скорости движения автотранспортного средства и нагрузки ведомом валу, а также характеристики управляющих систем и моменты трения в тормозах и фрикционах коробки.

Гидромеханические передачи (ГМП) подвергаются испытаниям на специальных стендах. Их методика регламентирована ГОСТ 12118-75. В этих испытаниях определяется безразмерная характеристика гидротрансформатора, включая зависимости коэффициента трансформации крутящего момента, коэффициента полезного действия и входного момента от передаточного числа механизма.

Испытания проводятся на режиме постоянного крутящего момента на ведущем валу в пределах от 0,5 до 0,9 максимального крутящего момента двигателя.

Статическая прочность гидropередачи определяется при передаточном числе, равном нулю, и моменте на входе, большем максимального значения момента двигателя.

Кроме того, на стендах определяется герметичность, прочность и долговечность уплотнений, а также долговечность муфт свободного хода.

Испытания на работоспособность предусматривают определение возможностей гидropередачи выполнять заданные функции, сохраняя значения основных параметров в пределах, установленных соответствующей

технической документацией. Поэлементно в гидродинамических передачах испытываются все основные узлы: гидротрансформатор, насосы, фрикционные механизмы, муфты свободного хода, зубчатые передачи и механизмы блокировки выходного вала.

При испытаниях на долговечность автоматических коробок передач и ГМП в сборе определяется время работы (число циклов), в течение которого объект испытаний сохраняет работоспособность. Нагрузка при этих испытаниях создаётся или такой же, как при работе ГМП на автотранспортном средстве в условиях эксплуатации, или увеличенной для ускорения испытаний.

Превышение числа циклов до наступления предельного состояния, которое возникает за время реальной эксплуатации, характеризует, так называемый, «запас» потенциальных свойств объекта испытаний. Однако чрезмерное увеличение циклов нагружения и форсирование режимов испытаний может привести к искажённым и даже неправильным результатам. Поэтому временные параметры и режимы ускоренных испытаний выбираются после тщательного анализа нескольких пробных экспериментов, чтобы характер разрушений или предельного износа деталей был эквивалентен эксплуатационному.

Стендовые испытания карданных передач проводятся в соответствии с ГОСТ 14023-81 и включают измерение всех линейных и угловых размеров, зазоров в соединениях, определение усилия осевого перемещения шлицевого вала в шлицевой втулке, радиального биения трубы карданного вала, контроль качества сварных швов и плавность работы карданных шарниров.

Испытания начинаются с определения прочности под статической нагрузкой крутящим моментом до разрушения слабого звена. Затем исследуется вибрация и производится балансировка. При динамических испытаниях на специальных стендах, оценивается критическая частота вращения до появления изгибных колебаний, а также КПД передачи. Критическая частота вращения устанавливается при постепенном увеличении

оборотов до расчётного значения, которое должно превышать на 30 % частоту вращения карданной передачи, соответствующую максимальной скорости движения автотранспортного средства.

При испытаниях по оценке долговечности карданной передачи программируются изменения нагружения по четырём исследуемым параметрам: крутящему моменту, частоте вращения, углу между валами и осевому перемещению в шлицевом соединении.

Карданные передачи в условиях эксплуатации работают как при постоянных режимах нагружения (например, во время движения автотранспортного средства с постоянной скоростью), так и при переменных нагрузках (например, при трогании автотранспортного средства с места или при движении по пересечённой местности). Поэтому испытания карданных передач на стендах проводятся как при фиксированном значении крутящего момента, как правило близкого к максимальному, так и при переменных крутящих моментах в соответствии с заданной программой экспериментов.

Безотказность карданных передач в специфических условиях эксплуатации проверяется на специально оборудованных установках, например, на стендах с грязевой или водяной ваннами, в пылевой или климатической камерах.

В основном испытания карданных передач проводятся на крутильных машинах и инерционных стендах с изменением действующего крутящего момента во времени и по величине. Динамические нагрузки создаются в соответствии с реально действующими в эксплуатации по специальным программам.

Стендовые испытания ведущих мостов проводятся как в сборе, так и поэлементно в соответствии с действующими нормативными документами. Испытываются основные узлы и детали ведущих мостов: главная передача, дифференциал, полуоси, балка моста, поворотные кулаки (управляемых ведущих мостов полноприводных автотранспортных средств). Методически процесс испытаний главных передач схож с испытаниями коробок передач.

При определении статистической прочности и жёсткости ведущих мостов обязательно соблюдается схема нагружения балок мостов, соответствующая приложению вертикальных нагрузок от подвески или несущей системы.

В сварных конструкциях картер ведущего моста доводится до разрушения скручивающей нагрузкой с целью определения качества сварных швов.

При динамических испытаниях определяется КПД ведущего моста, коэффициент блокировки дифференциала, долговечность зубьев шестерён главной передачи, подшипников, деталей дифференциала, сальников и других уплотнений, полуосей и балки моста.

Основной причиной отказов ведущих мостов являются повреждения шестерён главной передачи, режим работы которых в трансмиссии наиболее тяжелый вследствие высокой нагрузки и частого её изменения, причём в широких пределах приложенного крутящего момента и скорости вращения. При составлении программ испытаний учитывается, что питтинговые разрушения происходят при лёгких и средних нагружениях, отслоение цементированного слоя - при средних и тяжёлых, усталостные поломки зубьев шестерён - при крайне тяжёлых режимах нагружения. Режимы нагружения составляются на основании изучения и обобщения опытных наблюдений, сравнительного анализа рабочих процессов в конструкции аналогов и прототипов, фактических данных эксплуатации.

Долговечность полуосей определяется на стендах циклического знакопеременного нагружения крутящим моментом по программам, включающим блоки низкочастотных и высокочастотных нагрузок со ступенчатым изменением амплитуды колебательных процессов.

Сопротивление усталости балок мостов оценивается путём испытаний на специальных стендах-пульсаторах, создающих длительную переменную нагрузку.

Для испытаний ведущих мостов в основном используются стенды с замкнутым потоком мощности.

Ускоренным стендовым испытаниям наиболее часто подвергаются трансмиссии в сборе, включающие в общем случае коробку передач, раздаточную коробку, ведущий мост и конечную передачу. Такое сочетание агрегатов обусловлено тем, что и коробка передач, и раздаточная коробка, и ведущий мост, и конечная передача содержат зубчатые зацепления, подшипники, валы, а подход к их испытаниям в основном - идентичен.

На стендах могут имитироваться как обычные эксплуатационные нагрузки, так и повышенные динамические различного характера для создания условий ускоренных испытаний.

В основу методики ускоренных испытаний положена качественная идентичность повреждений деталей по виду и характеру промежуточных и предельных состояний, полученных в стендовых условиях и при реальной эксплуатации автотранспортного средства. Ускорение испытаний достигается за счёт сокращений перерывов в работе, увеличения числа циклов и повышения уровня нагружения узла или агрегата по сравнению с эксплуатационными режимами, усиления воздействия факторов, связанных с влиянием окружающей среды и различных внешних воздействий.

Для оценки достоверности результатов стендовых испытаний применяется коэффициент сопоставимости отказов и износов на стенде и в условиях рядовой эксплуатации. Критерием разрушения как правило служит полная потеря детали несущей способности. Иногда за критерий разрушения принимается начало образования макротрещин, определяемых визуально или с помощью дефектоскопа. Факт разрушения детали или узла иногда устанавливается по резкому изменению режима работы испытательного стенда: падению нагрузки, изменению её амплитуды и частоты, росту деформаций в объекте испытаний, появлению дополнительных шумов и вибраций и др.

Методической основой ускоренных испытаний элементов трансмиссии является использование степенной зависимости между количеством циклов нагружения и напряжениями, вызывающими их разрушение или предельный

$$N_{ц.ст.} \sigma^x = N_{ц.э} \sigma_{\varepsilon}^x = const,$$

откуда

$$N_{ц.ст.} = N_{ц.э} (\sigma_{\varepsilon} / \sigma_{ст})^x,$$

где $N_{ц.ст.}$ и $N_{ц.э}$ - число циклов нагружения детали при испытаниях на стенде и в условиях реальной эксплуатации;

$\sigma_{ст}$ и σ_{ε} - напряжения в детали, соответствующие указанным условиям;

x - показатель степени, зависящий от вида детали и её напряжения.

При той же частоте вращения на стенде и в условиях реальной эксплуатации ($n_{ст} = n_{\varepsilon}$), исходя из зависимостей

$$N_{ц.ст.} = n_{ц.ст.} T_{ц.ст.}; \quad N_{ц.э} = n_{ц.э} T_{ц.э},$$

можно определить продолжительность ускоренных стендовых испытаний:

$$T_{ст} = T_{\varepsilon} (\sigma_{\varepsilon} / \sigma_{ст})^x.$$

Для устранения искажений результатов стендовых испытаний и их сопоставимости с результатами испытаний в условиях эксплуатации при выборе режимов экспериментов вводится ряд ограничений: напряжения должны быть не ниже $0,7\sigma_{-1}$ для проявления усталостного характера работы деталей и не превышать предела пропорциональности. Кроме того, фактические нагрузки не должны вызывать перекосов и деформаций, нарушающих качество сопряжений деталей, а также повышения температуры испытываемой сборочной единицы, приводящего к ухудшению свойств смазочных материалов.

При стендовых испытаниях элементов фрикционных сборочных единиц воспроизводится суммарная работа трения, которая имеет место при работе автотранспортного средства в условиях эксплуатации и определяется статистическими методами по результатам эксплуатационных испытаний.

Для фрикционных элементов обязательно ограничивается работа трения - удельные работа и мощность трения не должны превышать предельных значений. Кроме того, интервал времени между циклами должен быть достаточным для обеспечения охлаждения поверхностей трения.

Ускорения ресурсных испытаний трансмиссий автотранспортных средств можно достичь главным образом на стендах с замкнутым силовым контуром, так как на них легче воспроизводится необходимое увеличение всех режимов.

Наиболее простая схема стенда ускоренных испытаний показана на рис.3.9.

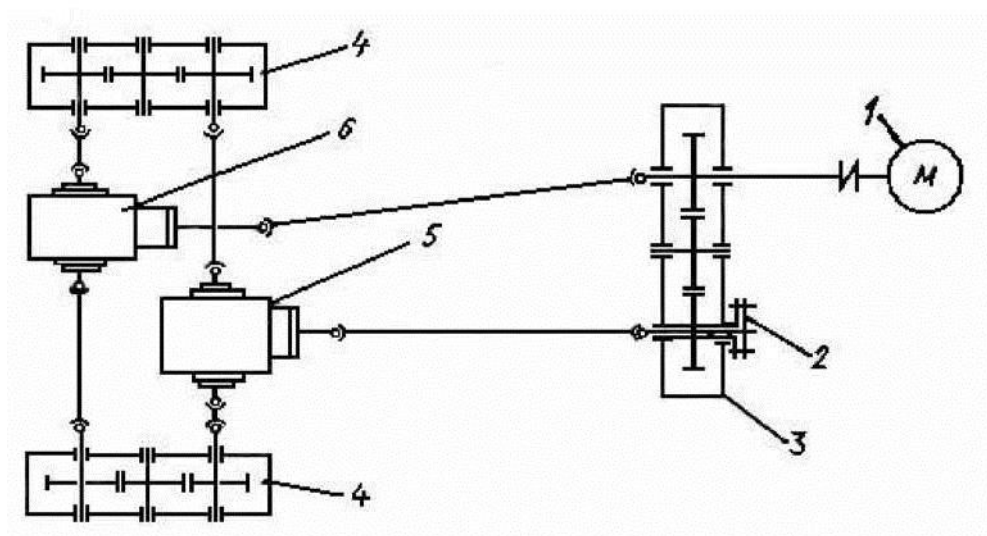


Рис. 3.9. Схема стенда с замкнутым контуром мощности

На стенде устанавливаются две трансмиссии 5 и 6 с раздаточным редуктором 3, двумя боковыми редукторами 4 и карданными валами, образующими замкнутый контур, который нагружается статическим крутящим моментом за счёт предварительного закручивания упругих элементов стенда и трансмиссий с помощью механизма нагружения 2. Вращение от приводного двигателя 1 передается через редуктор 3 к испытываемым трансмиссиям. При этом мощность двигателя затрачивается только на преодоление сил трения в контуре, а эффект ускорения испытаний по времени достигается предварительным нагружением контура крутящим

моментом, превышающим эксплуатационный. Значение крутящего момента, нагружающего контур, выбирается либо по мощности двигателя испытываемой машины, либо из условий реализации крутящего момента по сцеплению её двигателя с опорной поверхностью.

Ускорение испытаний достигается также за счёт увеличения крутящего момента, передаваемого трансмиссией на каждой передаче. Этот стенд не позволяет воспроизводить в испытываемых трансмиссиях переменный крутящий момент.

В реальных условиях эксплуатации при установившемся режиме движения машины крутящий момент меняется как по частоте, так и по амплитуде, характерными для определённой модели автотранспортного средства и дорожного покрытия, по которому движется автотранспортное средство.

При разгоне машины момент в трансмиссии значительно превышает момент, передаваемый при установившемся движении.

Схема, приведенная на рис. 3.10, иллюстрирует дальнейшее развитие стенда, представленного на рис. 3.9.

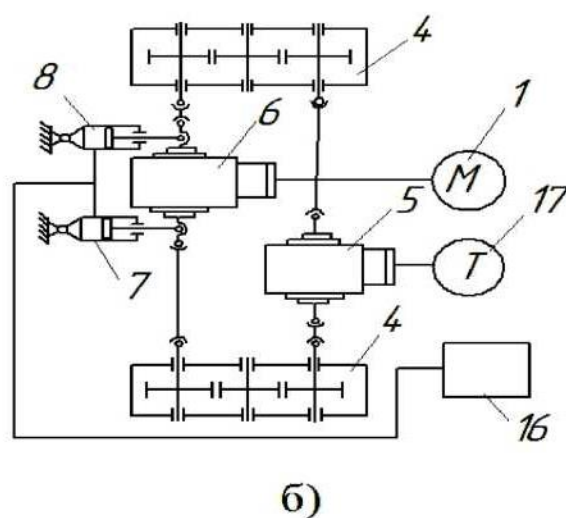
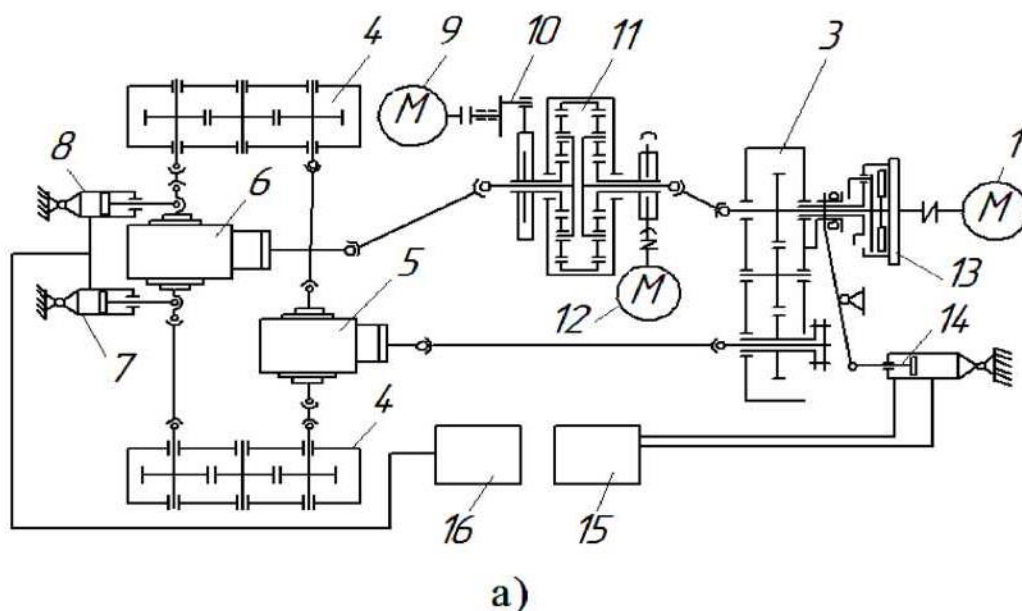


Рис. 3.10. Схемы стендов для ускоренных испытаний трансмиссий:
а) – с замкнутым контуром мощности и изменением крутящего момента; б) – с открытым контуром мощности

Такой стенд обеспечивает периодическое изменение крутящего момента в замкнутом контуре трансмиссии (см. рис. 3.10, а). Это достигается за счёт обеспечения различных углов закручивания валов с помощью планетарного нагружателя 11, расположенного между раздаточным редуктором 3 и испытываемыми трансмиссиями 5 и 6. Двигатель 9 нагружателя приводит в движение кривошипношатунный механизм 10 с переменным радиусом

кривошипа, воздействующий через зубчато-реечный механизм на солнечную шестерню планетарного нагружателя 11. Частота вращения двигателя 9 обуславливает частоту изменения момента в контуре, а радиус кривошипного механизма - амплитуду его колебаний. Загрузка замкнутого контура статическим крутящим моментом осуществляется нагружателем 11 при вращении электродвигателя 12. Особенность стенда состоит также в том, что на нём обеспечивается пульсация изгибающих нагрузок на полуосях и корпусных деталях трансмиссии с помощью гидропульсаторов 7 и 8, управляемых механизмом 16. На таком стенде обеспечиваются также периодически повторяющиеся пускоостановочные режимы работы испытываемых трансмиссий путём последовательного включения и выключения фрикционной муфты 13 при помощи механизмов 14 и 15. Этот режим работы стенда обеспечивает повышенную загрузку элементов трансмиссии.

Наряду со стендами с замкнутым силовым контуром для ускоренных ресурсных испытаний используются также стенды с открытым контуром или с рекуперацией мощности. Такие стенды проще по конструкции, потребляют меньше энергии, занимают меньшие площади и поэтому достаточно распространены в практике испытаний. В качестве примера такой установки на рис. 3.10, б приведена схема стенда с открытым нагружающим контуром для испытаний трансмиссионных редукторных механизмов. Здесь в качестве приводного устройства используется электродвигатель 1 постоянного тока, а нагружение всего контура осуществляется электротормозом 17.

Отдельные зубчатые передачи в коробках перемены передач, в раздаточных коробках, в коробках отбора мощности и в бортовых передачах испытываются в ускоренном режиме, как правило, в тех же картерах, в которых они изначально собраны и работают на машине, в целях воспроизведения реальных условий их работы (режима смазывания, идентичности жёсткости валов, опор и корпусных деталей, температурного режима и др.). Если же целью испытаний является оценка влияния на

долговечность зубчатых передач, их конструктивных особенностей или технологии изготовления (геометрии зацепления зубчатых колёс, материала, из которого они изготовлены, вида термообработки, чистоты поверхности и др.), то при прочих равных условиях испытаний их целесообразнее проводить в специальных универсальных корпусах. Такие стендовые установки меньше по габаритам, дешевле в изготовлении и эксплуатации, потребляют меньше энергии, но менее точны, так как не воспроизводят полностью реальные нагрузки.

В тоже время обязательно следует учитывать, что исследование различных характеристик, в том числе прочностных свойств и долговечности, отдельных деталей и простейших узлов позволяет существенно уменьшить стоимость испытаний агрегатов и систем в целом, изготовить больше опытных образцов и изучить развитие повреждений при однотипных режимах, так как в этом случае эксплуатационную нагруженность отдельной детали или отдельного элемента всегда можно воспроизвести проще и более точно, чем при стендовых испытаниях агрегата.

Это очень важно, так как такая методика позволяет заранее определить слабое звено, модернизировать его и решать многие вопросы повышения технического уровня агрегатов, систем и полнокомплектных автотранспортных средств.

3.5.1. Испытания сцеплений автотранспортных средств

К основным параметрам и размерам сцепления в соответствии с ГОСТ Р 53409-2009 относят:

- 1) максимальный крутящий момент, передаваемый сцеплением;
- 2) ход выключения сцепления;
- 3) усилие выжима сцепления при указанном в конструкторских документах (КД) ходе концов рычагов (упорного кольца, пяты, концов лепестков);
- 4) монтажный размер (расстояние от поверхности трения маховика до

опорной поверхности муфты выключения сцепления, с которой контактирует вилка выключения сцепления).

К основным параметрам и размерам отдельных составляющих (ведущие диски, ведомые диски, муфты выключения, тросы приводов, гидроцилиндры приводов), входящих в комплекты сцеплений, относят:

1) для нажимного диска с кожухом в сборе:

- дисбаланс;
- усилие выжима сцепления при указанном в КД ходе концов рычагов (упорного кольца, пяты, концов лепестков);
- торцовое биение концов рычагов (упорного кольца, пяты, концов лепестков);
- расстояние от концов рычагов (упорного кольца, пяты, концов лепестков) до поверхности трения маховика;
- перемещение нажимного диска при выключении сцепления;

2) для среднего ведущего диска двухдискового сцепления:

- дисбаланс;
- погрешность величины перемещения диска к положению равновесия после прижатия диска к опорной поверхности;

3) для ведомого диска сцепления:

- дисбаланс;
- торцовое биение диска;
- расстояние от головок заклепок до поверхностей трения накладок;
- момент трения демпфера сцепления;
- максимальное относительное угловое перемещение ведущего и ведомого звеньев демпфера сцепления;
- момент замыкания демпфера сцепления;
- толщина ведомого диска по накладкам при включенном сцеплении;
- наружный диаметр накладки;
- внутренний диаметр накладки;

1) для троса привода - перемещение троса в оболочке;

2) для гидроцилиндров привода - перемещение поршня главного и рабочего цилиндров в осевом направлении.

Параметры определяют следующим образом:

1) контроль линейных размеров осуществляют средствами линейных измерений;

2) торцовое биение ведущего (нажимного), ведомого дисков и муфты выключения сцепления определяют при установке в центрах на специальных приспособлениях;

3) для определения дисбаланса объекта испытаний (ведущего диска с кожухом в сборе, среднего ведущего и ведомого дисков сцепления) осуществляют его балансировку на специальном стенде или приспособлении;

4) крутящий момент, передаваемый сцеплением, момент замыкания и момент трения демпфера сцепления определяют на крутильной машине;

5) момент замыкания демпфера сцепления определяют с помощью регистрируемой при испытаниях диаграммы «крутящий момент - угловое перемещение», и он соответствует крутящему моменту, при котором рост углового перемещения резко уменьшается;

6) момент трения демпфера сцепления определяют с помощью регистрируемой при испытаниях диаграммы «крутящий момент - угловое перемещение» как полуразность моментов для ветвей нагружения и разгружения при угле закручивания, соответствующем максимальному ее значению;

7) усилие выжима сцепления и ход выключения сцепления, перемещение нажимного и среднего дисков определяют на стенде «растяжение-сжатие»;

8) погрешность перемещения нажимного диска при установленном перемещении концов рычагов (упорного кольца, пяты, лепестков) измеряют в трех точках, расположенных по наибольшей окружности нажимного диска через 120° ;

9) шероховатость поверхности скольжения муфты выключения сцепления определяют с помощью профилометра;

10) плавность перемещения муфты выключения сцепления в осевом направлении, плавность относительного углового перемещения элементов муфты выключения сцепления, перемещений троса в оболочке, поршней главного и рабочего цилиндров привода выключения сцепления определяют при зафиксированном положении соответствующего контртела.

3.5.2. Испытания коробок передач автотранспортных средств

Испытания механических коробок передач осуществляются на специальных стендах и включают: определение статической прочности (по нагрузкам, разрушающим наиболее слабое звено), установление величины и положения пятен контактов зубьев шестерён всех передач под нагрузкой, построение температурной характеристики (по времени непрерывной работы в режиме максимальной мощности двигателя), оценку уровня вибрации и шума, качества работы синхронизаторов и механизма управления, коэффициента полезного действия (КПД).

При испытаниях надёжности коробок передач определяют долговечность шестерён (по изгибной и контактной усталости зубьев), подшипников качения (по контактной усталости и износу), подшипников скольжения, муфт переключения передач (синхронизаторов, торцевых поверхностей зубьев шестерён), сальников, картера коробки передач. Исследуется влияние различных конструктивных и технологических факторов на работу коробки передач и её механизмов.

При испытаниях автоматических коробок передач дополнительно исследуются: зависимость момента переключения от скорости движения автотранспортного средства и нагрузки на ведомом валу, характеристики управляющих систем, моменты трения в тормозах и фрикционах коробки.

Стенды, применяемые для испытаний коробок передач, должны создавать требуемые нагрузочные и скоростные режимы, дозировать и контролировать их во всём рабочем интервале, а также обеспечивать регулировки температурных условий работы агрегатов. Для таких испытаний

используются стенды разомкнутого типа (с прямым потоком мощности), в которых нагружение осуществляется тормозными устройствами (рис. 3.11, а), а также стенды замкнутого типа (с замкнутым потоком мощности) с нагружением внутренними силами, возникающими в результате предварительного и принудительного закручивания валов кинематического контура (рис. 3.11, б).

На стендах первого типа как правило проводятся кратковременные испытания, а стенды второго типа, как более экономичные, используются для длительных испытаний.

