

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Иркутский государственный аграрный университет
им. А.А. Ежевского**

**Кафедра «Эксплуатация машинно - тракторного парка,
безопасность жизнедеятельности и профессиональное обучение»**

П.И. Ильин

**ИСПЫТАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ
Учебно - методическое пособие
для практических занятий
для студентов инженерного факультета
направление подготовки 23.03.03 «Эксплуатация
транспортно - технологических машин и комплексов,
35.04.06 Агроинженерия**

Молодёжный, 2020

УДК 629.113.001.4(075.8)

Рекомендовано к изданию учебно - методической комиссией инженерного факультета Иркутского ГАУ (протокол № 9 от «21» мая 2020 г.)

Рецензент:

Бураев М.К. – заведующий кафедрой «Технический сервис и общеинженерные дисциплины», д.т.н., профессор

В учебно - методическом пособии рассмотрена методика стендовых и дорожных испытаний автомобилей и тракторов, которые могут применяться в различных областях народного хозяйства.

Учебно - методическое пособие предназначено для студентов инженерного факультета направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно - технологических машин и комплексов, 35.04.06 Агроинженерия при изучении дисциплин «Испытание ТИТМО», «Испытания автотракторной техники» / Автор: П.И. Ильин – Молодежный : Изд - во Иркутского ГАУ, 2020. - 82 с. – Текст : электронный.

© П.И. Ильин, 2020

© Иркутский ГАУ им. А.А. Ежовского, 2020

ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

Испытания автомобилей и тракторов являются непременной частью, с одной стороны, науки об автомобилях и тракторах, с другой стороны – машиностроительного производства. Проведение испытаний является весьма сложной и специфической научно - исследовательской работой, требующей углубленной специализации персонала.

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

Учебно - методическое пособие для практических занятий предназначено для студентов бакалавров и магистров очного и заочного форм обучения направления обучения 23.03.03 «Эксплуатация транспортно - технологических машин и комплексов, 35.04.06 Агроинженерия.

Основной целью практических занятий является ознакомление с методикой проведения стендовых испытаний агрегатов автомобилей, а также дорожных испытаний полнокомплектных автомобилей.

Практическая работа № 1

СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЯ

Продолжительность работы 4 часа.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Уметь составлять программу и методику испытания.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Ознакомиться с рекомендуемым ниже содержанием программы и методики испытания, а также примером программы «Методики испытания заднего моста автомобиля ЗиЛ - 5301». Составить программу и методику испытания агрегата автомобиля или трактора (по указанию преподавателя). Написать отчёт о выполненной работе и сдать его преподавателю для проверки. В случае необходимости дать пояснения.

3. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РАЗДЕЛЫ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЯ

3.1. Программа испытания

В программу испытаний, как правило, включаются следующие разделы:

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

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

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

4. *Общие положения* с указанием:

- перечня документов на проведение испытаний;
- места и сроков проведения испытаний;

- перечня ранее проведённых испытаний, в том числе стендовых и агрегатных, поясняющих состояние доработки конструкции;
- перечня руководящих документов, используемых при проведении испытаний;
- обоснования последовательности и методов проведения экспериментов.

5. *Подготовку объектов испытаний* – приёмку автомобилей, обкатку, регулировку систем и механизмов (если это необходимо) монтаж и расположение испытательного оборудования, настройку и тарировку аппаратуры.

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

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

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

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

- наличие предусмотренного техническими условиями количества масел и жидкостей в агрегатах и узлах;

- герметичность соединений гидравлических и пневматических систем (тормозного и рулевого управления, регуляторов давления воздуха в шинах, приводов навесного и прицепного оборудования;

- затяжку креплений, шплинтовку;
- исправность тягово - сцепных устройств;
- состояние аккумуляторных батарей;
- регулировку подшипников колёс;
- компрессию в цилиндрах двигателя;
- температурные режимы работы агрегатов и систем;
- давление масла в двигателе;
- свободные хода органов управления;
- наличие зазоров трансмиссии;
- обороты холостого хода двигателя;
- давление в шинах, дисбаланс колёс;
- рабочие характеристики двигателя, агрегатов и систем.