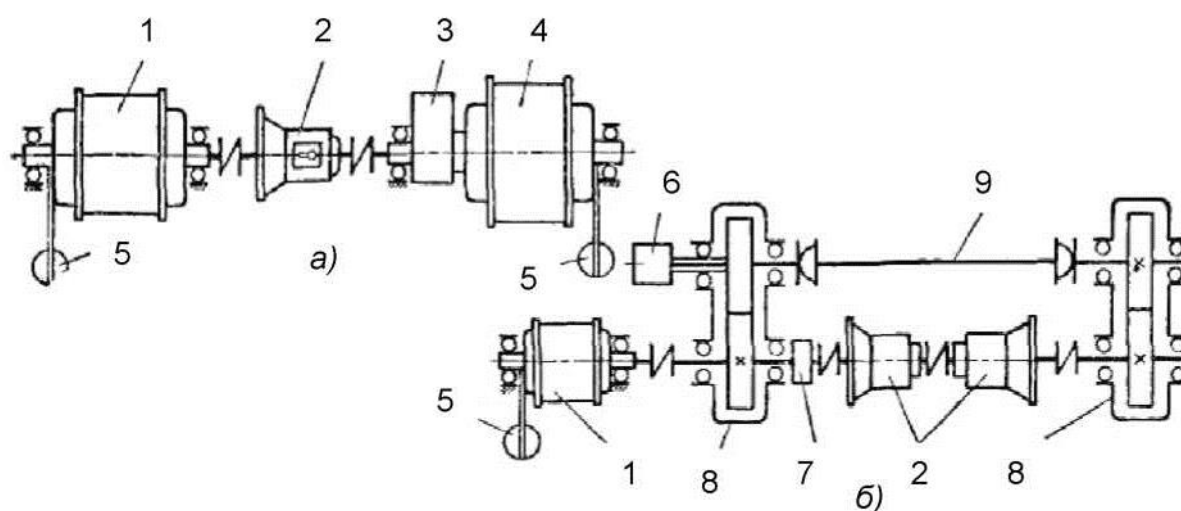


Рис. 3.11. Схемы стендов для определения КПД коробки передач:

а – разомкнутого типа; б – замкнутого типа; 1 – электродвигатель; 2 – коробка передач; 3, 8 – редуктор; 4 – электротормоз; 5 – динамометр; 6 – гидроцилиндр; 7 – преобразователь; 9 – карданный вал

3.6. Испытания рам, кузовов и кабин автотранспортных средств

Эти испытания проводятся на стендах статического и динамического нагружения отдельно от шасси или совместно в различной комплектации. Программы и методики этих испытаний, как правило, определяются заводом-изготовителем, либо научно-исследовательской организацией, проводящей эксперименты. Цель статических испытаний - проверка прочности и жёсткости при действии нагрузок, вызывающих изгиб и кручение несущих

систем. При этом выявляются ослабленные и перегруженные элементы и соединения, оцениваются деформации конструкций под действием устанавливаемых агрегатов и грузов, а также от различных видов внешнего нагружения.

При этих испытаниях преимущественно реализуются два вида нагружения:

- изгиб в вертикальном направлении под действием сил и реакций, приложенных в местах реального воздействия (опоры рессор, двигателя, кабины, кузова и других агрегатов) с перегрузкой (например, для легковых автотранспортных средств в - 2 раза, для грузовых автотранспортных средств - в 3 раза);

- закручивание моментом, соответствующим предельному перекоосу в реальных условиях эксплуатации при преодолении экстремальных препятствий.

Напряжения в любом сечении элементов конструкции при этих испытаниях не должны превышать предела текучести материала, а любые деформации в сечениях - допустимых величин для сохранения зазоров между элементами конструкций в дверных и оконных проёмах, в сочленениях с различными панелями, не нарушать иных показателей форм и допусков на геометрические размеры, предусмотренные конструкторско-технологической документацией на изготовление и сборку кузовных сборочных единиц.

Важной задачей стендовых испытаний является изучение напряженного состояния всех элементов несущей системы под нагрузкой.

Статические стендовые испытания применяются во многих программах экспериментальных исследований, например, при тензометрировании рам или кузовов во многих точках. Результаты этих испытаний служат основанием существенного сокращения объёмов измерений в последующих динамических испытаниях. Эффективным в этом плане следует считать и информативный метод хрупких лаков-расплавов, который используется перед тензометрическими измерениями. Статические стендовые испытания

используются и при оценке пассивной безопасности различных автотранспортных средств, например, вертикальное нагружение кабины грузового автотранспортного средства, соответствующее двойному весу снаряжённого автотранспортного средства служит нормативом стойкости при опрокидывании.

Стендовые испытания с динамическими нагружениями выполняются по тем же схемам установки несущих систем, кабин и кузовов, что и при статических испытаниях. На современных стендах с гидропульсаторами динамическое нагружение регулируется в широких пределах изменения амплитуд и диапазонов частот, причём одновременно на изгиб и кручение, что приближает условия испытаний на стендах к условиям работы в реальной эксплуатации. Применяется также динамическое локальное нагружение на отдельных участках конструкции с помощью различных вибраторов направленного действия для оценки прочности отдельных деталей и сочленений, определения частот собственных колебаний крупных элементов (например, панелей капота, багажника, крыши, дверей), выявления зон и форм опасных резонансных колебаний для выработки мероприятий по их уменьшению или полному устранению.

На стендах с динамическим нагружением прежде всего оценивается долговечность конструкции в целом (в сборе рам, кузовов, кабин), их сборочных единиц (например, лонжеронов с траверсами и кронштейнами, отдельных панелей в сборе) и отдельных узлов (например, петель и замков дверей, держателей, подъёмников и очистителей стёкол, буксирных устройств и др.).

Динамические стендовые испытания кузовов и кабин являются обязательным атрибутом оценки прочностных свойств этих конструкций и, в тоже время, эффективным способом оценки многих параметров пассивной безопасности автотранспортного средства в целом. При этом имитируются условия опрокидывания, фронтального или бокового столкновения, наезды сзади, наезды с заданной скоростью на массивное препятствие под

различными углами (стенды-катапульты), удары в различные места конструкции (копровые стенды). Например, удар спереди по верхнему углу кабины имитирует падение автотранспортного средства с откоса, а прямой удар по задней стенке имитирует воздействие незакреплённого груза при резкой остановке. Схожими методами, но с определённой спецификой, испытываются разные съёмные элементы кузовов и кабин (например, капот, крышка багажника, двери и др.).

Современные методики краш-тестов строго регламентированы и применяются различными организациями в соответствии с действующими международными требованиями и стандартами.

3.7. Испытания подвесок автотранспортных средств

Испытания подвесок проводятся в соответствии с действующими нормативными документами и включают определение характеристик упругости при вертикальных и поперечно-угловых деформациях, демпфирующих свойств и кинематики. Испытания подвесок в целом, а также отдельных их элементов и деталей проводятся с целью оценки их надёжности (в основном безотказности, долговечности и ремонтпригодности).

Исследования упругости подвески с торсионами, листовыми рессорами и пружинами ограничиваются статической тарировкой. Пневматические и гидропневматические подвески испытываются на специальных стендах как при квазистатическом (медленном) сжатии при разных начальных давлениях упругой среды, так и в режиме динамического нагружения по гармоническому закону с различными амплитудами и частотами.

Амортизаторы испытываются на стендах для определения зависимости развиваемой силы сопротивления от скорости перемещения поршня (в зависимости от параметров неподрессоренных частей). При контрольных и приёмочных испытаниях амортизаторов определяются герметичность, а также шумность и плавность их работы. Кроме того, проверяется стабильность рабочей диаграммы и оценивается зависимость поглощаемой

энергии за цикл сжатия и отбоя от температуры заполняющей рабочей жидкости.

Стендовые испытания на долговечность проводятся поэлементно для упругих элементов, деталей направляющих устройств и для амортизаторов при динамических нагрузениях по соответствующим программам. Испытываются также комплекты сопряжённых узлов (например, листовые рессоры совместно с шарнирами и кронштейнами крепления к раме). В последнее время получают распространение стендовые испытания подвесок с одновременным нагружением на сжатие, изгиб и кручение при циклическом воздействии.

3.7.1. Испытания амортизаторов автотранспортных средств

Для проведения испытаний амортизаторов применяют стенды, обеспечивающие прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня или рабочего цилиндра по закону колебаний, близкому к синусоидальному (рис. 3.12). Стенды должны обеспечивать возможность регулировки амплитуды и частоты колебаний поршня или цилиндра амортизатора.

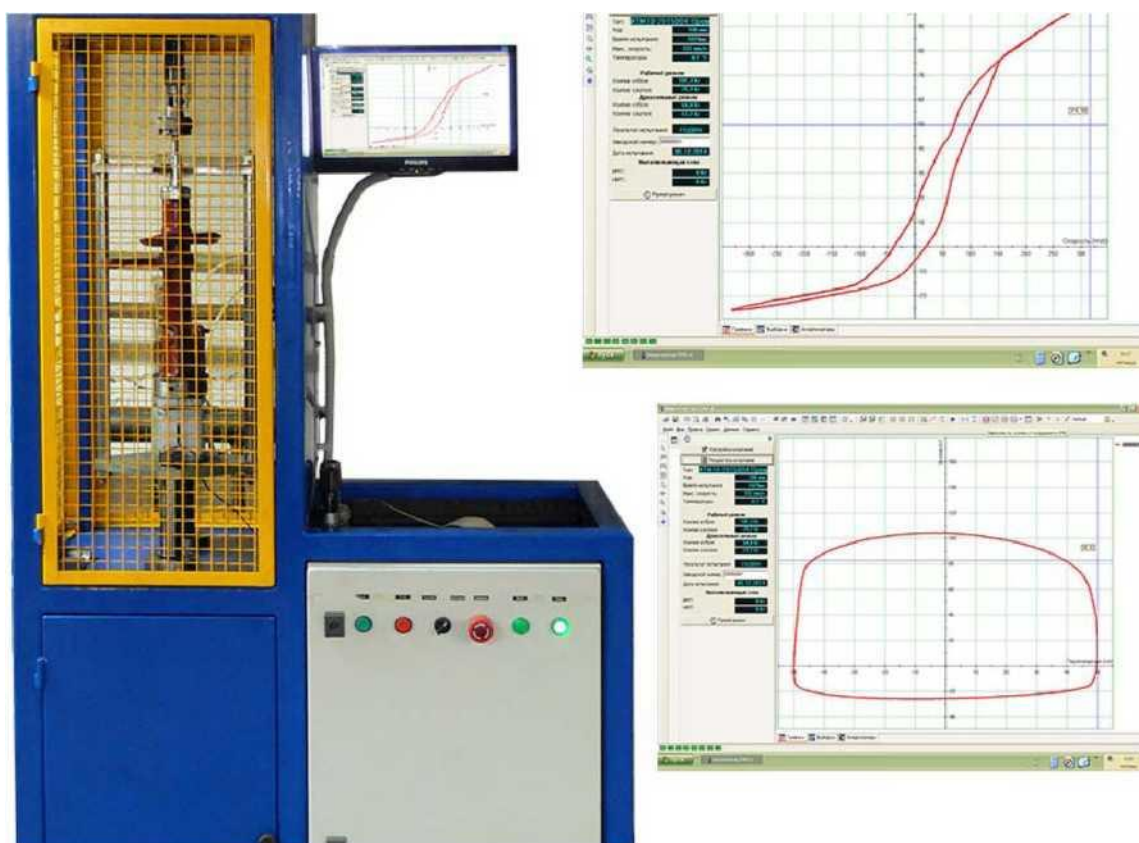


Рис. 3.12. Стенд для испытания амортизаторов

Стенды должны быть оснащены аппаратурой для записи рабочих диаграмм амортизаторов.

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.

Точность стендов должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 53816-2010.

Амортизаторы испытываются в вертикальном положении (кроме испытаний на герметичность, которые выполняются при горизонтальном положении амортизатора с полностью вдвинутым штоком). Шток

амортизатора должен находиться в положении, близком к среднему. При испытаниях амортизаторы устанавливаются на стенд с применением резиновых деталей, используемых на соответствующих автотранспортных средствах.

Амортизаторы должны соответствовать требованиям, изложенным в ГОСТ Р 53816-2010 и в конструкторской документации, утверждённой в установленном порядке. Амортизаторы должны работать без стуков, скрипов и заеданий на всей длине полного хода поршня при любом относительном повороте подвижных деталей. Уровень шума амортизаторов при работе не должен превышать значений, указанных в ГОСТе. Рабочие диаграммы амортизаторов (рис. 3.13-3.17), полученные при испытаниях, и долговечность амортизаторов должны соответствовать значениям, приведённым в ГОСТе и конструкторской документации.

Из графика, приведённого на рис. 3.13, определяют:

- максимальные значения сил сопротивления хода сжатия и отбоя при среднем положении поршня амортизатора;
- силы механического трения;
- выталкивающую силу газа газонаполненных амортизаторов.

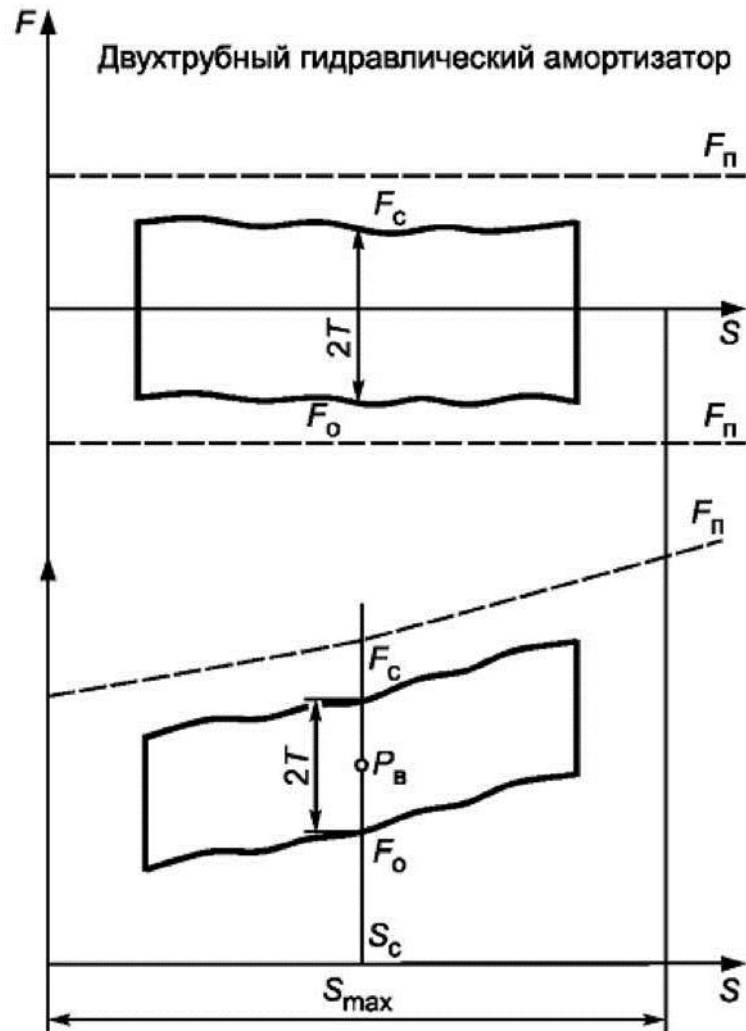


Рис. 3.13. Статические характеристики амортизаторов:

S – ход штока; F – сила; F_c – сила сопротивления ходу сжатия; F_o – сила сопротивления ходу отбоя; T – сила механического трения; P_v – выталкивающая сила газа газонаполненных амортизаторов; F_{Π} – предельное значение сил сопротивления

По характеристикам, приведённым на рис. 3.14 и 3.15, определяют максимальные сопротивления ходов отбоя и сжатия, а также энергию (работу), поглощаемую амортизатором в течение полного цикла или отдельно энергию ходов отбоя и сжатия. Энергия представляет собой площадь рабочей диаграммы (или её части).

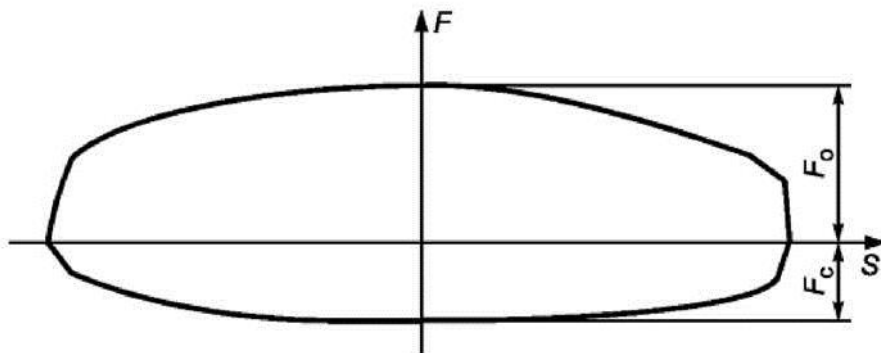


Рис. 3.14. Рабочая диаграмма испытаний амортизатора с открывающимися клапанами отбоя и сжатия: S — ход штока; F — сила; F_c — сила сопротивления ходу сжатия; F_0 — сила сопротивления ходу отбоя

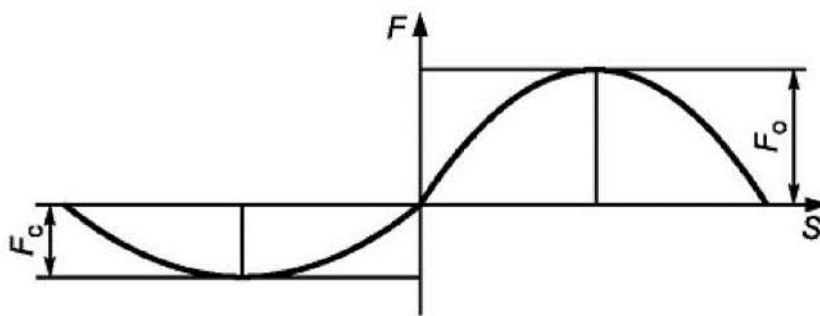


Рис. 3.15. Рабочая диаграмма испытаний амортизатора с закрытыми клапанами отбоя и сжатия: S — ход штока; F — сила; F_c — сила сопротивления ходу сжатия; F_0 — сила сопротивления ходу отбоя

Характеристику амортизатора, являющуюся зависимостью сопротивления амортизатора от скорости перемещения поршня (рис. 3.16), строят по рабочим диаграммам, записанным на ходах поршня, и частотах, обеспечивающих максимальные скорости поршня в пределах от 0,08 до 1 м/с. В этом диапазоне должно быть записано не менее 10 рабочих диаграмм при температурах, указанных в ГОСТе. По записанным рабочим диаграммам определяют максимальные сопротивления отбоя и сжатия, а по величинам хода и частотам колебаний поршня — максимальные его скорости. По этим данным строят характеристику зависимости сопротивления амортизатора от скорости перемещения поршня.

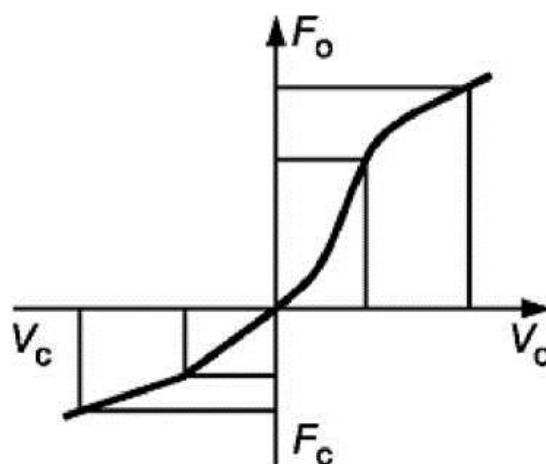


Рис. 3.16. Зависимость сопротивления амортизатора от скорости перемещения поршня: F_C – сила сопротивления ходу сжатия; F_O – сила сопротивления ходу отбоя; V_C – скорость перемещения поршня

Температурную характеристику амортизатора (зависимость сопротивления амортизатора от температуры) строят по рабочим диаграммам испытаний амортизатора с открывающимися клапанами отбоя и сжатия при температурах, приведённых на рис. 3.17. Амортизатор перед началом испытаний охлаждают до температуры -60°C , а затем работой на стенде постепенно доводят температуру до указанных значений и записывают рабочие диаграммы при постоянной максимальной скорости. Место замера температуры приводится в конструкторской документации. По полученным максимальным сопротивлениям отбоя и сжатия строят температурную характеристику.

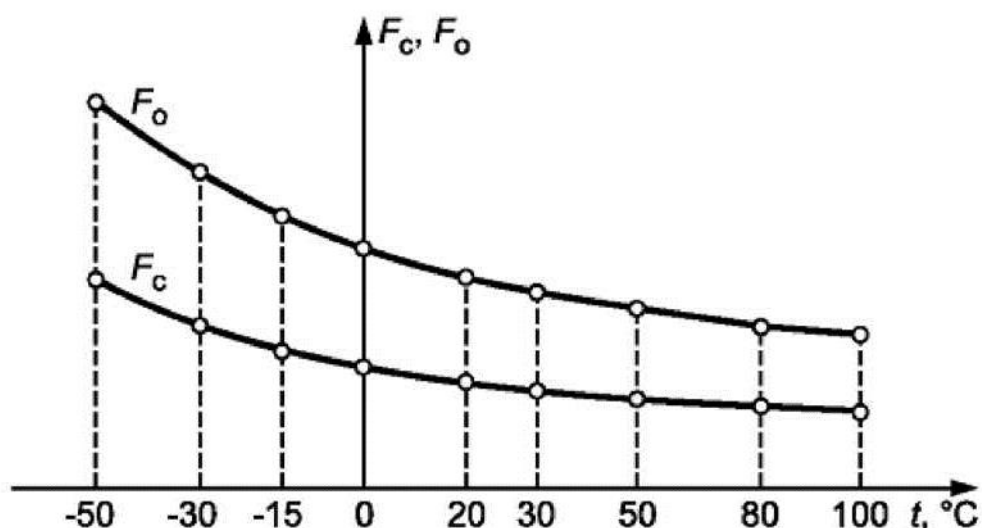


Рис. 3.17. Температурная характеристика амортизатора:

F_c – сила сопротивления ходу сжатия; F_o – сила сопротивления ходу отбоя; t – температура амортизатора

3.8. Испытания шин автотранспортных средств

Работа шин в значительной степени определяется их упругими характеристиками, в частности, коэффициентами нормальной, боковой, крутильной и угловой жёсткостей, представляющих собой отношение соответственно нормального и бокового усилий, а также крутящего и поворачивающего моментов в месте контакта шин с дорогой к вызываемым ими деформациями шин в соответствующих направлениях.

Испытания шин на стендах проводятся для определения геометрических параметров (радиусов: свободного, статического, динамического и качения, площади контакта с опорной поверхностью по выступам рисунка протектора, по контуру отпечатка), силовых параметров (характеристик упругости и демпфирования при нагружении нормальной, боковой и окружной силами, характеристик бокового увода, сцепных свойств, долговечности по износу протектора и расслоению каркаса), а также характеристик, определяющих взаимодействие шин с опорной поверхностью.

Перед испытаниями шины взвешиваются, обмеряются, включая глубину

протектора, и тщательно балансируются.

Характеристики упругости и демпфирования определяются на стендах в режимах квазистатического и динамического нагружения. В последнем случае испытания проводятся при возбуждении и регистрации свободных колебаний опирающейся на шину массы на невращающемся колесе или при вынужденных колебаниях массы на катящемся колесе. Искомые характеристики получаются после обработки зарегистрированных колебаний диссипативной системы, эквивалентной стендовой установке, с учётом заранее известных её параметров.

Силовые показатели взаимодействия колеса с опорной поверхностью определяются на стендах как в ведущем, так и тормозном режимах, включая буксование и полное скольжение. Преобладающими при стендовых испытаниях шин являются режимы качения по внешним поверхностям вращающихся опорных барабанов или перемещающихся опорных поверхностей ленточного типа. В большинстве случаев такие испытания шин проводятся на шинообкатных станках, на которых замеряются все необходимые параметры и характеристики и, кроме того, значительно ускоряются наступления предельных состояний.

Испытания шин на долговечность, включая долговечность каркаса и износостойкость протектора, проводятся на универсальных шинообкатных станках, на которых в процессе обкатки по барабану со стальной рифлёной поверхностью на шину действует постепенно увеличивающийся по заданной программе переменный крутящий момент.

Исследуются на стендах также температурные состояния, эпюры давлений, снос реакций и другие показатели рабочих процессов шин.

Характеристики сопротивления качению колеса с шиной при различных вертикальных нагрузках определяются на специальных стендах с вращающимся в горизонтальной плоскости диском.

3.9. Испытания колёс автотранспортных средств

Колёса и ступицы испытываются в стендовых условиях, когда необходимо оценить их прочность под действием статических и динамических вертикальных и боковых сил. Тангенциальные нагрузки и крутящие моменты, как правило, не учитываются, так как их влияние на прочность обода и диска колеса незначительны. Поэтому окружная сила как правило не прикладывается.