- регулировку фар, приборов зажигания (опережение впрыска топлива и др.), регуляторов напряжения, натяжения ремней, зазоры в клапанном механизме, хода педалей, регулировку тормозных механизмов, регулировку углов установки управляемых колёс.

Все результаты технического осмотра образцов заносят в журнал испытаний. К подготовительным операциям при ресурсных испытаниях относится первоначальная проверка размеров деталей, износ которых будет определяться, и обязательная их маркировка.

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

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

Обкатку нового автомобиля проводят в соответствии с требованиями заводской инструкции по эксплуатации машины с целью предотвращения повреждения деталей при больших нагрузках и скоростях движения. Испытания, связанные с высокими скоростями движения и с большими нагрузками на детали, следует начинать после пробега 3...5 тыс. км, (окончательная приработка сопряжённых деталей достигается только после пробега 10...20 тыс. км.). Как правило, перед испытаниями назначается дополнительная дорожная обкатка.

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

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

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

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

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

Весовые состояния (нагрузка) автомобилей в процессе испытаний зависят от вида испытаний назначения экспериментов, интенсивности их проведения и указываются в методике испытаний. При всех видах испытаний параметры, регламентируемые международными правилами, стандартами, ин-

струкциями и другими нормативными документами, определяются при весовых нагрузках, указанных в этих документах.

При проведении испытаний должны строго соблюдаться меры по обеспечению безопасности водителей, обслуживающего персонала и наблюдателей, а также меры по обеспечению сохранности автомобиля и установленных на нём приборов и устройств. Водители - испытатели, должны иметь опыт вождения автомобилей с высокими скоростями, в сложных дорожных условиях, в экстремальных случаях. На испытываемом автомобиле могут находиться только водитель и один контролёр - испытатель. Оба должны быть пристёгнуты ремнями безопасности и иметь шлемы. При проведении испытаний, связанных с повышенной опасностью (на управляемость, на устойчивость, пассивную безопасность, движение с высокими скоростями, экстренное торможение и др.), на месте испытаний должны находиться представитель службы безопасности движения, медицинское и противопожарное обеспечение.

б. Условия и порядок проведения испытаний, где указываются:

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

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

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

- взаимодействие организаций, участвующих в испытаниях;

- материально - техническое обеспечение, в том числе различные технические средства, расходные материалы и запасные части, транспортное

обслуживание, необходимая конструкторская и технологическая документация;

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

- тепловые режимы агрегатов в процессе испытаний;

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

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

- требования по технике безопасности.

7. *Объёмы испытаний*, где предусматриваются:

- перечень этапов испытаний и экспериментов, их последовательность;

- нагрузочные и скоростные режимы испытаний, их плановые изменения;

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

- характеристики дорожно - климатических условий испытаний;

- продолжительность испытаний, в том числе сезонную;

- общая наработка (пробег) машины в процессе испытаний;

- цикличность испытаний (при необходимости).

8. *Отчётность* с указанием:

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

- требований рассылки или предъявления отчётных документов.

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

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

- техническую характеристику объекта испытаний;

- общие условия проведения испытаний;

- условия и методики проведения экспериментов, выполненный объём опытов, приборы и оборудование, применённые в испытаниях, их характеристики, результаты испытаний по всем разделам программы;
- данные осмотров, измерений износов, выявленные отказы и неисправности, произведенные регулировки и ремонты, израсходованные запчасти;
- анализ и оценку результатов испытаний;
- перечень выявленных недостатков автомобиля, их причины и рекомендации по устранению;
- заключение в соответствии с задачами отдельных видов испытаний.

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

Пример программы испытания

1. По распоряжению главного конструктора составить программу ходовых испытаний заднего ведущего моста грузового автомобиля ЗиЛ - 5301 «Бычок».

2. Объект испытаний.

Объектом ходовых испытаний является задний ведущий мост грузового автомобиля ЗиЛ - 5301 «Бычок». На испытания представляется один автомобиль с пробегом 120000 км.

На автомобиль установлен образец заднего моста с наработкой 60 мото - часов.

2. Цель испытаний.

Целью испытаний является подтверждение нормального функционирования опытного образца заднего ведущего моста автомобиля в реальных условиях эксплуатации.