На стендах для испытаний колёс обод колеса с шиной, находящейся под давлением, устанавливается неподвижно и подвергается нагружению. При этом часто применяется метод хрупких лаков-расплавов, позволяющий выявлять наиболее нагруженные участки, что в последующем определяет места наклейки тензорезисторов для количественной оценки прочностных качеств колёс. Лаки наносятся на поверхность колёс и при испытаниях трескаются. По величине и густоте трещин определяются наиболее нагруженные участки, куда в последующем клеятся тензодатчики (трещины всегда располагаются поперёк растягивающих - сжимающих деформаций).

На таких стендах испытываются колёса и на усталостную прочность. Нагрузки при этом носят знакопеременный циклический характер.

Шины в сборе с ободьями испытываются на прочность в бронева камере. Постепенным повышением давления шина или обод доводятся до разрушения. Для обеспечения безопасности испытаний и предотвращения взрыва вместо воздуха в шину нагнетается вода.

Испытания рулевых управлений регламентируются двумя нормативными документами: РД 37.001.005-86 и ОСТ 37.001.471-88. Согласно этим документам в процессе стендовых испытаний определяются передаточное отношение рулевого управления, равное сумме передаточных чисел рулевого механизма и рулевого привода, параметры стабилизации - углы развала и схождения колёс, продольные углы наклона шкворней, жёсткость привода, усилие на рулевом колесе, его свободный ход и КПД рулевого механизма. Кроме того, на стендах испытываются на надёжность рулевые механизмы,

насосы, гидроусилители, силовые цилиндры, а на износостойкость - шарниры тяг и рычагов.

При стендовых испытаниях рулевых механизмов внешняя нагрузка прикладывается к сошке и к рулевому валу при его возвратно-вращательном движении. Режимы переменного нагружения устанавливаются по моменту, равному 50 % его значения для поворота управляемых колёс на месте и по частоте примерно 3 об/с. Помимо этого определяются разные характеристики рулевых приводов - силовое (зависимость момента на валу сошки от момента на рулевом колесе) и угловое (зависимость давления в гидроусилителе от угла поворота рулевого колеса) передаточные числа, износ деталей, максимальное усилие на рулевом колесе, герметичность гидравлического привода. Все эти параметры определяются на специальных или универсальных стационарных стендах. Определённую специфику имеют испытания рулевых управлений с электроусилителями.

Передаточное число рулевого механизма определяется по отношению угла поворота рулевого колеса к углу поворота вала сошки. Общее передаточное число рулевого управления (отношение угла поворота рулевого колеса к углу поворота управляемых колёс) определяется на специальных оптических стендах, оборудованных электронными угломерами.

Измерение углов установки управляемых колёс и шкворней выполняется на статических и динамических специализированных установках. К статическим относятся стенды, на которых не требуется вращения колёс. Эти стенды не обладают высокой точностью, но просты по конструкции и удобны в эксплуатации. Динамические устройства применяются для точной проверки и регулировки углов установки управляемых колёс и шкворней, причём обеспечивают точное выполнение всех работ с минимальными затратами времени.

Важное значение с точки зрения кинематики рулевого управления, возникновения колебаний, износа шин и устойчивости движения имеет жёсткость рулевого привода. Поэтому испытания по оценке жёсткости

рулевого привода выполняются при различных усилиях на рулевом колесе вплоть до максимального значения, которое соответствует повороту колёс на неподвижной машине (иногда при повороте колёс, находящихся в глубокой колее). В этих испытаниях определяется деформация каждого элемента рулевого привода с помощью специальных индикаторов, а усилие на рулевом колесе - с помощью самопишущих динамометрических устройств.

3.10. Испытания тормозных систем

Испытания тормозных систем различных автотранспортных средств регламентированы «Правилами № 13. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении торможения. E/ECE/505/5/TRANS, 1973 г.».

В стендовых испытаниях определяются суммарная тормозная сила, тормозные силы на каждом колесе, усилие на тормозной педали, время срабатывания тормозного привода, надёжность тормозных систем, износ тормозных накладок, характеристики колёсных тормозов в различных температурных условиях, герметичность гидро- и пневмоприводов, параметры стояночных тормозов.

Поэлементно в тормозных системах с гидравлическим приводом определяются параметры и характеристики главного тормозного цилиндра, колёсных тормозных цилиндров, регуляторов давления, трубопроводов и шлангов, а в тормозах с пневматическим приводом - в основном тормозных кранов, пневмокамер, регуляторов давления, клапанных механизмов, ресиверов, компрессоров и трубопроводов.

По отдельным программам и методикам испытываются тормозные приводы с антиблокировочными системами (АБС). Эти испытания регламентированы «Приложением к правилам № 13. Предписания, касающиеся испытаний тормозных систем, оборудованных различными антиблокировочными устройствами. TRANS/Sc1/P/29/CRF/3». Оценка влияния АБС на тормозную эффективность автотранспортных средств

осуществляется определением различных параметров процесса торможения с учётом коэффициента использования сил сцепления.

Эффективность действия тормозных систем определяется на стендах, которые по конструктивному исполнению можно разделить на три группы: роликовые, с инерционными массами и платформенные.

По характеру воздействий стенды разделяются на статические и динамические, а по способу передачи тормозного момента - на стенды с использованием сил сцепления и передачей тормозного момента через опорную поверхность колёс и на стенды без использования сил сцепления колеса и с передачей тормозного момента непосредственно через ступицу колеса.

Наибольшее распространение в настоящее время получили роликовые стенды с использованием сил сцепления, как наиболее простые и удобные в испытаниях. Следует отметить, что при малой частоте вращения роликов тормозные силы на этих стендах воспроизводятся с несколько большими значениями, чем в дорожных условиях при реальных скоростях движения. Увеличение частоты вращения колеса автотранспортного средства на стенде влечёт увеличение мощности, затрачиваемой на привод, что, в свою очередь, влияет на измеряемые параметры и стоимость стендовых испытаний. Поэтому для реализации реальных тормозных сил на стендах не используются скорости ниже 10 км/ч (для легковых автотранспортных средств) и - 5 км/ч (для грузовых автотранспортных средств).

Как правило роликовые стенды включают опорно-приводное и измерительное устройства. Опорно-приводное устройство состоит из рамы, нескольких пар роликов, на которые устанавливаются колёса осей автотранспортного средства и приводных электродвигателей, вращающих ролики. Для реализации полного тормозного момента при помощи сил сцепления ролики соединяются цепью, а их поверхность делается рифлёной или покрытой фрикционным материалом. Для этой же цели диаметр роликов выполняется небольшим, а вот расстояние между роликами как правило

увеличивается и регулируется таким образом, чтобы обеспечивалось хорошее сцепление и не было возможности самопроизвольного выезда автотранспортного средства при измерении максимального тормозного момента. Один из каждой пары роликов соединён через редуктор с приводным балансирно подвешенным электродвигателем. Статор этого электродвигателя при помощи рычага соединяется с датчиком измерительного устройства.

Методика испытаний предусматривает запись всех параметров процесса торможения, их автоматический анализ и выработку рекомендаций по устранению выявленных недостатков.

Инерционные тормозные стенды по принципу действия делятся на барабанные и платформенные. Барабанные стенды предназначены для общих и поэлементных испытаний тормозных систем. Как правило, эти стенды оборудуются измерительным комплексом, позволяющим определять все необходимые параметры и характеристики тормозных систем автотранспортных средств.

Барабанные стенды аналогичны роликовым, но опорно-приводное устройство у них может иметь привод от ведущих колёс автотранспортного средства. Маховые массы инерционных стендов объединяют массы беговых барабанов и присоединяемых к ним маховиков. Величины маховых масс определяются из условия равенства кинетической энергии, поглощаемой тормозами автотранспортного средства на полноопорном стенде, и кинетической энергии поступательно и вращательно движущихся масс автотранспортного средства на дороге.

После установки автотранспортного средства на инерционный стенд окружная скорость колёс доводится до имитации движения со скоростью около 70 км/ч и затем резко тормозится. Одновременно разобщаются все каретки стенда путём выключения электромагнитных муфт. Заданная сила нажатия на тормозную педаль обеспечивается автоматическим устройством в соответствии с заложенной программой.

Тормозной путь определяется по числу оборотов барабанов стенда, фиксируемому счётчиком, а замедление - угловым деселерометром. На инерционном стенде возможно и прямое измерение тормозного момента по величине реактивного крутящего момента между маховиком и барабаном.

Платформенные стенды как правило применяются для экспресс-тестирования тормозных систем легковых и грузовых автотранспортных средств. Они имеют четыре подвижных платформы, на которые въезжает колёсами автотранспортное средство со скоростью около 10 км/ч и останавливается при резком торможении. Под влиянием возникающих при этом сил инерции и сил трения между шинами и поверхностью площадок происходит перемещение платформ. Величина перемещения каждой платформы воспринимается специальными датчиками, фиксируется и записывается аппаратурой стенда (как правило с помощью компьютерных технологий).

3.10.1. Испытания тормозных механизмов автотранспортных средств

Тормозные механизмы подвергают испытаниям по определению эффективности работы и, по оценке прочности. Сменные тормозные накладки в сборе в зависимости от категории транспортных средств испытывают на эффективность торможения и по пределу прочности на сдвиг, на сжимаемость и на твёрдость. Тормозные диски и барабаны испытывают на эффективность торможения, на термическую усталость и при повышенной нагрузке.

Испытания проводят на инерционном динамометрическом стенде, оснащённом маховыми массами и аппаратурой для измерения (записи):

- тормозного момента (замедления);
- приводного усилия, действующего на тормозные колодки испытываемого тормозного механизма, или давления в гидравлическом или пневматическом приводе тормозного механизма;
- температуры тормозных накладок;
- частоты вращения тормозного диска (барабана), установленного на валу

маховых масс;

- числа полных оборотов тормозного диска (барабана) до полной остановки при каждом торможении.

Перед испытаниями проводят приработку рабочих поверхностей накладок тормозных колодок до тех пор, пока не будет обеспечен контакт не менее 80% рабочей поверхности каждой накладки с тормозным барабаном или не менее 90% рабочей поверхности каждой накладки с тормозным диском.

В процессе испытаний по проверке эффективности работы тормозных колодок вал с инерционными массами сначала разгоняют до заданной частоты вращения, а затем выполняют торможение при заданном приводном усилии (давлении в рабочем цилиндре тормозного механизма).

Характеристики эффективности тормозного механизма определяют как зависимости среднего тормозного момента и/или установившегося замедления от:

- тормозного усилия (давления) при заданной начальной скорости торможения;
- начальной скорости торможения при заданной приводной силе (давлении в приводе);
- температуры накладок.

Первый цикл испытаний по оценке прочности состоит из серий последовательно повторяющихся торможений, выполняемых с начальной скорости, указанной в соответствующей таблице ГОСТ Р 52847-2007, при давлении в тормозном приводе или приводном усилии, обеспечивающем установившееся замедление, указанное в той же таблице, при температуре накладок и диска (барабана) в начале торможения, не превышающей 100°C. Общее число торможений - не менее 500.

Второй цикл испытаний заключается в проведении серий следующих без перерыва торможений, которые начинают со скорости $0,8 V_{\max}$, но не более 120 км/ч, до конечной скорости $0,4 V_{\max}$ при давлении в приводе или приводном усилии, обеспечивающем среднее замедление от 3 до 5 м/с², до

стабилизации температуры накладок (выполняют не менее 25 торможений). После каждой серии испытаний тормозной механизм охлаждают до температуры окружающей среды. Общее число серий - не менее пяти.

Третий цикл прочностных испытаний проводят аналогично первому циклу.

После завершения испытаний проводят осмотр тормозного механизма и его деталей. На деталях, имеющих гарантированную прочность, не должно быть механических повреждений.

4. СЕРТИФИКАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Сертификация - определение и официальное подтверждение соответствия показателей эксплуатационных свойств и качества автотранспортного средства требованиям и нормативам международных и (или) национальных нормативно-технических документов с целью выдачи разрешения установленной формы на эксплуатацию автотранспортного средства в соответствующей стране.

Цель сертификации - подтверждение соответствия качественных характеристик автотранспортного средства или его запасных частей стандартам качества: соблюдение требований по безопасности, экологической чистоте, охране здоровья и имущества граждан от вредных воздействий, нанесения ущерба.

Сертификационные испытания - испытания автотранспортного средства или его компонентов, выполняемые уполномоченными организациями при их сертификации.

На территории РФ действует технический регламент Таможенного союза о безопасности колёсных транспортных средств ТР ТС 018/2011 (далее по тексту Технический регламент). Технический регламент устанавливает перечень требований к новым автотранспортным средствам, ввозимым или изготавливаемым на территории нашей страны. Технический регламент также устанавливает требования к автотранспортным средствам, находящимся в эксплуатации или подвергаемым процедуре переоборудования.

Разрешающий эксплуатацию документ на компонент автотранспортного средства носит название «Сертификат соответствия» и оформляется Органами по сертификации после прохождения сертификационных испытаний или этого компонента, или всего автотранспортного средства в целом.

Разрешающий эксплуатацию документ на новое автотранспортное средство серийного производства носит название «Одобрение типа

транспортного средства» (ОТТС) и оформляется Органами по сертификации после прохождения автотранспортным средством сертификационных испытаний.

«Тип транспортного средства (шасси, компонента)» - транспортные средства (шасси, компоненты) с общими конструктивными признаками, зафиксированными в техническом описании, изготовленные одним изготовителем.

Разрешающий эксплуатацию документ на единичное автотранспортное средство носит название «Свидетельство о безопасности конструкции» и оформляется Испытательными лабораториями после прохождения автотранспортным средством сертификационных испытаний.

В настоящее время на долю сертификационных испытаний приходится до 70% всего объема испытаний.

Объем сертификационных испытаний новых автотранспортных средств определяется исходя из установленного перечня технических требований к различным механическим транспортным средствам (табл. 4.1). Перечень технических требований включает в себя Правила ЕЭК ООН (Европейская экономическая комиссия Организации Объединённых Наций), Глобальные технические правила и пункты Приложения № 3 к Техническому регламенту.

Правила ЕЭК ООН представляют собой специально разработанные технические правила для гармонизации требований к автотранспортным средствам в европейских странах. Соответствие автотранспортных средств Правилам ЕЭК ООН подтверждается в странах, подписавших Женевское соглашение 1958 года о принятии единообразных условий официального утверждения предметов оборудования и частей механических транспортных средств. Республика Узбекистан также присоединилась к Женевскому соглашению в 1997 г.

Каждое Правило ЕЭК ООН включает в себя область применения, определения терминов, содержание, нормативы, методы испытаний и процедуры оформления.

Глобальные технические правила представляют собой дальнейший этап разработки единообразных технических требований к механическим транспортным средствам во всем мире. Структура их соответствует структуре Правил ЕЭК ООН.

Дополнительные проверки механических транспортных средств, на которые не разработаны Правила ЕЭК ООН, проводятся в соответствии с Приложением № 3 к Техническому регламенту (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Перечень требований, установленных в отношении типов выпускаемых в обращение транспортных средств

№ п/п	Элементы и свойства объектов технического регулирования, в отношении которых устанавливаются требования	Применяемость по категориям транспортных средств	Документы, соответствие которым обеспечивает выполнение требования
1.	Фары ближнего и дальнего света	M, N, L	Правила ЕЭК ООН № 1-02
2.	Световозвращатели	M, N, O, L	Правила ЕЭК ООН № 3-02
3.	Устройства для освещения заднего регистрационного знака	M, N, O	Правила ЕЭК ООН № 4-00
4.	Указатели поворота	M, N, O, L	Правила ЕЭК ООН № 6-01
5.	Габаритные огни, сигналы торможения	M, N, O, L	Правила ЕЭК ООН № 7-02
6.	Фары ближнего и дальнего света	M, N, L	Правила ЕЭК ООН № 8-05
7.	Внешний шум	L2, L4, L5, L6, L7	Правила ЕЭК ООН № 9-06
8.	Устойчивость к воздействию внешних источников электромагнитного излучения и электромагнитная совместимость	M, N, O, L	Правила ЕЭК ООН № 10-03
9.	Замки и петли дверей	M1, N1 M1, N1	Правила ЕЭК ООН № 11-02 Правила ЕЭК ООН № 11-03
10.	Травмобезопасность рулевого управления	M1, N1	Правила ЕЭК ООН № 12-03
11.	Эффективность тормозных систем	M1, N1 M2, M3, N, O	Правила ЕЭК ООН № 13Н-00 Правила ЕЭК ООН № 13-11
12.	Места крепления ремней безопасности	M, N, L6, L7	Правила ЕЭК ООН № 14-07
13.	Оснащение транспортных	M, N, L6, L7	Правила ЕЭК ООН №

№ п/п	Элементы и свойства объектов технического регулирования, в отношении которых устанавливаются требования	Применяемость по категориям транспортных средств	Документы, соответствие которым обеспечивает выполнение требования
	средств удерживающими системами		16-06
14.	Прочность сидений и их креплений	M1, M2, M3, N1, N2, N3	Правила ЕЭК ООН № 17-08
15.	Защита транспортного средства от несанкционированного использования	M, N, L6, L7 M2, M3, N2, N3, L6, L7	Правила ЕЭК ООН № 18-02 Правила ЕЭК ООН № 18-03
16.	Передние противотуманные фары	M, N, L3, L4, L5, L7	Правила ЕЭК ООН № 19-03
17.	Фары ближнего и дальнего света	M, N, L	Правила ЕЭК ООН № 20-03
18.	Травмобезопасность внутреннего оборудования	M1	Правила ЕЭК ООН № 21-01
19.	Фонари заднего хода	M, N, O	Правила ЕЭК ООН № 23-00
20.	Выбросы	L6, L7, M, N (с дизелями)	Правила ЕЭК ООН № 24-03
21.	Подголовники сидений	M1, M2 (технически допустимой максимальной массой до 3,5 т), N1	Правила ЕЭК ООН № 25-04
22.	Травмобезопасность наружных выступов	M1	Правила ЕЭК ООН № 26-03
23.	Оснащение звуковыми сигнальными приборами	M, N, L3, L4, L5, L6, L7	Правила ЕЭК ООН № 28-00
24.	Защитные свойства кабин	N	Правила ЕЭК ООН № 29-02
25.	Оснащение шинами	M, N, O, L6, L7	Правила ЕЭК ООН № 30-02
26.	Фары ближнего и дальнего света	M, N	Правила ЕЭК ООН № 31-02
27.	Пожарная безопасность	M, N, O	Правила ЕЭК ООН № 34-02
28.	Расположение педалей управления	M1	Правила ЕЭК ООН № 35-00
29.	Общие требования безопасности к транспортным средствам вместимостью более 22 пассажиров	M2, M3	Правила ЕЭК ООН № 36-03
30.	Задние противотуманные огни	M, N, O, L3, L4, L5, L7	Правила ЕЭК ООН № 38-00
31.	Механизмы измерения скорости	M, N, L3, L4, L5, L7	Правила ЕЭК ООН № 39-00
32.	Выбросы	L3, L4, L5, L6, L7	Правила ЕЭК ООН № 40-01
33.	Внешний шум	L3	Правила ЕЭК ООН № 41-03

№ п/п	Элементы и свойства объектов технического регулирования, в отношении которых устанавливаются требования	Применяемость по категориям транспортных средств	Документы, соответствие которым обеспечивает выполнение требования
34.	Оснащение безопасными стеклами	М, N, O, L6, L7	Правила ЕЭК ООН № 43-00
35.	Устройства фарочистки	М, N	Правила ЕЭК ООН № 45-01
36.	Оснащение устройствами непрямого обзора	М, N, L6, L7	Правила ЕЭК ООН № 46-02
37.	Выбросы	L1, L2	Правила ЕЭК ООН № 47-00
38.	Оснащение устройствами освещения и световой сигнализации	М, N, O	Правила ЕЭК ООН № 48-03 Правила ЕЭК ООН № 48-04
39.	Выбросы	М, N с газовыми двигателями и дизелями (в соответствии с областью применения Правил ЕЭК ООН № 49)	Правила ЕЭК ООН № 49-05 (уровень выбросов В2, С, уровень требований в отношении бортовой диагностики, долговечности, контроля NOx - «G», «K») (экологический класс 5)
40.	Передние и задние габаритные огни, сигналы торможения, указатели поворота, устройства для освещения заднего регистрационного знака	L	Правила ЕЭК ООН № 50-00
41.	Внешний шум	М, N	Правила ЕЭК ООН № 51-02
42.	Общие требования безопасности к транспортным средствам вместимостью не более 22 пассажиров	M2, M3	Правила ЕЭК ООН № 52-01
43.	Оснащение устройствами освещения и световой сигнализации	L3	Правила ЕЭК ООН № 53-01
44.	Оснащение шинами	М, N, O	Правила ЕЭК ООН № 54-00
45.	Оснащение сцепными устройствами	М, N, O	Правила ЕЭК ООН № 55-01
46.	Фары ближнего и дальнего света	L1, L2, L6	Правила ЕЭК ООН № 56-01
47.	Фары ближнего и дальнего света	L3, L4, L5, L7	Правила ЕЭК ООН № 57-02
48.	Оснащение задними защитными устройствами транспортных средств для перевозки грузов	N2, N3, O3, O4	Правила ЕЭК ООН № 58-02
49.	Органы управления мопедов и двухколесных мотоциклов	L1, L3	Правила ЕЭК ООН № 60-00

№ п/п	Элементы и свойства объектов технического регулирования, в отношении которых устанавливаются требования	Применяемость по категориям транспортных средств	Документы, соответствие которым обеспечивает выполнение требования
50.	Травмобезопасность наружных выступов	N	Правила ЕЭК ООН № 61-00
51.	Защита транспортного средства от несанкционированного использования	L1, L2, L3, L4, L5	Правила ЕЭК ООН № 62-00
52.	Внешний шум	L1	Правила ЕЭК ООН № 63-01
53.	Оснащение шинами временного использования	M1, N1	Правила ЕЭК ООН № 64-02
54.	Системы мониторинга давления воздуха в шинах	M1	Правила ЕЭК ООН № 64-02
55.	Специальные предупреждающие огни	M, N, L	Правила ЕЭК ООН № 65-00
56.	Прочность верхней части конструкции кузова	M2, M3 (классы B, II и III)	Правила ЕЭК ООН № 66-02
57.	Транспортные средства и системы питания на сжиженном нефтяном газе (СНГ)	M, N	Правила ЕЭК ООН № 67-01
58.	Фары ближнего и дальнего света	L3, L4, L5, L7	Правила ЕЭК ООН № 72-01
59.	Оснащение боковыми защитными устройствами транспортных средств для перевозки грузов	N2, N3, O3, O4	Правила ЕЭК ООН № 73-00
60.	Оснащение устройствами освещения и световой сигнализации	L1	Правила ЕЭК ООН № 74-01
61.	Оснащение шинами	L	Правила ЕЭК ООН № 75-00
62.	Фары ближнего и дальнего света	L1, L2, L6	Правила ЕЭК ООН № 76-01
63.	Стояночные огни	M, N	Правила ЕЭК ООН № 77-00
64.	Эффективность тормозных систем	L	Правила ЕЭК ООН № 78-03
65.	Рулевое управление	M, N, O	Правила ЕЭК ООН № 79-01
66.	Прочность сидений и их креплений	M2, M3	Правила ЕЭК ООН № 80-01
67.	Оснащение устройствами непрямого обзора	L1-L5	Правила ЕЭК ООН № 81-00
68.	Фары ближнего и дальнего света	L1, L2, L6	Правила ЕЭК ООН № 82-01
69.	Выбросы	M1, M2, N1, N2 с двигателями с принудительным зажиганием и дизелями	Правила ЕЭК ООН № 83-06 (экологический класс 5)

№ п/п	Элементы и свойства объектов технического регулирования, в отношении которых устанавливаются требования	Применяемость по категориям транспортных средств	Документы, соответствие которым обеспечивает выполнение требования
		(в соответствии с областью применения Правил ЕЭК ООН № 83)	
70.	Дневные ходовые огни	M, N	Правила ЕЭК ООН № 87-00
71.	Оснащение шинами	L1	Правила ЕЭК ООН № 88-00
72.	Оснащение устройствами ограничения максимальной скорости	M, N	Правила ЕЭК ООН № 89-00
73.	Боковые габаритные фонари	M, N, O	Правила ЕЭК ООН № 91-00
74.	Оснащение передними защитными устройствами транспортных средств для перевозки грузов	N2, N3	Правила ЕЭК ООН № 93-00
75.	Защита водителя и пассажиров при фронтальном столкновении	M1	Правила ЕЭК ООН № 94-01
76.	Защита водителя и пассажиров при боковом столкновении	M1	Правила ЕЭК ООН № 95-02
77.	Фары ближнего и дальнего света	M, N, L3	Правила ЕЭК ООН № 98-00
78.	Электробезопасность аккумуляторных электромобилей	M, N	Правила ЕЭК ООН № 100-00
79.	Расход топлива и выбросы углекислого газа. Расход электроэнергии и запас хода транспортных средств с электроприводом	M1, N1	Правила ЕЭК ООН № 101-01
80.	Оснащение укороченными сцепными устройствами	N2, N3, O3, O4	Правила ЕЭК ООН № 102-00
81.	Светоотражающая маркировка	N2, N3, O3, O4	Правила ЕЭК ООН № 104-00
82.	Общие требования безопасности к пассажирским транспортным средствам	M2, M3	Правила ЕЭК ООН № 107-03
83.	Транспортные средства и системы питания на компримированном природном газе (КПГ)	M, N	Правила ЕЭК ООН № 110-00
84.	Фары ближнего и дальнего света	M, N	Правила ЕЭК ООН № 112-00
85.	Фары ближнего и дальнего света	L	Правила ЕЭК ООН № 113-00
86.	Защита транспортного средства	M1, N1	Правила ЕЭК ООН № 116-00

№ п/п	Элементы и свойства объектов технического регулирования, в отношении которых устанавливаются требования	Применяемость по категориям транспортных средств	Документы, соответствие которым обеспечивает выполнение требования
	от несанкционированного использования		
87.	Уровень шума от качения шин	M, N, O	Правила ЕЭК ООН № 117-02
88.	Сцепление шин на мокром покрытии	M1, N1, O1, O2	Правила ЕЭК ООН № 117-02
89.	Сопротивление качению шин	M, N, O	Правила ЕЭК ООН № 117-02
90.	Противопожарные свойства интерьера	M3 (классы II и III)	Правила ЕЭК ООН № 118-00
91.	Угловые фонари	M1	Правила ЕЭК ООН № 119-00
92.	Органы управления транспортных средств - идентификация	M, N, L6, L7	Правила ЕЭК ООН № 121-00 Правила ЕЭК ООН № 121-00 (с 2016 г.)
93.	Системы отопления	M, N	Правила ЕЭК ООН № 122-00
94.	Адаптивные системы переднего освещения	M, N	Правила ЕЭК ООН № 123-00
95.	Передняя обзорность	M1	Правила ЕЭК ООН № 125-00
96.	Замки и петли дверей	N2, N3	Глобальные технические правила № 1
97.	Обеспечение защиты пешеходов	M1, N1	Глобальные технические правила № 9
98.	Оснащение устройствами освещения и световой сигнализации	L2, L4, L5, L6, L7	Пункт 1 приложения № 3 к техническому регламенту
99.	Внутренний шум	M, N	Пункт 2 приложения № 3 к техническому регламенту
100.	Содержание вредных (загрязняющих) веществ в воздухе обитаемого помещения транспортного средства	M, N	Пункт 3 приложения № 3 к техническому регламенту
101.	Устойчивость	M, N, O	Пункт 4 приложения № 3 к техническому регламенту
102.	Передняя обзорность	M2, M3, N	Пункт 5 приложения № 3 к техническому регламенту
103.	Вентиляция, отопление и кондиционирование	M, N	Пункт 6 приложения № 3 к техническому регламенту
104.	Системы очистки ветрового	M1	Пункт 7 приложения №

№ п/п	Элементы и свойства объектов технического регулирования, в отношении которых устанавливаются требования	Применяемость по ка- тегориям транспорт- ных средств	Документы, соответствие которым обеспечивает выполнение требования
	стекла от обледенения и запотевания		3 к техническому регламенту
105.	Стеклоочистители и стеклоомы- ватели	M1	Пункт 8 приложения № 3 к техническому регламенту
106.	Защита от разбрызгивания из- под колес	N, O M1	Пункт 9 приложения № 3 к техническому регламенту Пункт 10 приложения № 3 к техническому регламенту
107.	Радиопомехи промышленные от троллейбусов	M3 (троллейбусы)	Пункт 11 приложения № 3 к техническому регламенту
108.	Выбросы	M1 максимальной массой свыше 3,5 т, M2, M3, N2, N3 с бензиновыми двигателями	Пункт 12 приложения № 3 к техническому регламенту (экологический класс 4)
109.	Выбросы	M, N гибридные (в соответствии с областью применения Правил ЕЭК ООН № 49)	Пункт 13 приложения № 3 к техническому регламенту
110.	Весовые ограничения, действующие в отношении транспортных средств	M, N, O	Пункт 14 приложения № 3 к техническому регламенту
111.	Дополнительные требования к транспортным средствам, предназначенным для лиц с ограниченными физическими возможностями	M1, N1	Пункт 15 приложения № 3 к техническому регламенту

5.ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Наиболее характерные обстоятельства использования виртуальных моделей:

- если идет процесс познания объекта моделирования;
 - если аналитические методы исследования имеются, но составляющие их математические процедуры очень сложны и трудоемки;
 - если необходимо осуществить наблюдение за поведением компонент системы в течение определенного времени;
 - если необходимо контролировать протекание процессов в системе путем замедления или ускорения явлений в ходе имитации;
 - если особое значение имеет последовательность событий в проектируемых системах, и модель используется для предсказания так называемых «узких» мест;
 - при подготовке специалистов для приобретения необходимых навыков в создании новой техники;
 - если виртуальное моделирование оказывается единственным способом исследований из-за невозможности проведения реальных экспериментов.
- С настоящего момента особое внимание в толковании термина «виртуального моделирование системы» уделено первому слову. Однако не следует упускать из вида, что создание любой (в том числе и виртуальной) модели предполагает, что она будет отражать лишь наиболее существенные с точки зрения конкретной решаемой задачи свойства объекта-оригинала. Английский аналог этого термина - systems simulation - при дословном переводе непосредственно указывает на необходимость воспроизводства (симуляции) лишь основных черт реального явления. Важно отметить еще один аспект: создание любой (в том числе и виртуальной модели) есть процесс творческий (не случайно Р. Шеннон назвал свою книгу «Виртуальное моделирование систем - искусство и наука»), и, вообще говоря, каждый автор имеет право на собственную версию модели реальной системы. Однако, за достаточно длительное время применения метода, накоплены определенный

опыт и признанные разумными рекомендации, которыми целесообразно руководствоваться при организации виртуальных экспериментов.

Укажем ряд основных достоинств и недостатков метода имитационного моделирования.

Основные достоинства:

- виртуальная модель позволяет, в принципе, описать моделируемый процесс с большей адекватностью, чем другие;

- виртуальная модель обладает известной гибкостью варьирования структуры, алгоритмов и параметров системы;

- применение ЭВМ существенно сокращает продолжительность испытаний по сравнению с натурным экспериментом (если он возможен), а также их стоимость.

Основные недостатки:

- решение, полученное на виртуальной модели, всегда носит частный характер, так как оно соответствует фиксированным элементам структуры, алгоритмам поведения и значениям параметров системы;

- большие трудозатраты на создание модели и проведение экспериментов, а также обработку их результатов;

- необходимость получения большого количества экспериментальных данных, необходимых для ввода в математические модели;

- достаточно высокое (до 35 %) расхождение с результатами натурных испытаний.

Наиболее сложными при исследовании автотранспортного средства как механической системы являются испытания по определению характеристик его управляемости и устойчивости. Сложность заключается во влиянии на эти качества многих конструктивных особенностей (рулевого управления, подвески, шин, аэродинамики и др.) автотранспортного средства.

6.ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ПОЛИГОНЫ

6.1. Виды испытательных полигонов

Проверка функциональности, конструктивной безопасности и надежности автотранспортных средств в дорожных условиях проводится на испытательных полигонах. На специальных дорогах полигонов конструкторы имеют возможность моделировать различные дорожные ситуации и создавать необходимые условия для испытаний. Преимущества полигонных испытаний перечислены в п. 2.2.

Практически все крупнейшие иностранные производители автотранспортных средств и его компонентов (шин, агрегатов трансмиссии, тормозных систем) имеют хотя бы один, а некоторые даже несколько таких полигонов. Помимо заводских полигонов существуют независимые испытательные центры, на территории которых возможно проводить сертификационные испытания. В случае необходимости на независимых полигонах также проводят испытания и производители автотранспортных средств, если характеристики испытательных дорог заводских полигонов не соответствуют данному виду испытаний или это выгоднее по экономическим или логистическим соображениям.

Испытательные полигоны шинных компаний ориентированы на оценку управляемости, устойчивости, тормозной эффективности автотранспортных средств, поперечного и продольного аквапланирования шин, слашпленнинга, шума шин и комфортности езды. Шинные производители имеют, как правило, дополнительные испытательные площадки для проверки шин в зимних условиях (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Полигоны компании YOKOHAMA: а – летний в провинции Районг, Таиланд (площадь 169 га); б – зимний в г. Наттберге, Швеция (площадь – 40 га)

Испытательное оборудование полигонов включает в себя комплекс специальных дорог, а также технологическое лабораторное и вспомогательное оборудование для обеспечения процесса испытаний.

Типичный испытательный автомобильный полигон представляет собой огороженную территорию, по периметру которой прокладывается скоростная кольцевая дорога для проведения пробеговых испытаний при высоких скоростях движения. Внутри скоростного кольца располагаются различные испытательные трассы, участки специальных дорог, водные бассейны, подъёмы разной крутизны и т.п. Автомобильный полигон имеет обязательно длинную прямолинейную горизонтальную дорогу (динамометрическую) для оценки тягово-скоростных, тормозных свойств и топливной экономичности. Лабораторные корпуса полигона могут располагаться как внутри периметра скоростного кольца, так и снаружи.

Ниже будут подробно рассмотрены особенности дорожных сооружений и лабораторий крупных независимых испытательных полигонов: российского Центра испытаний НАМИ (Научный автомобильный институт) и испанского полигона IDIADA.

6.2. Центр испытаний НАМИ (Дмитровский автомобильный полигон)

На территории РФ крупнейшим и единственным независимым полигоном

для испытаний колесных транспортных средств является Центр испытаний НАМИ. Испытательный автомобильный полигон располагается рядом с посёлком Автополигон недалеко от города Дмитрова (Московская область).

На автомобильном полигоне НАМИ можно проводить исследования практически всех технических свойств автотранспортных средств, прицепов, мотоциклов, включая активную и пассивную безопасность, экологию, эргономику, топливную экономичность, тягово-скоростные свойства, надежность, коррозионную стойкость и др.

Центр испытаний НАМИ является аккредитованной технической службой в рамках Женевского соглашения 1958 года и может проводить сертификационные испытания на соответствие требованиям следующих международных и национальных стандартов:

- Правил ЕЭК ООН;
- ГОСТ и ГОСТ Р;
- Технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств».

Разнообразные климатические условия в РФ обеспечивают возможность проведения испытаний автотранспортных средств и шин как в летних, так и в зимних условиях.

Площадь полигона НАМИ составляет 2500 га. Схема полигона представлена на рис. 6.2.

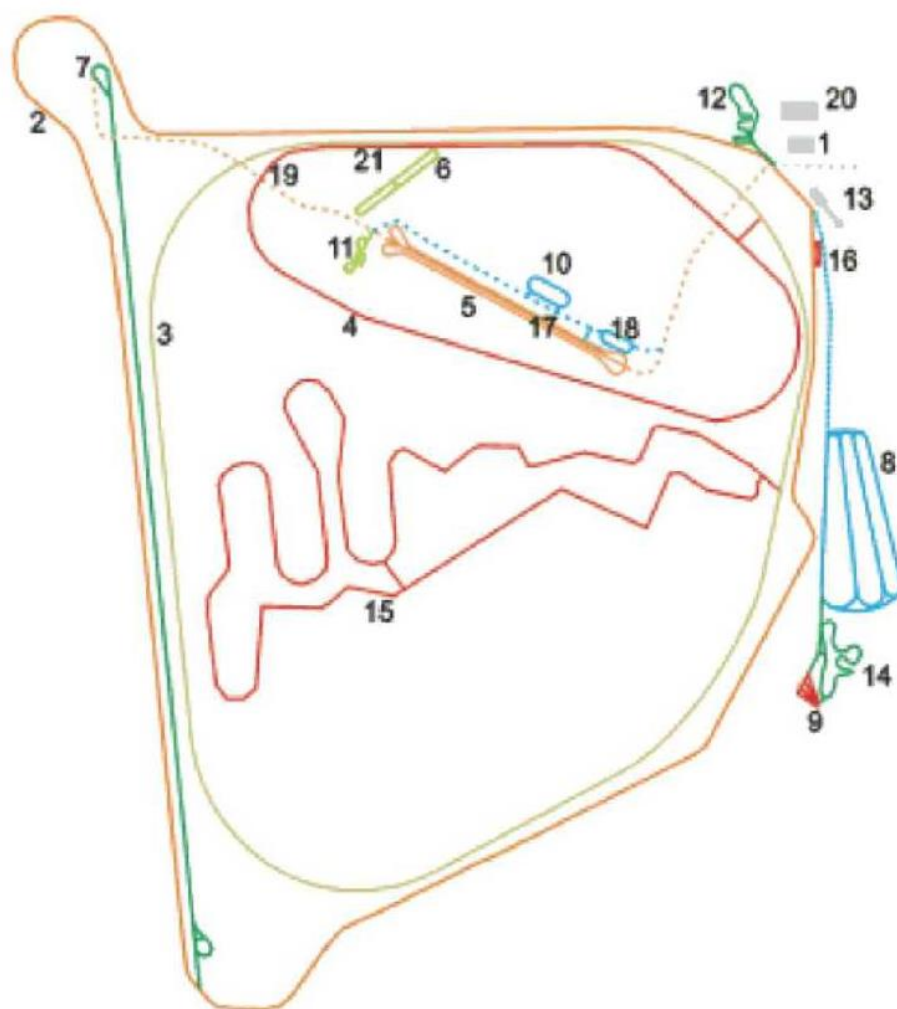


Рис. 6.2. Полигон НАМИ:

- 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 – щебёночная дорога; 20 – аэродинамическая труба; 21 – участок для испытаний дорожных ограждений

Скоростная дорога представляет собой кольцевую дорогу, предназначенную для проведения длительных пробеговых испытаний на форсированных по скорости режимах движения. Длина её составляет 14 км, ширина - 10 м, покрытие - асфальтобетон. Виражи дороги имеют поперечные уклоны от 4% до 10%, что позволяет двигаться автотранспортным средствам с равномерными скоростями более 200 км/ч. Направление движения по

скоростной дороге изменяется раз в сутки для обеспечения равномерного износа компонентов автотранспортного средства.

Булыжная дорога представляет собой кольцевую дорогу, предназначенную для проведения пробеговых испытаний автотранспортных средств всех типов при повышенных нагрузках на подвеску, несущую систему, мосты, колеса. Движение по этой дороге обеспечивает 10-15-кратное ускорение испытаний при оценке надежности конструкции в пределах заданного ресурса. Длина её составляет 8,3 км, ширина - 7,5 м, покрытие - валунный булыжный камень. Булыжная дорога состоит из двух полос движения. Внутренняя полоса имеет ширину 3,5 м и имитирует движение по обычным булыжным дорогам в хорошем состоянии. Внешняя полоса общей шириной 4 м имеет две колеи шириной 1,75 м с булыжным покрытием специального профиля.

Равнинная грунтовая дорога представляет собой кольцевую дорогу, предназначенную для испытаний автотранспортных средств в условиях, имитирующих перевозки местного значения по дорогам без покрытия. Длина её составляет 18,5 км, ширина - 15 м, покрытие - глинистый и суглинистый грунт, улучшенный песчано-гравийной смесью. Равнинная грунтовая дорога огибает по контуру скоростную и динамометрическую дороги.

Тяжёлая грунтовая дорога предназначена для проведения испытаний полноприводных грузовых автотранспортных средств в тяжелых условиях пересеченной местности с глубокими колеями, ухабами, часто повторяющимися поворотами малых радиусов и крутыми подъемами. Длина её составляет 14,13 км, ширина - 15 м, включает 45 поворотов с радиусами 30-50 м.

Динамометрическая дорога предназначена для испытаний автотранспортных средств на тягово-скоростные и тормозные свойства, топливную экономичность, управляемость и устойчивость. Общая длина динамометрической дороги составляет 5,4 км, покрытие - асфальтобетон. Основным участком дороги длиной 4,7 км прямолинейный и горизонтальный. С

одной стороны основного участка имеется круговая горизонтальная площадка диаметром 104 м для определения манёвренности, управляемости и устойчивости автотранспортных средств. С другого конца расположены небольшой подъём (уклон до 3,5%) и разворотные петли. Подъём используется для увеличения интенсивности торможения испытываемых автотранспортных средств и облегчения их разгона по динамометрической дороге после разворота. Динамометрическая дорога по обеим сторонам защищена от ветра лесными насаждениями.

Комплекс специальных испытательных дорог (рис. 6.3) включает участки с короткими волнами типа «стиральная доска», «бельгийская мостовая», шумосоздающий участок, булыжную мостовую с покрытием специального профиля, булыжную мостовую с ровным замощением, базальтовый участок, два участка с асфальтобетонным покрытием, круговую площадку для оценки управляемости и устойчивости, мелководную ванну.

На дороге типа «стиральная доска» (рис. 6.4) определяют влияния резонансных колебаний и вибраций на работу и надежность различных узлов автотранспортного средства, особенно амортизаторов и упругих элементов подвески, а также рулевого управления. На «бельгийской мостовой», воспроизводящей старинные мощеные дороги Европы, проводят испытания на усталостную прочность и надежность в условиях сильной тряски и вибраций. При движении по шумосоздающей дороге, полученной специальной укладкой камней в цементобетонное основание, создаются вибрации и шумы подрессоренных и недрессоренных частей и шин автотранспортного средства (рис. 6.5).



Рис. 6.3. Комплекс специальных дорог



Рис. 6.4. Дорога типа «стиральная доска»



Рис. 6.5. Шумосоздающая дорога

Булыжная дорога с ровным замощением предназначена для испытаний на плавность хода автотранспортных средств всех типов, а специального профиля - грузовых автотранспортных средств всех типов и автотранспортных

средств повышенной проходимости. На двух дорогах с асфальтобетонным покрытием проверяют тягово-скоростные и тормозные свойства, управляемость, по ним могут двигаться вспомогательные автотранспортные средства с наблюдателями, аппаратурой или с устройствами для дистанционного управления при испытании автотранспортных средств.

Для оценки тормозных свойств автотранспортных средств с АБС комплекс специальных испытательных дорог включает в себя участки дорог с различным коэффициентом сцепления.

Для искусственного создания покрытия с низким коэффициентом сцепления используется участок дороги, покрытый базальтовой плиткой и увлажняемый водой (рис. 6.6).



Рис. 6.6. Искусственное покрытие с низким коэффициентом сцепления – увлажнённая базальтовая плитка

Базальтовая плитка прямоугольной формы отлита из магматической породы - базальта, расплавленного при 1400°C . Плитки размером 200×200 мм толщиной 40 мм (производство - Чехия) имеют две дренажные канавки, расположенные крестообразно, которые служат для отвода избытка влаги с целью предотвращения эффекта аквапланирования. Ориентировочный коэффициент сцепления, достигаемый на таком покрытии, составляет 0,23-0,30. Прямолинейный горизонтальный участок, покрытый базальтовой плиткой, имеет длину 250 м, ширину 5 м.

Параллельно участку, покрытому базальтовой плиткой, имеется такой же ширины участок с покрытием «заглаженный бетон». Коэффициент сцепления, развиваемый на увлажнённом «заглаженном бетоне», составляет 0,50-0,60. Устанавливая объект испытаний одним бортом на участок, покрытый базальтовой плиткой, другим - на «заглаженный бетон», имитируется покрытие типа «микст». Покрытие дорог с различным коэффициентом сцепления нужно поддерживать во влажном состоянии. При любых условиях толщина водяной пленки должна оставаться постоянной, при этом не допускается образование сухих «островков» при высокой температуре окружающего воздуха или слоя воды на поверхности дороги при выпадении осадков или от чрезмерной интенсивности полива.

На автомобильном полигоне для этого установлена система водополива (рис. 6.6). Вода из артезианской скважины подается в глубоководную ванну рабочим объемом 190 м³ и закачивается двумя последовательно включенными насосами в магистральный трубопровод диаметром 150 мм под избыточным давлением 0,6 МПа. Насосы модели ЦНСА 60-132, производительность одного насоса 63 м³/час. Из магистрального трубопровода протяженностью 1330 м вода распределяется через задвижки по четырем секциям с помощью отводных рукавов диаметром 80 мм. Четыре секции с трубами диаметром 70 мм оснащены стаканами с внутренней резьбой 1^{1/4}" под установку форсунок, шесть на секцию с шагом 10,4 м. Каждая секция может включаться отдельно. Площадь орошаемого дорожного покрытия с различными коэффициентами сцепления составляет 2250 м². Протяженность увлажняемой дороги - 250 м.

Для распыления воды применены форсунки американской фирмы T-BIRD моделей Т-30 или Т-40. Форсунки Т-BIRD (рис. 6.6) создают одноструйное распыление воды с помощью сопла, перемещающегося по сектору на угол 180°, при этом обеспечивается равномерное осаждение воды на единицу поверхности дороги. Количество выпавшей воды на поверхность дороги равняется объему стока, при этом покрытие остается мокрым при расходе воды через одну форсунку 1,8-1,9 м³/ч и давлении 0,4 МПа. Обеспечивается

полив дороги по всей ширине проезжей части. При использовании 24 форсунок T-BIRD ванны объемом 190 м³ хватит на 4 часа непрерывной работы.

Круговая площадка для оценки управляемости и устойчивости имеет диаметр 120 м, асфальтобетонное покрытие и базальтовый сектор радиусом 50 м и шириной 5 м.

Мелководный бассейн (рис. 6.7) максимальной глубиной 20 см предназначен для проверки эффективности работы тормозов автотранспортного средства в увлажненном состоянии, герметичности основания кузова и работы электрооборудования в случае забрызгивания его водой.

Глубоководный бассейн (рис. 6.8) максимальной глубиной 1,8 м служит для испытаний автотранспортных средств на преодоление брода, оценки герметичности агрегатов и других эксплуатационных свойств при движении с погружением разного уровня. Общая длина бассейна - 78 м, ширина - 4,5 м.



Рис. 6.7. Мелководный бассейн



Рис. 6.8. Глубоководный бассейн

Грязевой участок (грязевая ванна) переменной глубины со слоем грязи различной консистенции предназначен для имитации тяжелых дорожных условий. В грязевой ванне проводятся испытания на проходимость, качество сцепления шин с грунтом, эффективность и надежность тормозных механизмов. Общая длина - 40 м, глубина слоя грязи - до 50 см, ширина - 5 м.

Песчаный участок имитирует местность с песчаным грунтом и предназначен для сравнительной оценки проходимости автотранспортных средств на подвижных песках и рыхлых грунтах, а также для пробеговых испытаний автотранспортных средств повышенной проходимости.

Пылевую камеру используют для оценки герметичности кабин, кузовов автотранспортных средств и их агрегатов.

Трек со сменными препятствиями предназначен для испытаний рам и несущих систем автотранспортных средств на прочность и долговечность при действующих знакопеременных скручивающих моментах. Коэффициент ускорения, получаемый при испытаниях на этом треке, составляет 150. Трек имеет два горизонтальных отрезка шириной 5 м, соединённых друг с другом в кольцевую трассу. Сменные препятствия устанавливаются на поверхности трека в «шахматном порядке» и фиксируются от смещения штифтами в полотне дороги. Для двухосных автотранспортных средств используются препятствия в виде сегментов цилиндра, для трёхосных - трапециевидной формы (рис. 6.9).



Рис. 6.9. Трек со сменными препятствиями

Комплекс подъемов малой крутизны предназначен для определения тягово-скоростных свойств автотранспортных средств всех типов, а также для

испытаний на долговечность, надежность тормозных систем, трансмиссий и других агрегатов в условиях, имитирующих сильно пересеченную местность. В этот комплекс входят подъемы крутизной 4, 6, 8 и 10%. На подъеме с уклоном 8% имеется базальтовый участок для оценки противобуксовочных систем.

На комплексе подъемов большой крутизны (30, 40, 50 и 60%) определяют максимальные подъемы, преодолеваемые автотранспортными средствами, эффективность тормозных систем, работоспособность систем питания и смазки двигателей на уклонах, испытывают лебедки и проводят ряд других экспериментов (рис. 6.10). Два подъема крутизной 12 и 16% предназначены для проверки эффективности стояночных тормозов автотранспортных средств и автопоездов.



Рис. 6.10. Комплекс подъемов большой крутизны

С подъемами объединена в общий испытательный маршрут так называемая «горная дорога замкнутого контура», состоящая из ряда криволинейных участков с различными радиусами закруглений (2080 м). Трасса предназначена для проведения пробеговых испытаний на надежность (долговечность) автотранспортных средств в условиях повышенных нагрузок на узлы трансмиссии, тормозные системы, шины, испытания по общей оценке

устойчивости и управляемости автотранспортных средств, а также топливной экономичности и тягово-скоростных свойств в условиях автотранспортных перевозок на горных маршрутах. Общая протяженность дороги - 1517 м, ширина полосы покрытия - 7...9 м.

Дорожно-бункерный комплекс предназначен для испытаний автотранспортных средств-самосвалов путем многократно повторяющихся циклов «погрузка-движение» на коротком участке «разгрузка-движение-погрузка».

В комплекс для испытаний автотранспортных средств на пассивную и активную безопасность (Отделение безопасности автомобилей - ОБА) входят:

- лаборатория тормозной динамики;
- лаборатория управляемости;
- лаборатория шин и колёс;
- лаборатория пассивной безопасности;
- лаборатория эргономики.