3. Общие положения.

3.1. Перечень документов на проведение испытаний. Документами на проведение испытаний являются: договор между заказчиком и исполнителем, программа испытаний и методика испытаний.

3.2. Место и сроки проведения испытаний.

Испытания проводятся на испытательном полигоне в период с 00.00 по 00.00.

3.3. Проводимые ранее испытания.

Ранее проводились стендовые испытания данного моста в течение 60 мото - часов со средней нагрузкой.

3.4. Руководящие документы, используемые при проведении испытаний.

При проведении испытаний используются следующие документы: программа испытаний, методика испытаний, правила техники безопасности проведения полигонных испытаний, инструкция по эксплуатации автомобиля ЗИЛ - 5301 «Бычок», инструкция по эксплуатации опытного заднего моста.

3.5. Обоснование выбранного метода испытаний.

Выбранный метод испытаний позволит оценить функционирование опытного заднего ведущего моста автомобиля в реальных условиях эксплуатации.

4. Условия и порядок проведения испытаний.

4.1. Характеристика места и оборудования.

Испытания проводятся на испытательном полигоне, на асфальтобетонной и грунтовой трассе.

4.2. Метеорологические условия проведения испытаний.

Испытания проводятся в сухую погоду при температуре воздуха 10...25° С, средней влажности.

4.3. Требования к техническому обслуживанию и хранению. Во время проведения испытаний обслуживание машины должно проводиться в соответствии с инструкцией по эксплуатации, предоставляемой заказчиком. Хранение испытываемой машины необходимо осуществлять в закрытом ангаре для хранения техники.

4.4. Взаимодействие организаций, участвующих в испытаниях.

Во время испытаний допускается присутствие представителя заказчика и других заинтересованных лиц (по согласованию с исполнителем).

4.5. Материально - техническое обеспечение.

Снабжение испытаний горюче - смазочными материалами, инструментом, вспомогательными средствами, и транспортом берёт на себя исполнитель работ. Снабжение испытаний запасными частями, необходимой конструкторской и технологической документацией на машину возлагается на заказчика работ.

4.6. Метрологическое обеспечение.

Испытательный полигон аттестован, каждое его испытательное сооружение проходит необходимую аттестацию в соответствии с требованиями. Все средства измерения (измерительные приборы) и инструмент, используе-

мые при испытаниях, проходят соответствующую поверку и имеют действующую отметку поверителей.

4.7. Требования к квалификации персонала.

К испытаниям допускаются: инженеры - испытатели не ниже 2 - й категории, водители - испытатели не ниже 2 - го класса, слесари - испытатели не ниже 5 - го разряда.

4.8. Требования по технике безопасности.

При проведении испытаний должны выполняться требования по технике безопасности испытательных работ на полигоне, а также при эксплуатации, обслуживании и ремонте испытуемой машины и агрегатов.

5. Объём испытаний.

5.1. Перечень этапов испытаний.

В процессе испытаний машина должна пройти 70 % пробега по испытательной трассе с асфальтобетонным покрытием, притом первую половину этой дистанции – без нагрузки, а вторую половину – с полной загрузкой 3 т. 30 % пробега машина должна пройти по грунтовой испытательной трассе, также первую половину дистанции – без нагрузки, а вторую половину – с полной нагрузкой 3 т. Допускается перестановка этапов испытаний по желанию исполнителя.

5.2. Перечень количественных и качественных показателей. В процессе испытаний оцениваются следующие показатели: внешнее состояние испытываемого ведущего моста, его внешняя геометрия, температура моста в районе правой и левой ступиц и редуктора.

5.3. Продолжительность испытаний.

Испытания проводятся весной в течение 15 календарных дней.

5.4. Общая наработка (пробег).

Общий пробег в течение испытаний должен составлять 5000 км.

6. Этапы и методы испытаний.

6.1. Перечень основных пунктов входящих в методику проведения испытаний.