Лаборатория пассивной безопасности имеет специальный участок для испытаний автотранспортного средства на фронтальное столкновение («краш-тест») (рис. 6.11). Участок оснащён разгонной полосой, деформируемым или жестким препятствием, аппаратурой для видеофиксации процесса испытаний. Разгон автотранспортного средства перед столкновением осуществляется с помощью буксирного тросового устройства. Также в лаборатории для испытаний имеются:

- специальная тележка заданной массы с ударной поверхностью для испытаний при боковом столкновении или наезде сзади;
- стенд для статических испытаний крепления ремней и сидений;
- маятниковый копер для исследования ударно-прочностных свойств кабин грузовых автотранспортных средств;
- разгонная катапульта для испытаний детских удерживающих сидений.



Рис. 6.11. Испытание на фронтальное столкновение с деформируемым препятствием

В лаборатории управляемости для оценки статической устойчивости автотранспортных средств имеется стенд-опрокидыватель (рис. 6.12).



Рис. 6.12. Испытание автомобиля на статическую устойчивость

Для оценки динамической устойчивости автотранспортного средства и эффективности действия систем электронного контроля устойчивости (ЭКУ) в лаборатории управляемости используется рулевой робот Orbit ABDynamics, Великобритания. Рулевые роботы предназначены для исключения влияния водителя на процесс управления автотранспортным средством при испытаниях на управляемость и устойчивость. Пример такого рода испытаний

приводится в п. 2.2.2.

Рулевой робот осуществляет поворот рулевого колеса во время выполнения испытательного манёвра по определённому запрограммированному закону.

Основные характеристики рулевого робота Orbit ABDynamics, Великобритания (рис. 6.13):

- максимальный крутящий момент 70 Н/м;
- номинальный крутящий момент 60 Н/м;
- максимальная скорость вращения рулевого колеса $2500^{\circ}/с$;
- максимальный угол поворота рулевого колеса 1300° ;
- масса привода рулевого колеса 8 кг.

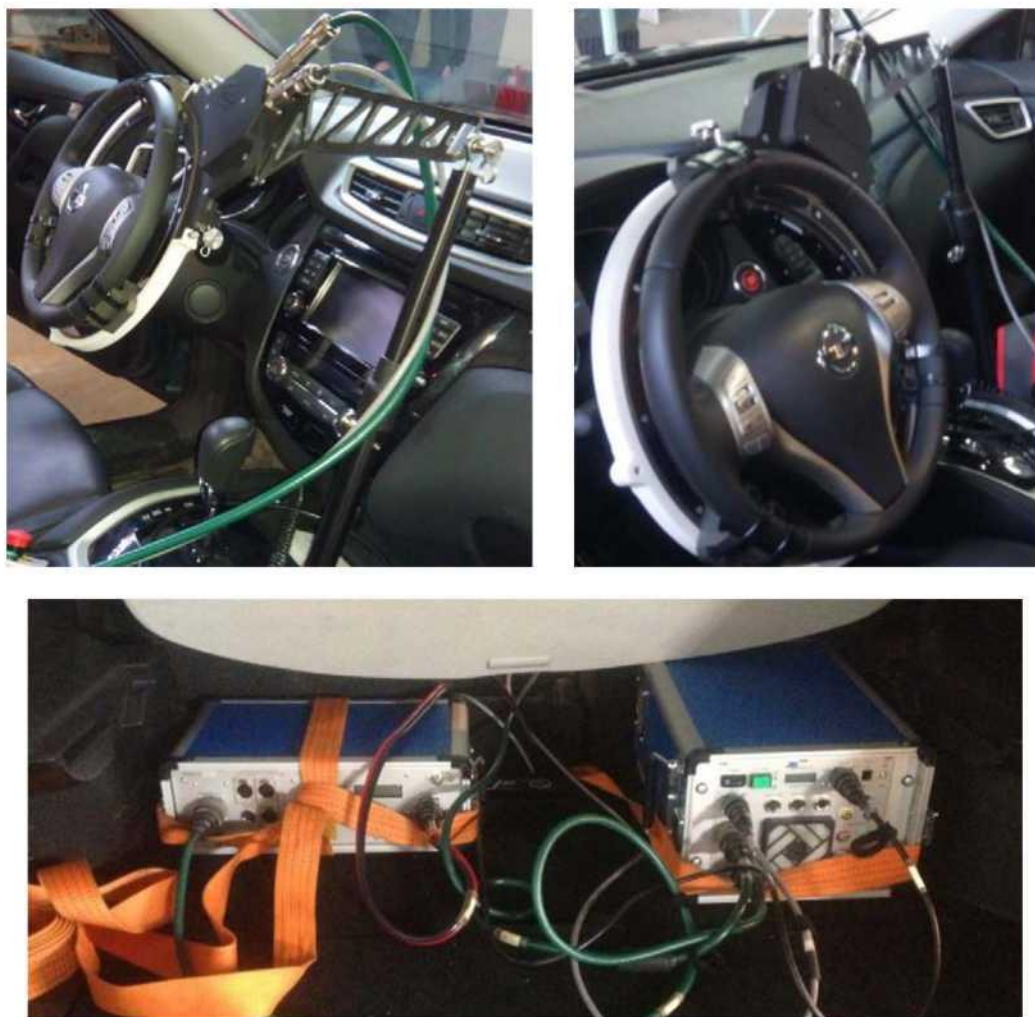


Рис. 6.13. Рулевой робот Orbit ABDynamics

На рулевое колесо автотранспортного средства с помощью специальных

зажимов устанавливается зубчатый венец. Зубчатый венец вращается от электродвигателя. Статор электродвигателя привода рулевого колеса жестко крепится через специальный кронштейн к болтам крепления пассажирского сиденья. Кронштейн имеет регулировку зазора между зубчатым колесом электродвигателя и зубчатым венцом рулевого колеса. Блоки управления рулевым роботом располагаются в багажном отделении автотранспортного средства. Питание осуществляется от штатной сети автотранспортного средства.

Участок для испытаний дорожных ограждений предназначен для испытаний различных типов дорожных ограждений методом наезда на ограждения автотранспортных средств массой от 0,9 до 24 тонн (рис. 6.14). К площадке для монтажа ограждения примыкает разгонная полоса с направляющим рельсом, а также участок безопасного выбега автотранспортного средства после столкновения с испытываемым ограждением.



Рис. 6.14. Испытание дорожного ограждения

Экологический комплекс автомобильного полигона включает:

- лабораторию двигателей;
- лабораторию токсичности;

- лабораторию виброакустики.

Основой комплекса оборудования лаборатории двигателей является стенд переменных режимов на базе асинхронной машины переменного тока, укомплектованный газоаналитической системой, расходомерами топлива и воздуха, системой сбора и обработки данных.

В состав комплекса оборудования лаборатории токсичности входят стенды с беговыми барабанами, холодильная камера для определения выбросов при отрицательных температурах (рис. 6.15), термостатированная камера для определения топливных испарений, современная газоаналитическая аппаратура.

Основные сооружения лаборатории виброакустики - большая и малая полузаглушенные камеры, установленные на отдельных от основного здания фундаментах с виброизоляцией. Большая полузаглушенная камера (рис. 6.16) имеет внутренние размеры 15,4*12,4*5,6 м и предназначена для испытаний акустических свойств автотранспортных средств. Малая полузаглушенная камера имеет размеры 7,5*7,0*5,6 м и предназначена для автономных испытаний акустических свойств двигателей и других агрегатов автотранспортных средств.



Рис. 6.15. Холодильная камера



Рис. 6.16. Большая полузаглушенная камера

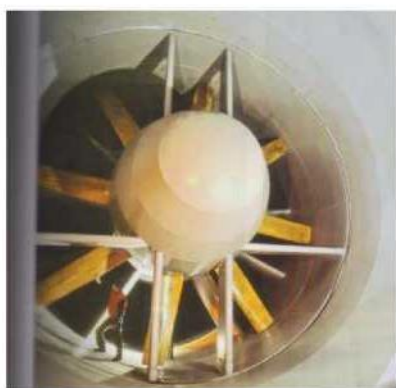
На автомобильном полигоне имеется полномасштабная аэродинамическая труба (рис. 6.17) для исследования и оценки аэродинамических характеристик автотранспортных средств и их масштабных макетов, влияющих на топливную экономичность, тягово-скоростные свойства, управляемость, устойчивость, загрязняемость, охлаждение узлов и агрегатов, комфортные условия в салоне.



а



б



в



г

*Рис. 6.17. Аэродинамическая труба:
а – общий вид здания; б – аэродинамические весы;
в – вентилятор; г – процесс испытания автомобиля*

Характеристики аэродинамической трубы следующие:

- воздушный канал - замкнутый; длина большой оси - 80 м; малой оси - 30 м;
- вентилятор - число лопастей - 8; диаметр - 7,5 м; угол поворота лопастей - $0...30^{\circ}$; мощность приводного электродвигателя - 1500 кВт; скорость воздушного потока - 10.50 м/с;
- аэродинамические весы - 6-компонентные; диаметр поворотного стола - 6,3 м; диапазон измерения сил 0-10 кН; моментов 0-9 кНм; максимальная масса объектов испытаний - 8000 кг.

6.3. Автомобильный полигон IDIADA

Автомобильный полигон IDIADA, расположенный на территории 370 га

в испанской провинции Таррагона, является одним из самых современных независимых комплексов для автотранспортных средств испытаний в Европе (рис. 6.18). Автомобильный полигон включает в себя несколько испытательных треков и лабораторий для проведения всех необходимых испытаний механических транспортных средств в соответствии с Директивами ЕС, Правил ЕЭК ООН и Глобальными техническими правилами. Прекрасные климатические условия позволяют проводить испытания круглый год. Однако этот факт ограничивает область применения полигона только летними испытаниями.



Рис. 6.18. Общий вид полигона IDIADA

Схема автомобильного полигона представлена на рис. 6.19. По сравнению с автомобильным полигоном НАМИ автомобильный полигон IDIADA имеет меньшую площадь и более плотную застройку дорожными сооружениями территории внутри скоростного кольца.

Скоростная дорога имеет общую длину 7560 м, 4 полосы движения с направлением по часовой стрелке, асфальтобетонное покрытие с коэффициентом сцепления 1,1. Длина прямых отрезков дороги составляет

2000 м, поперечный уклон - 1%. Длина профилированных поворотов - 1780 м, радиус - 472 м, поперечный уклон - до 80% (38,66°). Профилированные виражи скоростной дороги (рис. 6.20) позволяют автотранспортным средствам поддерживать скорости движения больше 200 км/ч.

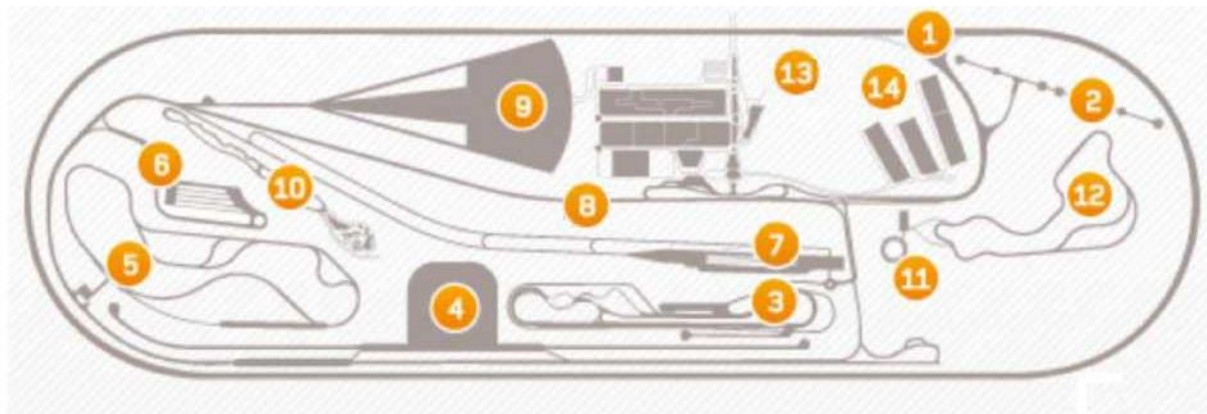


Рис. 6.19. Схема полигона IDIADA: 1 – скоростная дорога; 2 – шумозадающая дорога; 3 – трассы для ускоренных испытаний на усталостную прочность и для оценки плавности хода; 4 – динамометрическая площадка «А»; 5 – трасса для оценки управляемости; 6 – комплекс подъемов разной крутизны; 7 – участок тормозных испытаний и трек со сменными неровностями; 8 – основная кольцевая дорога; 9 – динамометрическая площадка «В»; 10 – трасса внедорожных испытаний; 11 – увлажняемый кольцевой участок; 12 – увлажняемая трасса для оценки управляемости; 13 – лабораторно-производственная база; 14 – клиентские боксы



Рис. 6.20. Профилированный вираж скоростной дороги

Шумозадающая дорога имеет две площадки размером 22*20 м со специальными шумозадающими поверхностями по стандарту ISO для оценки внешнего шума и разгонные прямые длиной 300 м.

Динамометрическая асфальтобетонная площадка «А» имеет размеры 250*250 м, коэффициент сцепления - 1,06, горизонтальный и продольный уклоны отсутствуют. Для разгона автотранспортных средств к площадке с

двух сторон примыкают прямые участки длиной 850 м. На площадке размечены круговые траектории радиусами 12, 12,5, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120 м.

Динамометрическая площадка «В» имеет трапецевидную форму длиной 400 м и шириной от 15 до 100 м. Продольный и поперечный уклон также отсутствуют. Продольный коэффициент сцепления - 1,01. По обеим сторонам площадки имеются зоны безопасности шириной 8 м. На обеих динамометрических площадках можно выполнять комплекс испытаний на управляемость и устойчивость.

Трасса для оценки управляемости имеет длину 2158 м, коэффициент сцепления 1,06, направление движения - против часовой стрелки, гравийные зоны безопасности. На трассе имеется участок для испытаний на смену полосы движения. Эта высокоскоростная трасса предназначена для настройки шасси автотранспортных средств.

Основная кольцевая дорога предназначена для испытаний основных параметров автотранспортного средства: уровня внутреннего шума, комфортабельности, управляемости, устойчивости, надежности и т.д. Общая длина дороги - 5333 м, направление движения - по часовой стрелке, продольный коэффициент сцепления - 1,13.

Особенностью трассы является прямолинейный ровный участок длиной 1,6 км с последующей зоной торможения размером 300*20 м.

Трасса для ускоренных испытаний на усталостную прочность (рис. 6.21) имеет две полосы движения: одна для испытаний легковых автотранспортных средств, другая - коммерческого транспорта. Трасса состоит из следующих участков: «бельгийская мостовая» 2-х видов; булыжный; грунтовый, асфальт с выбоинами, мелководная ванна глубиной 50 см.



Рис. 6.21. Трасса для ускоренных испытаний на усталостную прочность

Комплекс подъёмов разной крутизны (рис. 6.22) включает:

- подъём длиной 188 м с уклоном 8%;
- подъём длиной 26,5 м с уклоном 10%;
- подъём длиной 102 м с уклоном 12%;
- подъём длиной 36,8 м с уклоном 15%;
- подъём длиной 51 м с уклоном 18%;
- подъём длиной 37,6 м с уклоном 20%;
- подъём длиной 25 м с уклоном 24%;
- подъём длиной 66 м с уклоном 30%.

На подъёмах с уклоном 12, 18 и 24% имеются участки с низким сцеплением.



Рис. 6.22. Комплекс подъёмов разной крутизны

Для проведения испытаний шин и тормозных систем на территории полигона созданы расположенные параллельно друг другу участки с коэффициентами сцепления $\varphi = 0,1$ (керамическая плитка), $\varphi = 0,3$ (базальт), $\varphi = 0,4$ (заглаженный бетон), $\varphi = 0,8$ (асфальт) (рис. 6.23). Для увлажнения

специальных покрытий предусмотрена система автоматического водополива.



Рис. 6.23. Участок для испытаний тормозных систем

По сравнению с автомобильным полигоном НАМИ особенностью является наличие тормозного участка, выложенного керамической плиткой. Это позволяет обеспечить при поливе очень скользкое испытательное покрытие.

Трек со сменными неровностями имеет 6 участков с различного вида препятствиями общей длиной больше 1000 м, а также прямолинейный участок с «грубым» асфальтом длиной 300 м.

Трасса для оценки плавности хода имеет участки брусчатой дороги, булыжной дороги, асфальта в плохом состоянии, два вида дорог типа «стиральная доска» (рис. 6.24).



Рис. 6.24. Трасса для оценки плавности хода

Трасса внедорожных испытаний имеет участок экстремального бездорожья длиной 1200 м (грязевой участок, песчаный участок, брод, крутые подъёмы, насыпи, булыжные участки, скалистый участок) и грунтовую дорогу длиной 1800 м, по которой можно двигаться со скоростями больше 100 км/ч.

Увлажняемый кольцевой участок состоит из двух концентрично расположенных колец (рис. 6.25).



Рис. 6.25. Увлажняемый кольцевой участок

Наружное асфальтовое кольцо имеет внешний радиус 37,5 м, внутренний - 27,5. Внутреннее базальтовое кольцо имеет внешний радиус 27,5 м, внутренний - 22,5 м. Трек оборудован системой автоматического водополива.

Увлажняемая трасса для оценки управляемости имеет асфальтобетонное покрытие длиной 1566 м и шириной 6 м. Система водополива обеспечивает постоянную толщину водяной плёнки в 1 мм. Трасса предназначена для исследования аквапланирования шин, управляемости и устойчивости автотранспортного средства на влажной скользкой дороге.

7. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

7.1. Метрологическое обеспечение процесса испытаний

Под измерением понимается нахождение опытным путём с помощью технических средств значений физической величины, которые выбираются из принятой шкалы делений.

При измерении сложных процессов, быстротекущих явлений непосредственное сравнение со шкалой 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 насколько измеряемая величина «A» отличается от единицы измерения «a»:

$$X = A/a \text{ или } X = A - a.$$

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 и т.д.);

3)нулевым методом, когда действие измеряемой величины уравнивается действием известной физической величины (например, падение напряжения на тензодатчике - потенциометром, веса детали - гирями на весах и т.д.);

4)методом совпадений или совмещений, когда равномерно чередующиеся сигналы, характеризующие измеряемую величину, сравниваются с сигналами заранее известной физической величины (например, частоту и амплитуду колебательного процесса можно сравнивать с таблицей, в которую занесены уже измеренные такие характеристики для различных процессов).

Косвенные методы заключаются в определении числового значения измеряемой величины путём математической обработки прямых измерений нескольких величин, связанных с искомой величиной известным математическим выражением. Например, для определения скорости автотранспортного средства прямыми методами определяют пройденный путь S (км) и время t (ч), за которое автотранспортное средство прошло этот путь, а затем вычисляют скорость (км/ч).

Косвенные методы используются, когда искомую величину невозможно или сложно измерить непосредственно. Большинство измерений в автотранспортных средствах - косвенные.

Совокупные методы заключаются в определении числового значения

измеряемой величины путём вычислений по результатам прямых измерений одной или нескольких величин, выполненных в различных условиях эксперимента.

Даже самое тщательное проведение измерений не позволяет получать истинное значение измеряемой величины. Любой результат измерения содержит определённые искажения из-за наличия погрешностей, присущих самому средству измерений, выбранному методу и методике измерения, внешних воздействий и т.д.

Погрешности измерений подразделяются по следующим признакам:

- по способу выражения - абсолютные и относительные;
- по характеру проявления - систематические и случайные;
- по условиям изменения измеряемой величины - статические и динамические;
- по способу обработки данных - среднеарифметические и среднеквадратические.

Погрешность результата измерений в значительной мере зависит от погрешности средств измерений - так называемая приборная составляющая суммарной погрешности.

Теоретически погрешность ΔX средств измерений - это разность между показанием прибора и истинным значением измеряемой величины:

$$\Delta X = X_n - X,$$

где X_n - показание прибора, а X - истинное значение измеряемой величины.

Наибольшее значение (по абсолютной величине) погрешности называется абсолютной погрешностью. На практике, в связи с тем, что истинное значение величины остается неизвестным, вместо него пользуются действительным значением величины, полученной при помощи более точного средства измерений.

Погрешности средств измерений классифицируются по:

- характеру проявления - систематические и случайные;

- отношению к условиям применения - основные и дополнительные;
- отношению к измеряемой величине - динамические и статические;
- способу выражения - абсолютные, относительные и приведенные.

Основная погрешность - это погрешность средств измерений в нормальных условиях применения (условиях, установленных нормативно-технической документацией).

Дополнительная погрешность - это составляющая погрешности средств измерений, возникающая вследствие отклонения одной из влияющих величин от её нормального значения.

Относительная погрешность - это погрешность средств измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности к действительному значению физической величины.

В общем виде относительную погрешность S_n можно представить следующим выражением:

$$\delta_n = \pm \Delta X_n / X_n,$$

где ΔX_n - абсолютная погрешность прибора; X_n - показание прибора.

Приведенная погрешность - это относительная погрешность, определяемая отношением абсолютной погрешности измерительного прибора к нормирующему значению X_N . Нормирующее значение - это условно принятое значение, равное или верхнему пределу измерений, или диапазону измерений, или длине шкалы, или другим значениям.

Приведенная погрешность Z определяется по выражению:

$$Z = \pm \Delta X_n / X_N.$$

Оборудование для измерения физической величины подбирается с учётом его метрологических и динамических характеристик.

Метрологическими характеристиками называются тестируемые числовые показатели точности прибора, которые должны учитываться при его выборе и при составлении измерительной схемы. Метрологические характеристики определяют погрешности статических измерений, а динамические

характеристики обеспечивают необходимое быстроедействие для измерения процессов, изменяющихся во времени.

К основным метрологическим характеристикам измерительных устройств относятся:

- класс точности;
- вариация показаний;
- чувствительность;
- пределы измерения;
- перегрузочная способность;
- собственное потребление энергии.

Класс точности системы или прибора - это обобщённая характеристика, определяемая пределами основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами средств измерений, влияющих на точность результатов. В общем случае класс точности прибора показывает допустимую статическую погрешность средства измерений при нормальных условиях (окружающая температура должна быть в пределах $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, атмосферное давление - в пределах 760 мм рт. ст. ± 20 мм рт. ст., влажность - около $60\% \pm 20\%$, напряжение, частота и др. должны соответствовать значениям, указанным в нормативно-технической документации). Эта погрешность выражается через приведённую погрешность.

Основная погрешность прибора - это наибольшая разность между показаниями прибора и действительным значением измеряемой величины. Она определяется образцовыми приборами (эталонными мерами) при нормальных условиях.

Общетехнические приборы делятся на 4 класса точности: 0,2; 0,5; 1,5; 2,5. Электроизмерительные приборы делятся на 8 классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Информационноизмерительные и радиотелеизмерительные системы делятся на 7 классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5. Класс точности, например, 1,5, показывает, что для данного прибора приведенная погрешность допускается в пределах 1,5%.

Погрешности, вызванные изменениями условий опыта по сравнению с нормальными, называются дополнительными.

Вариацией показаний называется наибольшая разность показаний прибора относительно образцового при многократных повторениях статических измерений.

Вариация показаний характеризует степень устойчивости (стабильности) показаний прибора, изменение которой объясняется необратимыми процессами в механизмах прибора - трением в опорах подвижных частей, остаточной деформацией пружин, люфтами и т.п. Вариация показаний не характеризует погрешность статических измерений.

В мостах переменного тока, компенсаторах, магазинах сопротивлений и ёмкостей дополнительно присутствуют статические погрешности, пропорциональные значению измеряемой величины. Они вызываются изменением коэффициента усиления усилителя, недо-компенсацией, изменением сопротивления и т.п.

Статические погрешности выражаются в единицах измерения и называются погрешностями чувствительности.

Чувствительностью K прибора или измерительной цепи называется отношение приращения показания прибора da к изменению приращения измеряемой величины dx , вызвавшему это приращение: $K = da/dx$.

С чувствительностью нельзя отождествлять порог чувствительности, то есть наименьшее значение измеряемой величины, которое вызывает отклонение указателя прибора. Например, для силоизмерителей порог чувствительности - это наименьшая нагрузка, выводящая прибор из равновесия, а для оптических приборов показателем, тождественным порогу чувствительности, является разрешающая способность прибора, то есть число делений единицы измерения, укладывающееся в полосу погрешности прибора.

Чувствительность измерительной цепи представляет собой произведение чувствительностей всех элементов системы.

Пониженная чувствительность увеличивает погрешности измерения, а излишне высокая чувствительность усложняет измерение, увеличивает время настройки и успокоения приборов, понижает помехозащищённость.

Пределы измерения, то есть рабочий диапазон шкалы прибора, всегда следует учитывать при выборе аппаратуры.

Класс точности прибора определяется относительно верхнего предела шкалы. Поэтому для небольших значений измеряемой величины нельзя использовать прибор с большим пределом измерений, ибо это увеличивает погрешность.

Перегрузочная способность прибора - это уровень, выше которого нельзя допускать возникающие перегрузки измеряемой величины.

Каждый прибор потребляет энергию на трение в механизмах, на перемагничивание сердечников, на рассеяние энергии в сопротивлениях и токоведущих цепях. Эта энергия отбирается от объекта измерения и нарушает режим его работы. Собственное потребление энергии колеблется от нескольких микроватт до нескольких десятков ватт в электроизмерителях, и поэтому его необходимо учитывать при составлении измерительных схем для уменьшения потерь.

Все электронные приборы имеют малое собственное потребление энергии, так как они имеют большое входное сопротивление при малой ёмкости. Иногда в таких приборах предусматриваются собственные источники питания.

Большинство процессов, измеряемых при испытаниях автотранспортных средств, имеют случайный или детерминированный колебательный характер. Поэтому в практике испытаний часто приходится измерять величины, изменяющиеся во времени.

При прохождении измеряемого сигнала через измерительную систему происходит потеря энергии, сопровождающаяся уменьшением амплитуды выходного сигнала (если отсутствуют резонансные явления). Инерционность электрических, механических, гидравлических, пневматических и других

устройств, а также наличие нелинейных элементов измерительных систем задерживает сигнал, в результате чего происходит сдвиг фазы колебательного процесса на выходе измерительной системы относительно входного сигнала.

Амплитудные и фазовые искажения ведут к динамическим погрешностям измерений. Характер и величина этих погрешностей определяются динамическими характеристиками измерительных устройств. При подготовке аппаратуры к испытаниям необходимо оценивать динамические характеристики переходного процесса и частотные характеристики (амплитудно-частотную и фазочастотную) измеряемого колебательного процесса.

Числовыми параметрами отдельных динамических характеристик измерительной системы служат:

- параметры переходного (временного) процесса;
- параметры колебательного процесса;
- коэффициент усиления системы;
- полоса пропускаемых частот, частота среза, частота собственных колебаний.

Переходная (временная) характеристика измерительной цепи представляет собой реакцию на выходе системы, вызванную подачей на её вход единичного ступенчатого воздействия. Единичное ступенчатое воздействие - это сигнал, который мгновенно возрастает от нуля до единицы и далее остаётся неизменным. В зависимости от инерционности и параметров системы измерения переходный процесс может протекать различно, как показано на рис. 7.1 (постепенно возрастая или в виде затухающих колебаний).

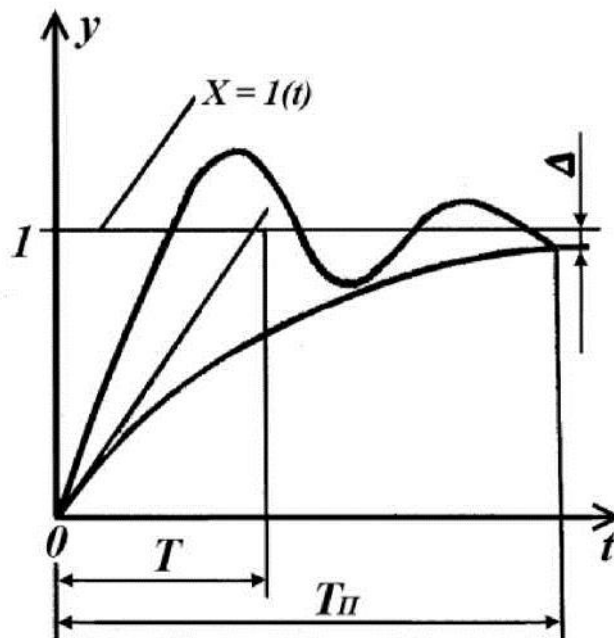


Рис. 7.1. Переходная характеристика: T – постоянная времени;
 T_{Π} – время переходного процесса;
 Δ – статическая ошибка установившегося режима

Реакция системы на единичный импульс носит название импульсной (весовой) характеристики. Единичный импульс - это математическая идеализация предельно короткого импульсного сигнала, то есть это импульс, площадь которого равна единице при длительности, равной нулю, и высоте, равной бесконечности.

Время переходного процесса T_{Π} определяет промежуток времени, в течение которого измерительная система отображает изменившееся установившееся значение сигнала.

Характеристикой быстродействия измерительной системы является постоянная времени T . Это время, равное времени переходного процесса, протекающего с максимальной для данного измерительного устройства скоростью. Эта характеристика определяется инерционностью системы, на рис. 7.1 она графически получается пересечением касательной к кривой переходного процесса с горизонталью на уровне единичной амплитуды процесса. Статическая ошибка установившегося режима определяется величиной Δ .

Частотные характеристики описывают установившиеся, вынужденные

колебания сигнала на выходе, вызванные гармоническим воздействием на входе.

Когда на вход системы поступает гармонический сигнал, то по окончании переходного процесса на выходе системы получится сигнал гармонической формы с той же частотой, что и входные колебания, но с другой амплитудой и фазой.

Если при фиксированной амплитуде входных колебаний постепенно изменять частоту и определять установившиеся значения амплитуды и фазы выходных колебаний для различных частот, можно получить зависимость от частоты отношения амплитуд и сдвига фаз выходных колебаний. Эти зависимости называются соответственно амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) и фазо-частотной характеристикой (ФЧХ).

При статических испытаниях, когда частота колебаний входного сигнала равна нулю, амплитудно-частотная характеристика представляет собой коэффициент усиления системы. По мере увеличения частоты коэффициент уменьшается до нуля, то есть происходит значительное уменьшение сигнала на выходе.

При равенстве амплитуд колебаний измеряемого сигнала на входе и выходе частота колебаний называется частотой среза. При дальнейшем увеличении частоты сигнал на входе затухает и при какой-то высокой частоте полностью теряется, то есть система не пропускает сигнал.

В информационно-измерительных системах частотой среза считается частота, при которой произошла 5-процентная потеря сигнала.

Диапазон частот, который ограничивается частотой среза, называется полосой пропускания частот.

В измерительных системах модулем амплитудно-частотной характеристики называется отношение амплитуды на выходе при динамическом режиме работы к амплитуде на выходе при статическом режиме, то есть динамической погрешностью системы.

7.2. Типы датчиков

По назначению датчики подразделяются на: датчики перемещений, скоростей, ускорений, сил, давлений, температур и др.

По физическим эффектам, используемым для преобразования измеряемой величины в электрический сигнал: тензорезисторные, пьезоэлектрические, электромагнитные, термоэлектрические и др.

По принципу действия датчики подразделяются на три группы: параметрические (пассивные), болометрические и энергетические (активные).

У параметрических датчиков под воздействием измеряемой величины меняется электрический параметр, связанный с эффектом, на основе которого работает датчик (сопротивление, индуктивность, ёмкость и др.).

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

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

Энергетические датчики под воздействием измеряемой величины вырабатывают (генерируют) сигнал в виде ЭДС.

К датчикам 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 измерительных схемах;
- направленность действия (малое влияние нагрузки в выходной цепи

датчика на режим входной цепи);

- малые масса и габаритные размеры;
- экономичность в потреблении энергии.

Работа датчиков определяется параметрами и условиями режимов их работы, а также их статическими и динамическими характеристиками. Существенной характеристикой любого датчика является линейность статической характеристики, то есть линейность зависимости выходного электрического сигнала от входной измеряемой величины. В рабочем диапазоне измерений датчик должен иметь линейную характеристику, так как нелинейность требует нелинейного масштаба указателя, резко затрудняет обработку данных, вносит дополнительные погрешности.

Кроме того, датчики должны быть по возможности безынерционными и защищёнными от внешних воздействий.

При проведении испытаний автотранспортных средств наиболее часто измеряются три группы физических величин:

1) механические величины (линейное и угловое перемещение, линейное и угловое ускорение, усилие, вибрация, давление, перепад давлений жидкостей и газов и др.);

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

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

Указанные 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.

Потенциометрический датчик представляет собой переменный резистор, к которому приложено питающее напряжение, его входной величиной является линейное или угловое перемещение токосъемного контакта, а выходной величиной - напряжение, снимаемое с этого контакта, изменяющееся по величине при изменении его положения.

Потенциометрические датчики предназначены для преобразования линейных или угловых перемещений в электрический сигнал, а также для воспроизведения простейших функциональных зависимостей в автоматических устройствах. Электрическая схема потенциометрического датчика показана на рис. 7.2.

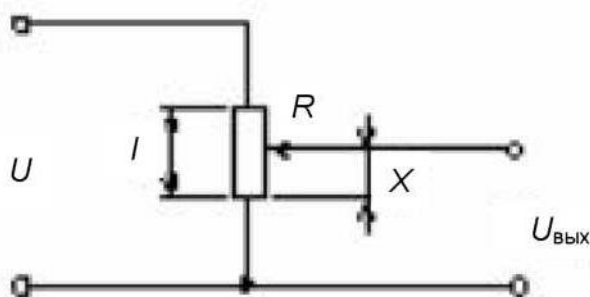


Рис. 7.2. Электрическая схема потенциометрического датчика

По способу выполнения сопротивления потенциометрические датчики делятся на:

- ламельные с постоянными сопротивлениями;
- проволочные с непрерывной намоткой;
- с резистивным слоем.

Преимущества потенциометрических датчиков:

- простота конструкции;
- малые габариты и вес;
- высокая степень линейности статических характеристик;
- стабильность характеристик;
- возможность работы на переменном и постоянном токе.

Недостатки потенциометрических датчиков:

- наличие скользящего контакта, который может стать причиной отказов

из-за окисления контактной дорожки, перетирания витков или отгибание ползунка;

- погрешность в работе за счет нагрузки;
- сравнительно небольшой коэффициент преобразования;
- высокий порог чувствительности;
- наличие шумов;
- подверженность электроэрозии под действием импульсных разрядов.

Действие **индукционных датчиков** основано на использовании закона электромагнитной индукции, по которому ЭДС, наводимая в проводнике, расположенном в магнитном поле, пропорциональна скорости изменения магнитного потока, пересекающего этот проводник.

В качестве датчиков скорости вращения наиболее широко применяются тахогенераторы. Их выполняют в виде небольших (1...100 Вт) генераторов постоянного или переменного тока с независимым возбуждением от постоянного магнита или от постороннего источника тока.

Основным недостатком тахогенераторных датчиков переменного тока является невозможность определения по их выходному сигналу направления вращения.

Тахогенератор постоянного тока - это якорь с обмотками, коллектором и возбуждением от постоянных магнитов. Тахогенератор постоянного тока отличается тем, что по знаку и величине выходного напряжения позволяет определять направление и скорость вращения исследуемого объекта.

Индукционные преобразователи используются для измерения угловой скорости вращения.

Индукционные датчики надёжны в работе, не требуют усилителя и имеют линейную характеристику (тахогенераторы постоянного тока).

Погрешности индукционных датчиков определяются двумя причинами: изменением магнитного поля с течением времени (устраняется с помощью магнитного шунта) и температурными изменениями сопротивления обмоток и силы магнитного поля (устраняются применением термоманитного шунта

или термистора в цепи якоря). Суммарные погрешности составляют 0,5...1,5%.

Акселерометр, или датчик инерции, измеряет ускорение или, согласно второму закону Ньютона, силу, вызывающую ускорение инерционной массы. Принципы работы датчиков различаются в зависимости от способа получения электрического сигнала при детектировании движения инерционной массы. Различают три категории акселерометров:

- пьезоэлектрические;
- пьезорезистивные;
- ёмкостные.

Пьезоэлектрические преобразователи применяются для измерения быстро изменяющихся механических процессов, например, вибраций деталей, переменных усилий, ускорений, давлений и других величин.

Принцип действия этих датчиков основан на пьезоэлектрическом эффекте, который заключается в том, что в кристаллах некоторых диэлектриков при воздействии на них механических сил происходит генерирование и разделение (смещение) электрических зарядов так, что одна область кристалла заряжается положительно, другая - отрицательно. Такой эффект преобразования механической энергии в электрическую получил название прямого пьезоэффекта.

Пьезорезистивный (тензорезистивный) принцип измерения неэлектрических величин основан на изменении удельного сопротивления вещества при деформации (тензорезистивный эффект). В таких датчиках упругим элементом является металлическая или керамическая мембрана, на которую наклеивается полупроводниковый тензопреобразователь.

Достоинствами тензорезистивного принципа измерения являются сравнительная простота в изготовлении, невысокая стоимость и потенциально широкий диапазон рабочих температур.

К недостаткам тензорезистивных сенсоров можно отнести:

- низкую чувствительность (в пределах 1%);
- значительные гистерезисные явления и нестабильность;

- сильное влияние температуры;
- сильное влияние статического давления;
- наличие нелинейности.

Принцип действия ёмкостных преобразователей основан на изменении ёмкости конденсатора в функции измеряемой неэлектрической величины.

В акселерометрах автотранспортных средств используются ёмкостные датчики с изменяющимся зазором под воздействием перемещения одной из обкладок датчика, нагруженной инерционной массой.

Простота конструкции, надёжность в работе, малые габариты и вес, удобство монтажа определяют широкую область использования ёмкостных датчиков.

К недостаткам датчиков можно отнести очень высокую подверженность внешним воздействиям, влияние на рабочую характеристику паразитных ёмкостей соединительных проводов электрической цепи и вспомогательных электроприборов, включаемых в измерительный комплекс, необходимость тщательной экранировки и соответственно сложность настройки при измерениях.

7.3. Тензометрирование

Тензорезисторы используются для измерения деформации в твердых телах. На их основе строят датчики веса, давления, силы, перемещения, момента, ускорения, вибрации, натяжения, крутящего момента, остаточных напряжений в механических конструкциях и деталях машин после их обработки и т.д. Принцип действия тензорезистора (рис. 7.3) основан на изменении электрического сопротивления твердого тела при его деформации приложенной силой. Для металлов с удовлетворительной точностью можно считать, что относительное изменение сопротивления линейно зависит от относительного изменения длины.

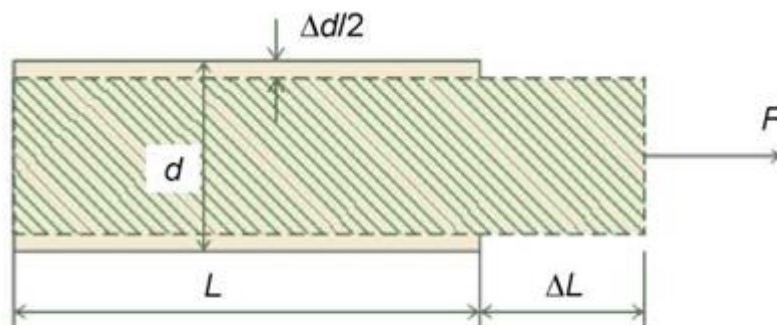


Рис. 7.3. Принцип работы тензорезистора:
 F – сила; ΔL – изменение длины; L – длина; d – диаметр

Чувствительность тензорезистора к изменению его длины характеризуется коэффициентом относительной тензочувствительности GF ("Gauge Factor"). Коэффициент тензочувствительности GF для большинства металлических тензодатчиков примерно равен 2, для платины 6,1; для некоторых специальных сплавов он может достигать до 10.

Для измерения силы с помощью тензорезисторов используют закон Гука, согласно которому при упругой деформации механическое напряжение σ пропорционально относительной деформации ϵ :

$$\sigma = K \cdot \epsilon,$$

где K – модуль упругости.

Таким образом, измерение силы с помощью тензорезистора сводится к измерению его сопротивления или напряжения на выходе измерительного моста, которое зависит от сопротивления.

При испытаниях автотранспортных средств используются проволоочные, фольговые и полупроводниковые тензорезисторы.

Полупроводниковые тензорезисторы изготавливаются на основе германия или кремния. В отличие от металлических тензорезисторов у полупроводниковых чувствительность определяется, главным образом, зависимостью удельного сопротивления полупроводника от деформации.

Изменение геометрических размеров полупроводниковых материалов очень слабо влияет на коэффициент относительной тензочувствительности. Удельное сопротивление полупроводника существенно зависит от ориентации

продольной оси тензорезистора относительно кристаллографического направления и вида примесей.

Абсолютное значение коэффициента относительной тензочувствительности у этих датчиков доходит до 200 и более единиц.

Кремниевые тензорезисторы превосходят по своим эксплуатационным характеристикам германиевые и поэтому находят более широкое применение. База выпускаемых тензорезисторов составляет 3-7 мм, толщина пластинки полупроводника 0,03-0,05 мм, сопротивление 55-75 Ом.

Малые габариты, высокая чувствительность, возможность получения на одном кристалле сложных тензометрических схем позволяют решать такие задачи измерений, для которых проволочные и фольговые тензодатчики не подходят.

В качестве недостатков полупроводниковых тензорезисторов следует отметить разброс тензочувствительности, некоторую нелинейность характеристики, чувствительность к температуре и другим внешним факторам, малую механическую прочность, высокую стоимость и плохую взаимозаменяемость.

Конструктивно металлический датчик на основе тензорезистора (тензодатчик) состоит из очень тонкого провода или, более часто, металлической фольги, сформированной в виде змейки (рис. 7.4) и нанесенной на подложку (носитель), которая непосредственно приклеивается к испытываемому телу. Типовая длина тензодатчиков колеблется от 0,2 мм до 10 см.

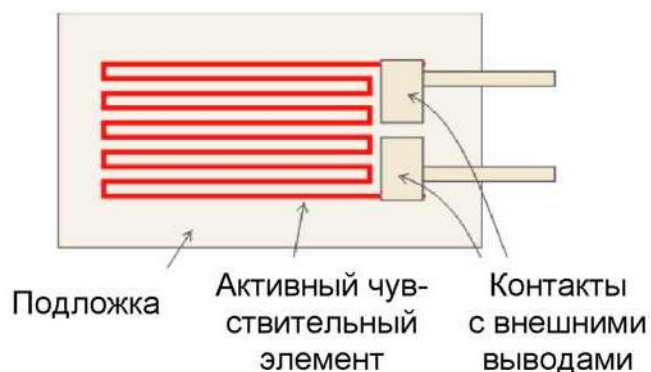


Рис. 7.4. Структура металлического тензодатчика

Змеевидная структура датчика обеспечивает большое относительное изменение длины фольги вдоль датчика и очень малое изменение при растяжении датчика в поперечном направлении. Поэтому коэффициент Пуассона в такой структуре минимален.

Серийные тензодатчики имеют сопротивление от десятков Ом до единиц кОм. Материалом для тензорезисторов служит константан (45% Ni, 55% Cu), платина и ее сплавы, нихром (80% Ni, 20% Cr), манганин (84% Cu, 12% Mn, 4% Ni), никель и др.

Чтобы точно передать растяжения образца через подложку на металлический проводник очень важно правильно приклеить датчик к испытываемому образцу. Марка клея, используемая при монтаже датчика, зависит от типа датчика и температурных условий работы исследуемой детали.

Длина чувствительного элемента тензодатчика и длина его подложки изменяются в зависимости от температуры. Поэтому, несмотря на специальные меры, принимаемые при изготовлении тензодатчиков их производителями, существует проблема снижения температурной чувствительности. Температурная чувствительность определяется двумя физическими явлениями: зависимостью омического сопротивления материала тензорезистора от температуры и паразитным тензорезистивным эффектом, который возникает вследствие несогласованности температурных коэффициентов расширения тензорезистора и материала объекта, на который

наклеен тензорезистор.

Измерения с помощью тензодатчиков требуют регистрации очень малых изменений сопротивления. Чтобы измерять столь малое изменение сопротивления и скомпенсировать температурную погрешность, тензодатчики практически всегда используют в мостовой схеме (рис. 7.5), подключенной к источнику напряжения или тока (источнику питания моста).

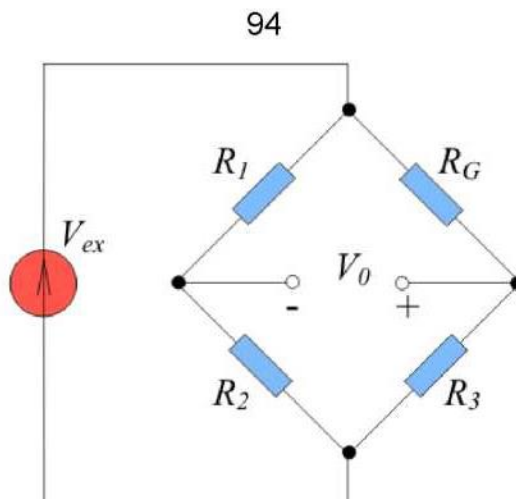


Рис. 7.5. Мост Уитстона с источником напряжения

Для выполнения измерений с помощью тензорезисторов на них необходимо подавать напряжение питания, балансировать мостовые схемы, в которые включены тензорезисторы, фильтровать сигналы от тензорезисторов и т.д. Это обеспечивается с помощью аппаратуры для тензометрирования.

Если сигнал с тензорезистора имеет достаточную величину, а регистрирующий прибор имеет достаточную чувствительность, используют устройства непосредственного измерения. В противном случае используют тензоусилители.

7.4. Обработка результатов испытаний

Поступающая от различных преобразователей информация, должна быть переработана, классифицирована и представлена в виде, удобном для обработки.

Современные системы, используемые для испытания автотранспортных средств, представляют собой измерительные комплексы, включающие в себя модули для подключения датчиков, модули преобразования аналоговых сигналов датчиков в цифровую форму, модули хранения полученной информации в цифровом виде и модули связи с внешними компьютеризированными устройствами. Указанные модули могут быть отдельными, а могут быть интегрированы в единый блок. В качестве примера в данном разделе рассматривается использование контроллера OMRON CP1H-XA40DR-A на автотранспортном средстве ГАЗ-322132, использованного кафедрой «Автомобили» МАДИ для выполнения научно-исследовательских работ в 2010-2013 гг. (рис. 7.6).

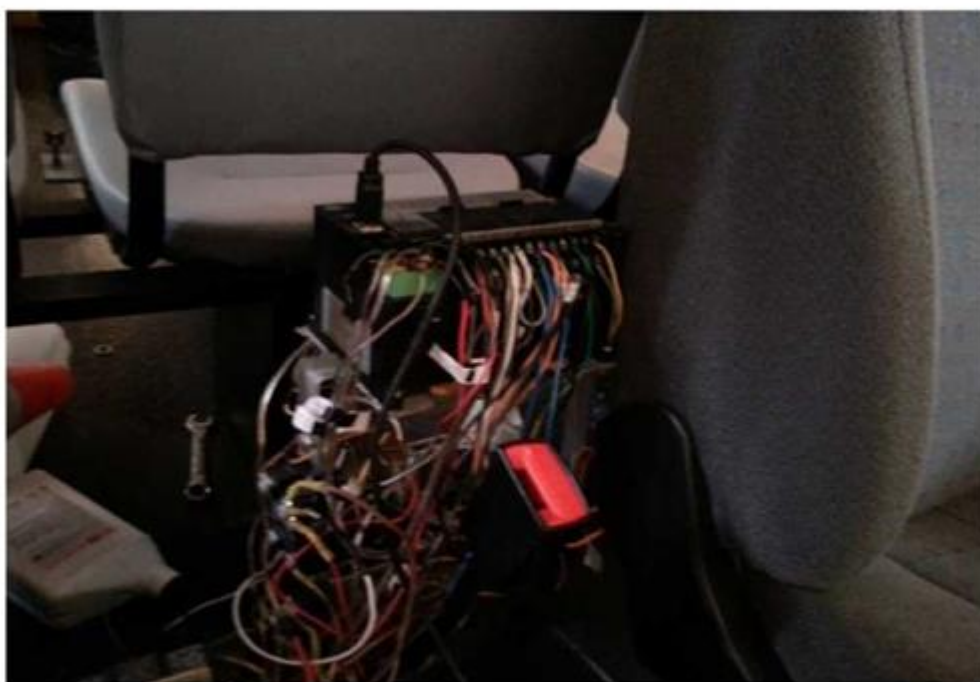


Рис. 7.6. Расположение контроллера OMRON CP1H-XA40DR-A в салоне автомобиля

В контроллере использовалось 16 цифровых входов, 4 аналоговых, 15 цифровых выходов, 2 аналоговых и память в размере 32 16-битных килослов (ячейки D0 - D32767) для хранения результатов исследований. В качестве примера ниже приведена обработка торможения автотранспортного средства. При исследовании процесса торможения в памяти сохранялись следующие данные: переменная для расчёта времени; команда; время; скорость по

переднему фронту; скорость по заднему фронту; путь по переднему фронту; путь по заднему фронту; ускорение за 0,1 с; ускорение за 0,5 с; время торможения; измеренный тормозной путь. Пример дампа памяти, выраженный в десятичном виде, представлен на рис. 7.7.

Адрес	Значение	Задать значение
D03470	0	
D03480	170	
D03490	-32768	
D03500	171	
D03510	0	
D03520	172	
D03530	-32768	
D03540	173	
D03550	0	
D03560	174	
D03570	-32768	
D03580	175	
D03590	0	
D03600	176	
D03610	-32768	
D03620	177	
D03630	-10923	
D03640	178	
D03650	21845	
D03660	179	
D03670	-21845	
D03680	180	
D03690	10923	
D03700	181	
D03710	-32768	
D03720	182	

Рис. 7.7. Дамп памяти, выраженный в десятичном виде

В ячейке D03700 находится число 181 (переменная для расчёта времени), в ячейке D03701 - число 1 (команда, в данном случае - торможение). Поскольку эти данные целые и не имеют знака, а для представления целого беззнакового числа достаточно одного 16битного слова (одна ячейка), информацию можно использовать для анализа без преобразований. Данные, находящиеся в других ячейках, сохраняются в формате числа с плавающей точкой (занимающего два 16-битных слова, т.е. 2 ячейки), поэтому для того, чтобы увидеть правильные числа, необходимо изменить формат представления, как показано на рис. 7.8.