В методику проведения экспериментов будут включены следующие пункты:

- контрольный осмотр машины перед каждым этапом испытаний;
- пробег машины по асфальтобетонной испытательной трассе без нагрузки;
- пробег по грунтовой испытательной трассе без нагрузки;

- пробег по асфальтобетонной испытательной трассе с полной нагрузкой;
- пробег по грунтовой испытательной трассе с полной нагрузкой;
- контрольный осмотр и дефектовка машины после каждого этапа испытаний.

6.2. Порядок и способы регистрации результатов испытаний.

По результатам каждого этапа испытаний составляется соответствующий протокол, в который вносятся данные о текущем состоянии испытуемого опытного заднего моста, а также данные о состоянии машины. Замеры температур, проведенные в процессе испытаний, заносятся в соответствующий раздел протокола с указанием времени проведения замера и дистанции пробега.

6.3. Требования к достоверности и точности получаемой информации.

Достоверность полученных результатов испытаний достигается путём их проведения на аттестованных испытательных трассах и за счёт применения при испытаниях поверенных средств измерений (приборов) и инструмента, а также аттестованных и тестированных методик выполнения измерений (МВИ).

6.4. Требования по технике безопасности.

При проведении испытаний должны выполняться требования по технике безопасности выполнения испытательных работ, а также требования по защите окружающей среды.

7. Отчётность по результатам испытаний.

После завершения каждого этапа испытаний оформляется протокол испытаний, подписываемый руководителем работ. Неисправности и повреждения автомобиля или испытываемого опытного образца моста отражаются в соответствующем разделе протокола испытаний.

По результатам испытаний составляется отчёт в двух экземплярах, подписываемый руководителем со стороны исполнителя и руководителем со стороны заказчика. Первый экземпляр отчёта остаётся у исполнителя, второй экземпляр передаётся заказчику.

8. Перечень нормативно - технических документов, применяемых при испытаниях (приложение) При проведении испытаний используются:

- программа испытаний;
- методика испытаний;
- правила техники безопасности полигонных испытаний;

- инструкция по эксплуатации и ремонту грузового автомобиля ЗИЛ - 5301 «Бычок»;
- инструкция по эксплуатации и ремонту опытного образца заднего моста.

3.2. Методика испытания

В методику испытаний, как правило, включают следующие разделы:

1. Объект испытаний – с указанием полного наименования машины, индекса и обозначения, количества испытываемых образцов и их пробег (наработка) до начала испытаний;

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

3. 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 технических условиях (ТУ) или тактико-технических заданиях (ТТЗ, ТЗ), или другой нормативной документации;

- требования к техническому обслуживанию, хранению испытываемой машины;

- 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 машину;

- метрологическое обеспечение, включая применяемые средства измерения (измерительные приборы и аппаратуру), необходимые для достижения требуемой точности экспериментальных оценок параметров;

- требования к квалификации персонала, выполняющего испытания и обслуживание;

- требования по технике безопасности.

4. Объём испытаний, где предусматривается:

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

- перечень количественных и качественных показателей эксплуатационных свойств машины, подлежащих определению и оценке;
 - продолжительность, в том числе посезонная;
 - общая наработка (пробег) машины в процессе испытаний;
 - цикличность испытаний (при необходимости).
5. Этапы и методы испытаний, где указывается:
- методика выполнения экспериментов (подробно по пунктам) для определения и оценки эксплуатационных свойств и характеристик машины;
 - 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.
6. Отчётность по результатам испытаний (протоколы испытаний, отчёт).

ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЯ

Методика испытаний.

1. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

Объектом ходовых испытаний является задний ведущий мост автомобиля ЗИЛ-5301 «Бычок». На испытания представляется один опытный образец заднего ведущего моста, установленный на испытательный автомобиль ЗИЛ - 5301 «Бычок». На время начала испытаний: наработка ведущего моста – 60 мото - часов, пробег – 0 км; пробег испытательного автомобиля 120000 км.

2. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

Целью испытаний является подтверждение нормального функционирования опытного образца заднего ведущего моста автомобиля в условиях реальной дорожной эксплуатации.

3. УСЛОВИЯ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

3.1. Характеристика места и оборудования для испытаний.

Испытания проводятся на испытательной асфальтобетонной и грунтовой трассе испытательного полигона.

3.2. Метеорологические условия проведения испытаний.