Память ПЛК - NewPLC1 - [D]

Файл Редактировать Вид Сетка Окно Справка

2 10 10 0,10 16 a L10 2W 4W

CP1H - XA

CIO

A

T

C

IR

DR

D

TK

H

W

Стартовый адрес: 3700 Вкл. Выкл. Задать значение

Изменить Порядок Принуд. Включить Принуд. Отключить Принуд. Отменить

	+0	+2	+4	+6	+8
D03470	2,210000e+002	3,410640e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000
D03480	2,382207e-043	3,380000e+001	7,673943e+000	7,503411e+000	2,218333e+002
D03490	2,225000e+002	-1,705322e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000
D03500	2,386220e-043	3,400000e+001	7,332879e+000	7,673943e+000	2,233333e+002
D03510	2,240000e+002	3,410645e+000	3,410645e-001	0,000000e+000	0,000000e+000
D03520	2,410233e-043	3,420000e+001	7,503411e+000	7,503411e+000	2,248333e+002
D03530	2,255000e+002	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000
D03540	2,424246e-043	3,440000e+001	7,332879e+000	7,673943e+000	2,263333e+002
D03550	2,270000e+002	3,410645e+000	6,821289e-001	0,000000e+000	0,000000e+000
D03560	2,438259e-043	3,460000e+001	7,503411e+000	7,332879e+000	2,276667e+002
D03570	2,285000e+002	-1,705322e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000
D03580	2,452272e-043	3,480000e+001	7,503411e+000	7,503411e+000	2,291667e+002
D03590	2,300000e+002	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000
D03600	2,466285e-043	3,500000e+001	7,503411e+000	7,162347e+000	2,306667e+002
D03610	2,315000e+002	-3,410640e+000	-6,821280e-001	0,000000e+000	0,000000e+000
D03620	9,208353e-041	3,520000e+001	7,503411e+000	7,503411e+000	2,321667e+002
D03630	2,328333e+002	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000	0,000000e+000
D03640	9,208493e-041	3,540000e+001	7,503411e+000	6,991815e+000	2,336667e+002
D03650	2,343333e+002	-5,115962e+000	-1,023192e+000	2,000008e-001	1,500000e+000
D03660	9,208633e-041	3,560000e+001	7,162347e+000	7,162347e+000	2,350000e+002
D03670	2,356667e+002	0,000000e+000	0,000000e+000	3,999977e-001	2,833344e+000
D03680	9,208773e-041	3,580000e+001	6,991815e+000	6,991815e+000	2,365000e+002
D03690	2,371667e+002	0,000000e+000	0,000000e+000	5,999985e-001	4,333344e+000
D03700	9,208913e-041	3,600000e+001	6,821282e+000	6,480218e+000	2,378333e+002
D03710	2,385000e+002	-3,410640e+000	-1,364257e+000	7,999992e-001	5,666672e+000
D03720	9,209053e-041	3,620000e+001	6,480218e+000	6,139154e+000	2,391667e+002

Рис. 7.8. Дамп памяти, выраженный в виде числа с плавающей точкой

В ячейках D03702 и D03703 записан параметр «время», в приведённом примере - 36 с. В ячейках D03704 и D03705 находится значение скорости по переднему фронту расчётного периода времени (0,5 с) 6,82 м/с, в ячейках D03706 и D03707 - значение скорости по заднему фронту расчётного периода времени (0,5 с) - 6,48 м/с. Путь по переднему фронту расчётного периода времени (0,5 с) - 237,83 м в ячейках D03708 и D03709, путь по заднему фронту расчётного периода времени (0,5 с) - 238,5 м в ячейках D03710 и D03711. Следующий параметр в ячейках D03712 и D03713 - ускорение за 0,1 с - -3,41 м/с². Ускорение за 0,5 с (ячейки D03714 и D03715) 1,36 м/с². Ячейки D03716 и D03717 содержат время торможения - 0,8 с и в последних ячейках записи параметров движения за выбранный интервал времени D03718 и D03719 находится измеренный тормозной путь - 5,67 м. Таким образом, каждые 0,2 с движения контроллер выполняет запись назначенных параметров и сохраняет

их в своей памяти, после чего эти данные могут быть считаны в память компьютера и обработаны там в соответствии с задачами исследования. Например, можно представить сохранённые параметры движения в графическом виде.

На графике, построенном в табличном процессоре Excel из комплекта программ Microsoft Office фирмы Microsoft (рис. 7.9), представлена зависимость скорости V (м/с), команды автоматического торможения и ускорения J_{05} (м/с²) от времени (с). По данному графику можно определить момент начала движения, моменты переключения передач, момент выдачи команды автоматического торможения (параметр «команда» на рис. 7.9). Зная момент выдачи команды автоматического торможения и видя сигнал ускорения за 0,5 с, можно примерно определить время срабатывания тормозного привода. Эта информация нужна для расчёта безопасной дистанции, основную часть которой составляет тормозной путь. Зная момент выдачи команды торможения и имея зависимость скорости автотранспортного средства от времени, можно подобрать время запаздывания тормозной системы и установившееся замедление в зависимости от интенсивности торможения. Для более точного определения ускорения за 0,5 с, с помощью которого можно определить установившееся замедление, требуется обработать показания скорости, измеряемые и регистрируемые через 0,1 с, так как колебания её значений вносят погрешность в расчёты ускорений (особенно сильно эти колебания влияют на расчёт ускорений через 0,1 с).

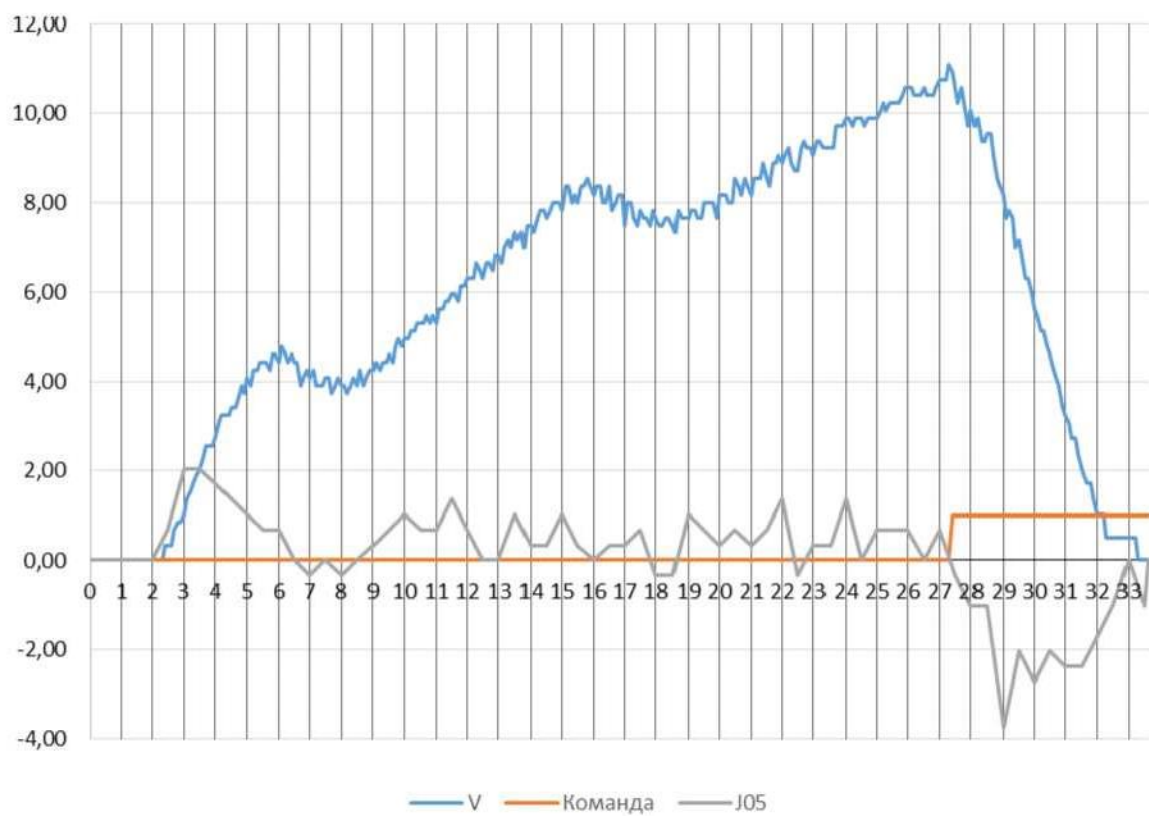


Рис. 7.9. Пример обработки параметров движения при автоматическом торможении

8. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ И РЕГИСТРИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА

8.1. Измерительная система типа «пятое колесо» DB-PRINT

Измерение скорости и пройденного пути автотранспортного средства может производиться различными измерительными системами: типа «пятое колесо», с оптическим датчиком скорости или с GPS-приёмником.

Система типа «пятое колесо» зарекомендовала себя наиболее практичной и надежной для испытаний при прямолинейном неререверсивном движении по ровным опорным поверхностям с твёрдым покрытием. К недостаткам измерительной системы типа «пятое колесо» относится невозможность осуществления замеров при движении задним ходом и достаточно большая вероятность выхода из строя при потере автотранспортным средством курсовой устойчивости.

Определение параметров движения автотранспортного средства измерительными системами с оптическими датчиками скорости или с GPS-приёмником осуществляется бесконтактно. Однако в первом случае велика вероятность сбоев при работе на некоторых видах покрытий, в частности, на льду в солнечную погоду, а также на мокрых поверхностях, при проезде над лужами и т.п. Во втором случае может не обеспечиваться необходимая точность измерения.

Измерительная система DB-PRINT используется для проведения испытаний на ускорение и торможение транспортных средств и предназначена для измерения следующих параметров движения автотранспортного средства: пути, скорости, времени. Принцип действия системы основан на применении «пятого колеса» (рис. 8.1 б) с импульсным датчиком (рис. 8.1 в) в качестве приёмника пройденного пути. Информация о пройденном пути поступает на блок обработки и отображения информации, после чего результаты измерений выводятся на встроенный дисплей, а также могут быть выведены на встроенное печатающее устройство.

Питание системы DB-PRINT осуществляется от бортовой сети

автотранспортного средства.

Система состоит из трёх блоков: блока обработки и отображения информации (рис. 8.1а), «пятого колеса» (рис. 8.1 б) и импульсного датчика (рис. 8.1 в). Количество вырабатываемых датчиком импульсов на 1 м пройденной дистанции равно 500.



а



б



в

Рис. 8.1. Система измерительная DB-PRINT:
а – блок обработки и отображения информации;
б – «пятое колесо»; в – импульсный датчик

На испытательном автотранспортном средстве «пятое колесо» крепится с помощью специальных кронштейнов.

Блок обработки и отображения информации закрепляется перед водителем посредством вакуумных кронштейнов, крепящихся к элементам остекления кузова.

Основные технические характеристики системы DB-PRINT приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Основные технические характеристики системы DB-PRINT

Диапазон измерения скорости, км/ч	0,1...160
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения скорости, %	±0,5
Диапазон измерения расстояния, м	0,1.1000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения расстояния, %	±0,5
Диапазон измерения ускорения, м/с ²	±10
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения ускорения, %	±1,5
Габаритные размеры, не более, мм: - блока обработки и отображения информации	224x146x59;

- «пятого колеса» - датчика	0711,2x31,75x44,45; 069x89
Масса, не более, кг: - блока обработки и отображения информации - «пятого колеса» - датчика	1,6; 8,5; 0,36
Рабочий диапазон температур, °С	-20+50
Электропитание блока обработки и отображения информации - от бортовой сети автотранспортного средства	10,5.30 В пост. тока, 1,5 А (при печати на встроенном принтере - до 6 А)
Электропитание датчика - от блока обработки и отображения информации через специальный разъём	5.15 В пост. тока, 60 мА
Количество вырабатываемых датчиком импульсов на 1 м дистанции	500 шт.
Номинальное давление воздуха в «пятом колесе»	0,2 МПа

8.2. Оптический датчик скорости

Оптический датчик CORREVIT L-350 (рис. 8.2) используется для бесконтактного измерения скорости автотранспортного средства и представляет собой закрепляемую на кузове автотранспортного средства оптическую систему в алюминиевом корпусе (рис. 8.2а, б) и процессорный модуль (рис. 8.2в).

Оптическая система датчика крепится либо на боковой поверхности кузова автотранспортного средства с помощью магнитного кронштейна (рис. 8.2а), либо на проушине в передней или задней части (рис. 8.2б).



а



б



в

Рис. 8.2. Оптический датчик скорости CORREVIT® L-350: оптическая система (а, б) и процессорный модуль (в)

Характеристики датчика CORREVIT L-350:

- диапазон измеряемых скоростей 0,3...250 км/ч;

- разрешение при измерении расстояния 1,5 мм;
- отклонение при измерении расстояния $\leq \pm 0,1\%$;
- частота измерений 250 Гц;
- расстояние от датчика до поверхности дорожного покрытия: 350 ± 130 мм;

- напряжение питания 10...28 В;
- температурный диапазон работы $-25...+50^{\circ}\text{C}$;
- температурный диапазон хранения $-40...+85^{\circ}\text{C}$;
- защита от влажности (от 5 до 80% конденсат не образуется);
- размеры датчика (д*ш*в) 105*70*45 мм;
- масса датчика 500 г;
- размеры электронного блока (д*ш*в) 180*125*95 мм;
- масса электронного блока 1100 г;
- источник света 2*20 Вт галогеновые лампы (AlulinePro).

Сигнальные выходы датчика CORREVIT L-350:

- CAN-Bus: CAN 2.0B;
- аналоговый выход (0...+10 В);
- цифровой выход;
- цифровой интерфейс USB 2.0, RS232.

Сигнальные входы датчика CORREVIT L-350:

- триггерный вход для калибровки со световым барьером;
- 2 аналоговых входа.

Принцип работы оптического датчика скорости представлен на рис. 8.3. Поверхность дороги 1 освещается галогеновой лампой 2. Ход лучей 3 оптической системы передаёт изображение дороги на координатную призматическую решётку 4. Контрастные точки поверхности дороги моделируются на призматической решётке, и при движении датчика вдоль поверхности дороги на выходе дифференциального усилителя сигналов с фотоэлектрических элементов 5 образуется сигнал с частотой, пропорциональной скорости движения. Генерируемые таким образом сигналы

формируются с помощью специального фильтра в виде импульсов TTL (транзисторно-транзисторная логика) и используются для определения скорости и пути. Брызговик 6 предназначен для предотвращения загрязнения оптической системы. Оптическая система способна воспринимать контрастные точки изображения дороги размером не меньше 1,5 мм.

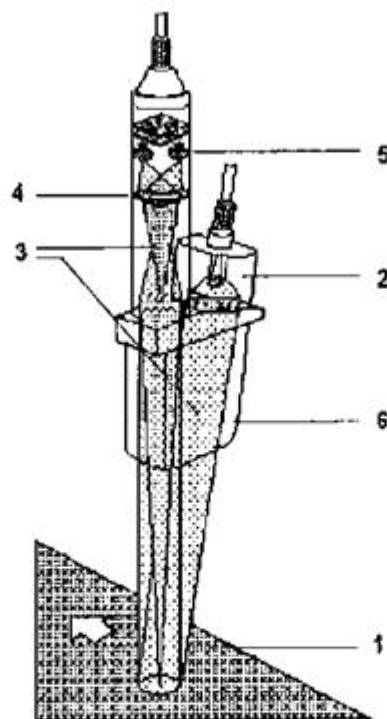


Рис. 8.3. Оптический датчик скорости.
Общее устройство: 1 – поверхность дороги; 2 – галогеновая лампа;
3 – направление лучей света; 4 – призматическая решётка;
5 – фотозлектрические элементы (2 шт.); 6 – брызговик

8.3. Датчики угловой скорости колёс BALLUFF BDG 6360

Для измерения угловой скорости колёс применяются выносные датчики BALLUFF BDG 6360. Подвижная часть датчика жестко соединяется с установочным диском с цапгами, которые, в свою очередь, фиксируются на крепёжных гайках колёсного диска (рис. 8.4а). Неподвижная часть датчика крепится к кузову автотранспортного средства специальными вакуумными кронштейнами через телескопические штанги (рис. 8.4б). Телескопические штанги позволяют компенсировать вертикальные перемещения колёс относительно кузова в пределах хода подвески, а также поворот передних

управляемых колёс при маневрировании автотранспортного средства.



а



б

Рис. 8.4. Внешний выносной датчик угловой скорости колеса (а) и его установка (б)

Выносной датчик угловой скорости колеса имеет следующие технические характеристики:

- максимальная допустимая частота вращения 12000 об/мин;
- момент инерции ротора 14 г·см²;
- температурный диапазон от - 20 до +110°С;
- масса 0,4 кг;
- пыле- и водонепроницаемость IP65;
- напряжение питания 5 В;
- количество импульсов на оборот 1000 шт.

Принцип действия датчика угловой скорости колеса заключается в следующем. Датчик угловой скорости колеса представляет собой установленную внутри непрозрачного металлического корпуса оптическую систему, состоящую из источника света (миниатюрная лампа накаливания 5 В/0,6 Вт) и двух смещённых в тангенциальном направлении фотоэлементов. Источник света и фотоэлементы разделены непрозрачным экраном, вращающимся на валу датчика. Экран имеет 1000 радиальных прозрачных прорезей, равномерно расположенных по окружности. При вращении вала

датчика фотоэлементы генерируют импульсы (тысяча импульсов на оборот). Сигнал одного фотоэлемента запаздывает по отношению к другому на четверть периода. Сигналы с фотоэлементов усиливаются электронным усилителем-формирователем выходного сигнала, установленным внутри корпуса датчика.

Выходные сигналы датчика угловой скорости колеса представляют собой импульсы напряжения прямоугольной формы U_{a1} , U_{a2} (U_{a2} запаздывает по отношению к U_{a1} при вращении вала датчика по часовой стрелке. Это позволяет определить направление вращения вала датчика). Также выдаются инвертированные сигналы O_{a1} , O_{a2} . Кроме того, один раз за один оборот вала датчика частоты вращения колеса усилитель-формирователь выходного сигнала формирует контрольный прямоугольный импульс U_{a0} , ширина которого соответствует 90° угла поворота вала датчика, и его инвертированный импульс O_{a0} .

Сигналу высокого уровня соответствует напряжение более 2,4 В ($U_{high} > 2,40$ В) при токе нагрузки менее 10 мА ($I_{high} < 10$ мА). Сигналу низкого уровня соответствует напряжение менее 0,45 В ($U_{LOW} < 0,45$ В) при токе нагрузки менее 40 мА ($I_{LOW} < 40$ мА).

8.4. Датчик ускорений и угловых скоростей TANS

Датчик ускорений и угловых скоростей «Tri-Axial Navigational Sensor» (TANS) (рис. 8.5) позволяет определять ускорения и угловые скорости автотранспортного средства относительно трёх координатных осей.



Рис. 8.5. Датчик ускорений и угловых скоростей TANS

Основные характеристики датчика TANS:

- диапазон измерения ускорений $\pm 3g$;
- диапазон измерения угловых скоростей ± 150 град/с;
- частота измерения ускорений 10 Гц;
- частота измерения угловых скоростей 25 Гц;
- относительная погрешность измерений ускорений $\pm 1\%$;
- относительная погрешность измерений угловых скоростей $\pm 10\%$;
- температурный предел измерений $-40...+85^{\circ}\text{C}$;
- напряжение питания: постоянный ток $12\text{В} \pm 5\text{В}$, $60\text{мА} \pm 10\text{мА}$;
- масса 230 ± 25 г.

8.5. Датчик усилия воздействия на орган управления рабочей тормозной системой

Для измерения силы воздействия на орган управления рабочей тормозной системой в процессе торможения используется датчик СРФТА. Датчик закрепляется на педали тормоза с помощью упругого ремня (рис. 8.6а) и соединяется кабелем с блоком питания и индикации величины усилия нажатия (рис. 8.6б). Блок питания и индикации закрепляется на вакуумном кронштейне перед испытателем.



а



б

Рис. 8.6. Датчик усилия воздействия на орган управления рабочей тормозной системой (а) с блоком питания и индикации (б)

Для регистрации усилия нажатия на педаль тормоза блок питания и индикации соединен кабелем с аналоговым разъёмом системы сбора и обработки данных.

Технические характеристики датчика CPFTA:

- диапазон измерений от 0 до 1500 Н;
- относительная точность измерений 3%;
- линейность 0,1;
- величина выходного напряжения, эквивалентная усилию нажатия в 1 Н 1 мВ;
- размеры датчика 50*65*35 мм.

8.6. Измерительная система MSW/S Measurement Steering Wheel

Установка измерительного рулевого колеса MSW/S Measurement Steering Wheel позволяет измерить и зарегистрировать следующие параметры:

- угол поворота рулевого колеса;
- усилие на рулевом колесе;
- угловую скорость поворота рулевого колеса.

Измерительная система MSW/S Measurement Steering Wheel включает в себя процессорный модуль (рис. 8.7а) и накладное рулевое колесо с

измерительным модулем (рис. 8.7б).



а



б

*Рис. 8.7. Измерительное рулевое колесо MSW/S Measurement Steering Wheel:
а – процессорный модуль; б – накладное рулевое колесо
с измерительным модулем*

Процессорный модуль обеспечивает прием сигнала, вычисление, фильтрацию и вывод всех параметров измерения, а также обеспечивает питанием измерительный модуль.

Рулевое колесо MSW и измерительный модуль устанавливаются на штатное рулевое колесо автотранспортного средства посредством адаптера с воротниковыми зажимами. Измерительный модуль состоит из ротора и статора и оборудован тензометрическими датчиками для определения усилия момента воздействия на рулевое колесо и импульсным датчиком для определения угла поворота рулевого колеса. Ротор может свободно вращаться относительно статора и соединён с рулевым колесом MSW. Корпус статора для обеспечения неподвижности соединяется с лобовым стеклом вакуумными кронштейнами. Таким образом, вращение рулевого колеса MSW происходит совместно с вращением рулевого колеса автотранспортного средства и соответствует вращению ротора измерительного модуля относительно статора. Это позволяет определить угол поворота рулевого колеса и усилие на рулевом колесе. Угловая скорость поворота рулевого колеса рассчитывается дифференцированием сигнала угла поворота по времени.

Технические характеристики измерительного рулевого колеса MSW/S Measurement Steering Wheel приведены в табл. 8.2.

Технические характеристики измерительного рулевого колеса MSW/S

Measurement Steering Wheel

Параметр	Значение
Диапазон температур	0°...+70°C
Диапазон рабочих температур	-20°C...+80°C
Напряжение питания измерительного модуля	10...36 В постоянного тока, защита от короткого замыкания
Потребляемый ток	~380 мА
Масса датчика (со стандартным фланцем рулевого колеса, без рулевого колеса и адаптера рулевой колонки), (не более)	3,6 кг
Масса стандартного рулевого колеса	1,4 кг
Момент инерции	60 кг·см ²
Диапазон измерения момента на рулевом колесе	±250 Нм
Погрешность измерения момента на рулевом колесе	±0,2%
Диапазон измерения угла поворота рулевого колеса	±1250 град
Погрешность измерения угла поворота рулевого колеса	0,1 град
Максимальная угловая скорость вращения рулевого колеса	1000 д/с

8.7. Регистраторы данных с GPS-приёмником

Регистраторы данных CDS-GPS CLOGMA и VBOX3i Single Antenna имеют встроенные GPS-приёмники и предназначены для определения местоположения (широта, долгота), пройденного пути и скорости объекта испытаний. На основании этих данных рассчитываются продольные и поперечные ускорения, а также траектория движения.

Регистратор данных CDS-GPS CLOGMA состоит из модуля сбора данных (рис. 8.8а), блока управления и отображения (рис. 8.8б), выносной антенны GPS (рис. 8.8б) и осуществляет запись данных с частотой до 1 кГц.



а



б

Рис. 8.8. Регистратор данных CDS-GPS CLOGMA:
а – регистратор данных; б – GPS-антенна

Основные характеристики регистратора данных:

- частота дискретизации регистратора данных до 1 кГц;
- частота дискретизации GPS-сигнала 100 Гц;
- измеряемый диапазон скоростей 0,1..1600 км/ч;
- разрешающая способность 0,036 км/ч;
- погрешность измерений 0,1 км/ч;
- интерфейсы подключения CAN, USB, Ethernet/LAN, CF-Slot (8 Гб CF-Card);
- напряжение питания 10...28 В;
- потребляемая мощность менее 15 Вт;
- удароустойчивость $\pm 50g$ на протяжении 6 мс;
- виброзащищенность 10g при 10...150 Гц;
- температурный предел измерений -20...+50°C;
- габариты модуля сбора данных 195*126*95 мм;
- габариты дисплея 190*115*35 мм;
- масса модуля сбора данных 1200 г;
- масса блока управления и отображения 450 г.

Аналого-цифровой преобразователь CSM AD-Scan MiniModul (рис. 8.9) предназначен для оцифровки данных с восьми входных аналоговых каналов и

передает преобразованные данные по шине CAN в блок регистратора данных CDS-GPS.



Рис. 8.9. Аналого-цифровой преобразователь CSM AD-Scan MiniModul

Регистратор данных VBOX3i Single Antenna состоит из выносной проводной GPS-антенны (рис. 8.10а) и GPS-модуля управления и сбора данных (рис. 8.10б).



а



б

Рис. 8.10. Регистратор данных VBOX3i Single Antenna:
а – GPS-антенна; б – GPS-модуль

Основные характеристики регистратора данных VBOX3i Single Antenna:

- частота дискретизации регистратора данных до 100 Гц;
- частота дискретизации GPS-сигнала 100 Гц;
- измеряемый диапазон скоростей 0,1-1600 км/ч;
- разрешающая способность 0,01 км/ч;
- погрешность измерений 0,1 км/ч;
- интерфейсы подключения CAN, USB, CF-Slot;
- напряжение питания 7-30 В;
- потребляемая мощность менее 5,5 Вт;

- удароустойчивость $\pm 50g$ на протяжении 6 мс;
- виброзащищенность 10g при 10.150 Гц;
- температурный предел измерений $-20^{\circ}C...+70^{\circ}C$;
- габариты GPS-модуля 170*121*41 мм;
- масса GPS-модуля 900 г.

8.8. Мобильная система сбора и обработки данных DAS-3

Компактная мобильная система сбора и обработки данных DAS-3 (рис. 8.11) служит для записи регистрируемых параметров и их предварительной обработки.

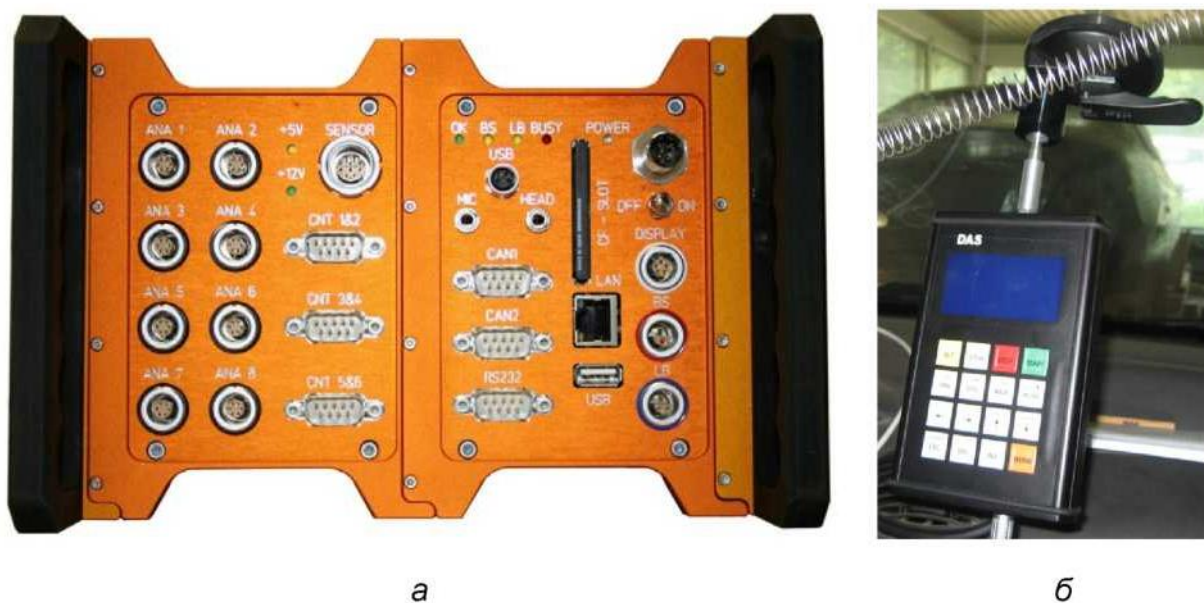


Рис. 8.11. Система сбора и обработки данных DAS-3:
а – конфигурация разъёмов основного модуля;
б – блок управления и отображения

Система DAS-3 состоит из основного модуля сбора данных (рис. 8.11а) и блока управления и отображения (рис. 8.11 б).

Основной модуль включает в себя два главных компонента: аналоговый модуль и процессорный модуль. Основной модуль также имеет соединители Ethernet, USB, COM, CAN и разъемы для подключения дополнительных дисплеев. Управление, определение параметров и оперативное отображение данных осуществляются через блок управления и отображения,

представленный на рис. 8.11 б. Системные параметры также могут задаваться через подключенный к USB-разъёму персональный компьютер с установленным программным обеспечением CORRSYS-DATRON CeCalWin Pro.

Основной модуль располагается в салоне автотранспортного средства и должен быть закреплён от перемещений в пространстве. Блок управления и отображения системы DAS-3, представляющий собой в едином корпусе пульт управления и цифровой дисплей, устанавливается в салоне на лобовом стекле перед водителем на специальном вакуумном кронштейне.

Электропитание системы DAS-3 осуществляется от бортовой сети автотранспортного средства через блок распределения питания Small 12V Power Distributor Box, подключаемый к штатной аккумуляторной батарее автотранспортного средства.

Регистрируемые данные сохраняются на флэш-карте типа Compact Flash (CF). Тип создаваемых файлов (расширение) - adf. С помощью программного обеспечения CORRSYS-DATRON CeCalWin Pro файлы типа adf могут переводиться в текстовый формат и обрабатываться любым подходящим программным обеспечением, как собственным, так и сторонних производителей, таким, например, как табличный процессор Excel из комплекта программ Microsoft Office фирмы Microsoft. Также файлы с расширением adf могут быть непосредственно обработаны программным пакетом TurboLab фирмы CORRSYS-DATRON.

Технические характеристики системы DAS-3 представлены в табл. 8.3.

Таблица 8.3

Технические характеристики системы DAS-3

Характеристика	Значение
Габаритные размеры:	
Дисплей	Ширина 115*глубина 35*высота 190 мм
Процессорный модуль с ручками	Ширина 132*глубина 300*высота 150 мм
Аналоговый модуль без ручек	Ширина 108*глубина 245*высота 148 мм
Вся система с ручками	Ширина 230*глубина 300*высота 150 мм
Масса:	
Дисплей	0,45 кг

Характеристика	Значение
Процессорный модуль с ручками	2,8 кг
Аналоговый блок без ручек	1,6 кг
Вся система с ручками	4,4 кг
Напряжение питания	9...26 В постоянного тока с защитой от обратной полярности и контрольным светодиодом, прибл. 800 мА для всей системы без подсоединенных датчиков
Диапазон температур	рабочий: от -20 до +50°C хранение: от -40 до +70°C
Стандарт защиты	IP 50
Среда хранения данных	Расширяемая память данных измерений (флэш-память Compact Flash с емкостью от 4 Гб)
Сигнальные входы (рис. 8.11а)	1 вход для датчиков CORREVIT - SENSOR; 6 частотных входов - CNT1&2, CNT3&4, CNT5&6; 2 цифровых входа - CAN1, CAN2; 8 аналоговых входов - ANA1-ANA8; BS - вход выключателя тормоза; LB - вход светового барьера

В систему DAS-3 могут поступать и регистрироваться следующие сигналы:

- от датчиков угловой скорости колёс на входы CNT 1&2 и CNT 3&4;
- от системы DB-PRINT с выхода TTL-Out на вход CNT 5&6;
- от датчика усилия нажатия на педаль тормоза на аналоговый вход ANA 7;
- от процессора оптического датчика скорости CORREVIT L-350 на вход SENSOR;
- от процессора измерительного рулевого колеса MSW на аналоговые входы;
- от датчика TANS на аналоговые входы.

В настройках системы DAS-3 устанавливается частота опроса датчиков (переменная Rate). Для расчёта системой DAS-3 значений скоростей автотранспортного средства и его колёс на основании обработки импульсных входных сигналов от соответствующих датчиков задается временной интервал (переменная Time Window).

Также для настройки системы необходимо указать для каждого

подключенного датчика свой градуировочный коэффициент (Factor).

В качестве градуировочного коэффициента для импульсных датчиков скорости автотранспортного средства и частоты вращения колёс указывается количество вырабатываемых датчиком импульсов на 1 м пройденного пути. Таким образом, система DAS-3 сможет пересчитать поступающее от датчиков количество импульсов в метры пройденного пути и на основании Time Window определить скорости автотранспортного средства и его колёс, ускорения и другие производные параметры.

Для датчика усилия нажатия на педаль тормоза градуировочный коэффициент устанавливается технической характеристикой и соответствует 100 (Factor=100).

Сводные параметры конфигурации DAS-3 представлены в окне программы CeCalWin Pro на рис. 8.12.

Name	Decimals	Unit	Source	Time Window	Alias	Factor	Offset	Range	Offset Cal	Pulse Time	Mode	CAN Line	ID	Extended	Offset Bit	Length	Value Type	Data Format
1	3	[m]	Default	50ms														
2	3	[m/s]	Default	50ms														
3	3	[m/s²]	Default	50ms														
4	1	[°]	Default	100ms														
5	3	[V]				14.7	-37.0	±10V	Off									
6	3	[V]				14.7	-37.0	±10V	Off									
7	1	[V]				1	0	±10V	Off									
8	1	[V]				1	0	±10V	Off									
9	1	[V]				20.0	0	±10V	Off									
10	1	[V]				25.0	0	±10V	Off									
11	1	[V]				1.00	0	±10V	Off									
12	1	[V]				1	0	±10V	Off									
13	3	[m/s]	CNT1	50ms		548.85				100ms	Speed	CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
14	3	[m/s]	CNT2	50ms		548.85				100ms	Speed	CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
15	3	[m/s]	CNT3	50ms		534.19					Speed	CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
16	3	[m/s]	CNT4	50ms		534.19					Speed	CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
17	3	[m/s]	CNT5	50ms		530.0					Speed	CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
18	3	[m]	CNT6	50ms		500.0					Dist	CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
19	1	[V]				1	0					CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
20	1	[V]				1	0					CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
21	1	[V]				1	0					CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
22	1	[V]				1	0					CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
23	1	[V]				1	0					CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
24	1	[V]				1	0					CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
25	1	[V]				1	0					CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
26	1	[V]				1	0					CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
27	1	[V]				1	0					CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
28	1	[V]				1	0					CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
29	1	[V]				1	0					CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16
30	1	[V]				1	0					CAN1	1FFFFF	On	0	16	Unsigned	Int16

Рис. 8.12. Параметры системы DAS-3 в окне программы CeCalWin Pro

В табл. 8.4 указано сопоставление входных каналов определяемым параметрам движения автотранспортного средства.

Перечень задействованных входных каналов системы DAS-3

Входной канал	Параметр движения	Градуйровочный коэффициент	Единицы измерения
CNT1	Окружная скорость переднего левого колеса	548,85	км/ч
CNT2	Окружная скорость переднего правого колеса	548,85	км/ч
CNT3	Окружная скорость заднего левого колеса	534,19	км/ч
CNT4	Окружная скорость заднего правого колеса	534,19	км/ч
CNT5	Скорость автотранспортного средства по «пятому» колесу	500	км/ч
CNT6	Пройденный путь автотранспортного средства по «пятому» колесу	500	м
ANA1	Продольное ускорение автотранспортного средства по датчику TANS	14,7	м/с ²
ANA2	Поперечное ускорение автотранспортного средства по датчику TANS	14,7	м/с ²
ANA3	Угловая скорость автотранспортного средства по датчику TANS	1	рад/с
ANA4	Угловая скорость автотранспортного средства по датчику TANS	1	рад/с
ANA5	Угол поворота рулевого колеса	20	градус
ANA6	Усилие на рулевом колесе	25	Н
ANA7	Усилие воздействия на орган управления рабочей тормозной системой	100	кгс
ANA8	Скорость вращения рулевого колеса	1	градус/с
SENSOR	Скорость автотранспортного средства по оптическому датчику	-	км/ч

8.9. Измерительная система сбора и обработки данных CS 1016 FAMOS Online

Универсальная измерительная система сбора и обработки данных CS 1016 FAMOS Online (рис. 8.13) предназначена для регистрации и предварительной обработки измеряемых параметров при испытаниях автотранспортных средств и их компонентов.

В конфигурации испытательного комплекса кафедры «Автомобили» корпус системы CS 1016 FAMOS Online для удобства установки в салоне автотранспортного средства соединён с модулем сбора данных CDS-GPS CLOGMA и процессорным модулем рулевого колеса MSW/S (рис. 8.14).



Рис. 8.13. Измерительная система CS 1016 FAMOS Online



*Рис. 8.14. Измерительная система CS 1016 FAMOS Online
с модулем сбора данных CDS-GPS CLOGMA
и процессорным модулем рулевого колеса MSW/S*

Система CS 1016 FAMOS Online позволяет записывать с частотой до 100 Гц все сигналы, передаваемые процессором MSW/S и модулем сбора данных CDS-GPS CLOGMA GPS, а также сигналы датчиков угловой скорости колёс, усилия нажатия на педаль тормоза, ускорений и угловых скоростей.

Система CS 1016 FAMOS Online имеет 16 аналоговых входов, 4 аналоговых выхода, 8 цифровых выходов, 8 цифровых входов, 4 входа счетчика импульсов, слот для карты памяти.

Система CS 1016 FAMOS Online осуществляет обработку данных в режиме реального времени и имеет доступ к базе данных Vector (CAN - DBC файлы) для подключения к измерительному комплексу различных CAN-устройств, в том числе штатной шины CAN транспортного средства.

Система CS 1016 FAMOS имеет внутреннюю память на карте и на жестком диске, а также встроенный GPS-приёмник для «привязки» в реальном

времени результатов измерений.

Управление и отображение данных производится при помощи портативного персонального компьютера с установленным программным пакетом DEVICES 2.7R3, разработанным компанией IMC, Германия. Также в пакете программного обеспечения имеется программный комплекс обработки получаемых данных в реальном времени IMC STUDIO, который может обеспечивать не только визуализацию снимаемых параметров, но и мгновенную их обработку.

Полученные данные сохраняются на внутренней памяти и/или в памяти компьютера.

Обработка записанных результатов измерений производится посредством программного комплекса imc FAMOS Signal analysis software. Эта программа обрабатывает данные различных форматов, генерирует отчеты, а также передает данные прочих форматов для последующей обработки с помощью модулей Report Generator, Waveform Editor, Sequence Editor, Curve Window, FAMOS Math. Functions, Data-Browser, Data Export.

Технические характеристики универсальной измерительной системы imc CS-1016:

- напряжение питания 10.36 В;
- температурный диапазон -10°C. +55°C;
- габаритные размеры 95*111*185 мм.
- масса 2 кг.

8.10. Блок распределения питания Small 12V Power Distributor Box

Электрическое питание измерительной и регистрирующей аппаратуры осуществляется от бортовой сети автотранспортного средства. Так как в испытательном процессе может быть задействовано большое количество аппаратуры, то для её подключения используются блоки распределения питания. Блоки распределения питания также обеспечивают стабилизацию напряжения питания и защиту от перегрузок электрических схем.

Блок распределения питания Small 12V Power Distributor Box (рис. 8.15) имеет две электрические цепи, защищённые плавкими предохранителями на 8 А. Каждая электрическая цепь имеет две автомобильные розетки и две пары гнезд штекерного типа для подключения потребителей. Одна из этих цепей имеет выключатель для автономного отключения электропитания. Обе электрические цепи имеют электрическую защиту от неправильного подключения к бортовой сети автотранспортного средства. Блок подключается к клеммам аккумуляторной батареи автотранспортного средства кабелем длиной 5 м с контактными зажимами.



а



б

Рис. 8.15. Блок распределения питания Small 12V Power Distributor Box (а) и его подключение к аккумуляторной батарее (б)

Технические характеристики блока распределения питания Small 12V Power Distributor Box:

- максимальный ток 16 А;
- диапазон рабочей температуры -25...+50°C;
- диапазон температуры хранения -40...+85°C;
- габаритные размеры 200*70*120 мм;
- масса 1350 г.

Контрольные вопросы и задания

1. Представьте классификацию видов испытаний.
2. Какие этапы включает в себя подготовка к испытаниям?
3. Перечислите общие условия проведения испытаний.
4. Каким образом выполняется балластировка автотранспортного средства?
5. Перечислите пункты техники безопасности при испытаниях.
6. Где могут выполняться дорожные испытания?
7. Перечислите задачи испытаний на дорогах общего пользования.
8. Перечислите недостатки испытаний на дорогах общего пользования.
9. Перечислите преимущества и недостатки полигонных испытаний.
10. Какие выполняются испытания тормозных систем?
11. Какие выполняются испытания на управляемость и устойчивость?
12. Каковы цели ресурсных испытаний?
13. Что фиксируется в процессе пробеговых испытаний?
14. Как определяются показатели надёжности?
15. Назовите преимущества и недостатки стендовых испытаний.
16. Перечислите разновидности испытательных стендов.
17. Какими характеристиками должен обладать стенд, чтобы обеспечить ездовой цикл?
18. Дайте классификацию стендов с беговыми барабанами по способу поглощения энергии, вырабатываемой автотранспортным средством.
19. Дайте определение сертификационным испытаниям.
20. Как определяется объём сертификационных испытаний?
21. Как определяются параметры сцепления?
22. Что определяется при испытаниях механических и автоматических коробок передач?
23. Какие существуют типы стендов для испытаний коробок передач?
24. Какие характеристики определяются при испытаниях амортизаторов?
25. Каким испытаниям подвергаются тормозные механизмы?

26. Каковы особенности шинных испытательных полигонов?
27. Какова схема типового испытательного полигона?
28. Перечислите дорожные сооружения полигона НАМИ.
29. Перечислите лабораторные сооружения полигона НАМИ.
30. Перечислите дорожные сооружения полигона IDIADA.
31. Какие существуют методы измерений?
32. Какие существуют погрешности измерений?
33. Что относится к основным метрологическим характеристикам измерительных устройств?
34. Каковы способы преобразования неэлектрических величин в электрические?
35. Какие существуют типы датчиков?
36. Какие преимущества и недостатки имеют тензометрические датчики?
37. Какие преимущества и недостатки имеют потенциометрические датчики?
38. Какие преимущества и недостатки имеют индукционные датчики?
39. Какие существуют типы акселерометров?
40. Назовите способы измерения скорости и пройденного пути автотранспортного средства.
41. Объясните принцип действия измерительной системы типа «пятое колесо». Укажите преимущества и недостатки.
42. Сформулируйте принцип действия оптического датчика скорости.
43. В чём заключается принцип действия датчика угловой скорости колеса автотранспортного средства?
44. Для измерения каких параметров используется датчик TANS?
45. Что измеряется датчиком CPFTA?
46. Какие параметры позволяет определить измерительное рулевое колесо?
47. Какие параметры автотранспортного средства определяются регистраторами данных с GPS-приёмником?

48. Рассмотрите конструкцию системы сбора и обработки данных DAS-3.

49. Рассмотрите конструкцию системы сбора и обработки данных CS 1016 FAMOS Online.

50. Каким образом осуществляется электропитание испытательной аппаратуры?

Форма типового протокола испытаний

1. Дата выполнения.
2. Место испытаний.
3. Идентификация объекта испытаний:
 - код VIN;
 - марка, модель, размерность шин;
 - давление воздуха в шинах;
 - общая масса, распределение нагрузки по осям;
 - длина, ширина, высота, база, колея колёс.
4. Условия проведения испытаний:
 - метеорологические условия (скорость и направление ветра, температура воздуха, атмосферное давление, влажность воздуха, наличие солнечной радиации, осадки);
 - дорожные условия (состояние дорожного покрытия, температура дорожного покрытия, уклоны и т.п.);
 - состояние объекта (см. п. 3).
5. Испытатель-эксперт (Ф.И.О., рост, вес, год рождения, стаж вождения с года).
6. Регистрируемые параметры и показатели.
7. Измерительная и регистрирующая аппаратура.
8. Испытательное оборудование.
9. Описание испытательного манёвра.
10. Результаты испытаний.
11. Обработка результатов испытаний.
12. Заключение.

Подпись исполнителя _____ дата _____

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В.М. Беляев, М.С. Высоцкий, Л.Х. Гилелес [и др.]; под общ. ред. А.И. Гришкевича. - Минск: Выш. школа, 1991. - 187 с.
2. Автомобили: Теория эксплуатационных свойств: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А.М. Иванов, А.Н. Нарбут, А.С. Паршин [и др.]; под. общ. ред. А.М. Иванова. - М.: Изд. центр «Академия», 2013. - 176 с.
3. Автомобильная симфония. Автополигон НАМИ. 1964-2009 гг. - Смоленск: Изд-во «И. П. Флиманкова», 2009. - 120 с.
4. Балабин, И.В. Испытания автотранспортных средств / И.В. Балабин, Б.А. Куров, С. А. Лаптев. - М.: Машиностроение, 1988. - 298 с.
5. Бахмутов, С. В. Исследование динамических характеристик автомобиля с системами активной безопасности посредством виртуальных и дорожных испытаний / С.В. Бахмутов, И.К. Куликов, А.А. Барашков // Труды НАМИ. 2016. - № 265. - С. 53-65.
6. Безверхий, С.Ф. Основы технологии полигонных испытаний и сертификация автотранспортных средств / С.Ф. Безверхий, Н.Н. Яценко. - М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. - 600 с.
7. Беляев, В. П. Испытания автотранспортных средств: учебное пособие / В. П. Беляев. - Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2013. - 293 с.
8. Вахламов, В. К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. К. Вахламов. - 4-е изд., стер. - М.: Изд. центр «Академия», 2010. - 240 с.;
9. ГОСТ 16504-81. Испытания и контроль качества продукции. - М.: Стандартинформ, 2011. - 23 с.
10. ГОСТ 31507-2012. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. - М.: Стандартинформ, 2013. - 51 с.
11. ГОСТ Р 53409-2009. Автомобильные транспортные средства.

Сцепления сухие фрикционные. Общие технические требования и методы испытаний. - М.: Стандартинформ, 2010. - 12 с.

12. ГОСТ Р 53816-2010. Автомобильные транспортные средства. Амортизаторы гидравлические телескопические. Технические требования и методы испытаний. - М.: Стандартинформ, 2010. - 17 с.

13. ГОСТ Р 8.736-2001. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. - М.: Стандартинформ, 2013. - 20 с.

14. Дыгало, В. Г. Технология испытания систем активной безопасности автотранспортных средств: монография / В. Г. Дыгало, А. А. Ревин. - М.: Машиностроение, 2012. - 388 с.

15. Испытания автотранспортных средств / В. Б. Цимбалин, И.Н. Успенский, В.Н. Кравец [и др.]. - М.: Машиностроение, 1978. - 199 с.

16. Испытания колёсных транспортных средств: учебное пособие / А.М. Иванов, С.Р. Кристальный, Н.В. Попов, А.Р. Спинов. – М.: МАДИ, 2018. – 124 с.

17. Кушвид, Р. П. Испытания автотранспортных средств / Р. П. Кушвид. - М.: Изд-во МГИУ, 2011. - 351 с.

18. Лаптев, С. А. Автомобильные полигоны / С. А. Лаптев. - М.: Машиностроение, 1966. - 504 с.

19. Лаптев, С. А. Комплексная система испытаний автотранспортных средств / С. А. Лаптев. - М.: Изд-во стандартов, 1991. - 172 с.

20. Набоких, В. А. Испытания автотранспортных средств: учебное пособие / В. А. Набоких. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 224 с.

21. Научно-исследовательский центр по испытаниям и доводке автототехники. Техническая система водополива. Технический отчёт. - Дмитров, 1998. - 29 с.

22. Правила ЕЭК ООН № 13-11. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения. - URL:

<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r013r6r.pdf> (дата обращения 05.12.2017).

23. Правила ЕЭК ООН № 13Н-00 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения. URL: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R013Nr3r.pdf> (дата обращения 05.12.2017).

24. Правила ЕЭК ООН № 83-06 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении выбросов загрязняющих веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей. - URL: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2017/R086r3e.pdf> (дата обращения 05.12.2017).

25. Правила ЕЭК ООН № 90-02 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения сменных тормозных накладок в сборе, тормозных накладок барабанного тормоза и дисков и барабанов для механических транспортных средств и их прицепов. - URL: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R090r3r.pdf> (дата обращения 05.12.2017).

26. Рябчинский, А.И. Регламентация активной и пассивной безопасности / А.И. Рябчинский, Б. В. Кисуленко, Т.Э. Морозова. - М.: Изд. центр «Академия», 2006. - 432 с.

27. Соломатин, Н.С. Испытания узлов, агрегатов и систем автомобиля: учеб. пособие / Н.С. Соломатин. - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. - 143 с.

28. Спинов А.Р. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Теория наземных транспортных средств»: Учебные дорожные испытания автомобиля / А.Р. Спинов, С.Р. Кристальный, Н.В. Попов. - М.: МАДИ, 2015. - 48 с.

29. Технический регламент таможенного союза (ТР ТС 018/2011) о безопасности колесных транспортных средств - URL:

<http://webportalsrv.gost.ru/portal/Gost>

News.nsf/acaf7051ec840948c22571290059c78f/9fe752e7e38cc18e44257bde0024e7d4/\$FILE/TR_TS_018-2011_text.pdf (дата обращения 05.12.2017).

30. Центр испытаний «НАМИ». - URL: <http://autorc.ru> (дата обращения 05.12.2017).

31. Applus IDIADA Proving Ground. - URL: www.applusidiada.com (дата обращения 05.12.2017).