Метеорологические условия проведения испытаний: сухая погода, температура воздуха – 10...25° С, влажность – 60...75 %.

3.3. Требования к техническому обслуживанию и хранению.

Во время проведения испытаний обслуживание и ремонт испытательного автомобиля и испытуемого моста должны проводиться в соответствии с инструкциями по эксплуатации и ремонту. Хранение испытательного автомобиля на полигоне должно осуществляться в специальном ангаре для хранения техники.

3.4. Взаимодействие организаций, участвующих в испытаниях.

Во время испытаний допускается присутствие представителя заказчика и других заинтересованных лиц (по согласованию с исполнителем).

3.5. Материально - техническое обеспечение испытаний.

Снабжение испытаний горюче - смазочными материалами, инструментом, вспомогательными средствами, транспортом, документацией по эксплуатации, обслуживанию и ремонту испытательного автомобиля берёт на себя исполнитель работ. Снабжение испытаний запасными частями, необходимой конструкторской и технологической документацией опытного образца заднего моста возлагается на заказчика работ.

3.6. Метрологическое обеспечение испытаний.

Испытательный полигон имеет сертификат и проходит *необходимую* метрологическую аттестацию в соответствии с требованиями. Измерительные приборы и инструмент, используемые при испытаниях, проходят соответствующую метрологическую поверку.

3.7. Требования к квалификации персонала.

К испытаниям допускаются: инженеры - испытатели не ниже 2 - й категории, водители - испытатели не ниже 2 - го класса, слесари - испытатели не ниже 5 - го разряда.

4. Объём испытаний.

4.1. Перечень этапов испытаний и последовательность их проведения.

Этапы проведения испытаний:

1 - й этап: движение по асфальтобетонной трассе без нагрузки – пробег 1750 км;

2 - й этап: движение по асфальтобетонной трассе с полной нагрузкой (3 т) – пробег 1750 км;

3 - й этап: движение по грунтовой трассе без нагрузки – пробег 750 км.

4 - й этап: движение по грунтовой трассе с полной нагрузкой – пробег 750 км.

Общий пробег в процессе испытаний – 5000 км.

4.2. Перечень определяемых параметров.

В процессе испытаний оцениваются следующие показатели: внешнее состояние испытываемого ведущего моста, его внешняя геометрия, температура моста в районе правой и левой ступиц и редуктора.

4.3. Продолжительность испытаний.

Испытания проводятся в течение 15 календарных дней, каждая испытательная смена длится в течение 8 часов.

4.4. Общий пробег (наработка) в процессе испытаний. Общая наработка в процессе испытаний должна составлять 5000 км.

5. Порядок проведения испытаний.

5.1. Методика выполнения испытаний.

При проведении испытаний проводить операции в следующей последовательности:

- Провести внешний контрольный осмотр испытательного автомобиля и испытываемого заднего моста перед каждой испытательной сменой;

- Проверить техническое состояние испытательного автомобиля: уровень смазки и охлаждающей жидкости в двигателе, состояние ходовой части;

- Запустить двигатель машины и вывести её из ангара хранения на испытательную трассу;

- Провести испытания на трассе в режимах, соответствующих данной методике, в течение 8 часов;

- По окончании испытательной смены провести контрольный осмотр и дефектовку испытательного автомобиля и испытываемого моста, все замеченные неисправности и недостатки отразить в протоколе испытаний.

5.2. Порядок и способы регистрации результатов испытаний.

По окончании каждого этапа испытаний составить соответствующий протокол, в который внести данные о текущем состоянии испытываемого опытного заднего моста, а также данные о состоянии испытательного автомобиля. Замеры температур, проведенные в процессе испытаний, заносятся в соответствующий раздел протокола с указанием времени проведения замера и пробега.

5.3. Требования к достоверности и точности результатов.

Достоверность полученных результатов испытаний достигается путём их проведения на аттестованном испытательном полигоне и за счёт применения при испытаниях поверенных средств измерений (приборов) и инструмента, а также аттестованных и тестированных методик выполнения измерений (МВИ).

5.4. Требования по технике безопасности и охране окружающей среды.

При проведении испытаний должны выполняться требования по технике безопасности выполнения испытательных работ на полигоне, а также требования техники безопасности при эксплуатации, обслуживании и ремонте испытательного автомобиля и испытуемого агрегата. Необходимо проводить мероприятия по недопущению загрязнения окружающей среды горюче - смазочными материалами и техническим мусором.

6. Отчётность по результатам испытаний.

После завершения каждого этапа испытаний оформляется протокол испытаний, подписываемый руководителем работ. Неисправности и повреждения испытываемого заднего моста или испытательного автомобиля отражаются в соответствующем разделе протокола испытаний. Копии протоколов испытаний подшиваются в приложение отчёта испытаний.

По результатам испытаний составляется отчёт в двух экземплярах, подписываемый руководителем со стороны исполнителя и руководителем со стороны заказчика. Первый экземпляр отчёта остаётся у исполнителя, второй экземпляр передаётся заказчику.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

Составить программу и методику испытания агрегата автомобиля или трактора (по указанию преподавателя). Написать отчёт о выполненной работе и сдать его преподавателю для проверки.

Практическая работа № 2

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

Продолжительность работы 4 часа.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с методикой испытания двигателей внутреннего сгорания, применяемыми приборами и дефектами, которые можно выявить при стендовых испытаниях.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Сначала необходимо внимательно ознакомиться с представленным ниже текстом и понять, какие требования предъявляются к подготовке испытаний, как они проводятся, и написать отчёт о выполненной работе.

3. МЕТОДИКА СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

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 автомобильных двигателей 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 реверсивного 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, газовыводящей, 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 устрой-

ствами 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 в основном 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 получают 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:

б) 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 автомобилей компоненты выхлопных газов делятся на вредные и безвредные. Окись углерода (CO), углеводороды (CH), окислы азота (NO_x), свинец (Pb) и его соединения,

диоксида серы (SO_2), твёрдые частицы (например, сажа) – это вредные составляющие. В то же время азот (N_2), кислород (O_2), диоксид углерода – углекислый газ (CO_2) и водяной пар (H_2O) – 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 автомобилях. 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 нахо-

дятся, 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, бенз(а)пирены 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 лёгкой 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 обычно 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 обычно 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 уменьшает 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 придаётся.

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

Большое влияние на возникновение трёх важнейших вредных веществ – окиси 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 λ , 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 подаёт 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 $\lambda = 1$. При значении коэффициента состава смеси $\lambda = 1,25$ 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 в 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 объёму стали в настоящее время правилом. Таким образом, слишком высокое содержание CO 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, загрязнённый воздушный фильтр, неисправная вентиляция картера

коленчатого вала или некорректно работающее устройство прогрева двигателя.

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

Точно также, как и содержание CO , 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 HC 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 – всё это ведёт к резкому увеличению содержания HC 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 расширения и выпуска. Этот эффект вызывает снижение эмиссии несгоревших углеводородов по мере роста нагрузки двигателя. То же самое относится и к эмиссии окиси углерода CO . Прежде всего на абсолютное значение эмиссии HC 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 CO является важнейшей мерой для всесторонней диагностики двигателя.

Зависимость эмиссии окислов азота (NO_x) от значения коэффициента состава смеси и 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 измерения 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 соотношении 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 в выхлопных газах можно взять за меру, показывающую степень более или менее полного сгорания. Максимально возможное значение при коэффициенте $\lambda = 1$ 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 негоревших углеводородов HC . С другой стороны, при небольшом содержании вредных веществ в выхлопных газах слишком низкое значение уровня CO ; 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 λ начинает превышать 1, происходит чёткое 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 не герметичности в системе всасывания и в выхлопной системе.

При температурах, превышающих $600^\circ C$ 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 терморреактор. 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 автомобилей заменила катализаторная система. Впрочем, на некоторых автомобилях 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 регулируемы и нерегулируемы катализаторами).

Только 3 - компонентные катализаторы обладают способностью одновременно снизить содержание всех трёх вредных компонентов выхлопных газов CO , HC и NO_x , причём 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 автомобилей.

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 автомобилей 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 магнезия, 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 расшире-

ния 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 трёх компонентных 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 *CO* также, как и все другие приборы для исследования выхлопных газов, относящиеся к системе проверочного оборудования Bosch - Coinpac - 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 так же 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 объёма (в % по объёму). Наименьшее разрешение составляет 0,01 % по объёму. В процессе измерения 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). 1000000 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 (CO_2) 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 CO и HC);
- неточная регулировка системы смесеобразования, коэффициента состава смеси λ (в связи с CO и O_2).

Измерения кислорода (O_2) 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 CO и CO_2 .

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 CO и HC ;
- о работе системы обратного подвода выхлопных газов.

Измерение прироста HC (ΔHC) 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 HC в выхлопных газах, также и моторного тестера с приспособлением для короткого замыкания цилиндров, разработанным специально для проведения измерений дельты HC (ΔHC). Такие приспособления имеются у моторных тестеров Бош MOT 301 и MOT 501.

При работе двигателя на холостом ходу в выхлопных газах создаётся вполне определённое содержание углеводородов HC .

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 HC в выхлопных газах. Увеличение доли HC является масштабом для оценки состава смеси в данном цилиндре.

Богатая смесь вызывает большое увеличение содержания HC , 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 определённой 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 сведёт на нет эффект возрастания содержания *НС*.

Измерение прироста доли углеводородов в выхлопных газах $\Delta \text{НС}$ обычно 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.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

В отчёте о практическом занятии ответить письменно на следующие вопросы. Сначала пишется вопрос, потом – ответ.

1. Какими установками и стендами должен быть оснащён стенд для испытания двигателей?
2. Какие показатели и характеристики определяются в стендовых испытаниях двигателей?
3. Содержат ли выхлопные газы безвредные вещества? Если да то, какие?
4. На чём основан метод инфракрасного излучения?
5. Участвует ли азот в процессе сгорания топлива?

6. Содержат ли выхлопные газы кислород, если да то в каких случаях?
7. Почему образуется окись углерода?
8. Какой показатель характеризует качество рабочей смеси?
9. Воспламятся ли топливная смесь при коэффициенте избытка воздуха $\lambda = 1,3$?
10. Какой показатель характеризует признак образования богатой смеси?
11. Какие причины могут вызывать резкое увеличение содержания негоревших углеводородов (CH) в выхлопных газах?
12. О каких дефектах выводится информация на основании измерения уровня углеводородов CH , двуокиси углерода CO_2 , кислорода O_2 , окислов азота NO_x ?
13. Как определяется и оценивается процесс смесеобразования в каждом цилиндре двигателя?
14. Для чего предназначен термореактор? Принцип его действия.
15. Какие существуют виды систем катализаторов, и какой из них наиболее эффективен?
16. Порядок работы прибора ЕТТ 008.14 для измерения содержания CO ?
17. О каких дефектах сообщает прибор в процессе ЕТТ 008.14 измерения?

Практическая работа № 3

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТРАНСМИССИЙ

Продолжительность работы 4 часа.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться и понять методику проведения стендовых испытаний муфт сцепления, механических коробок передач, раздаточных коробок и коробок отбора мощности, автоматических коробок передач, карданных передач и ведущих мостов.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Внимательно прочитать и понять представленную ниже методику испытания трансмиссий на стендах и после этого составить отчёт о выполненной работе и представить его для проверки преподавателю.

3. СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТРАНСМИССИЙ

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 автомобилей 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, закреплённых 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 снятия 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°C .

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 автомобилей проверяют при частоте вращения, превышающей в 2 раза, а грузовых автомобилей в 1,5 раза максимальную частоту вращения коленчатого вала двигателя. Испытания проводятся обычно в течение 15 мин. Перед началом испытаний сцепление или отдельно ведомый диск с накладками нагреваются до температуры 250°C . 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, снабжённых ведущей массой, момент инерции которой соответствует моменту инерции вращающихся и поступательно движущихся масс автомобиля. При этом ведущая масса, соединённая с электродвигателем стенда, обычно 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 включе-

нии 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 автомобилей 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 автомобилей, 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 пред-

варительного и принудительного закручивания валов кинематического контура.

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

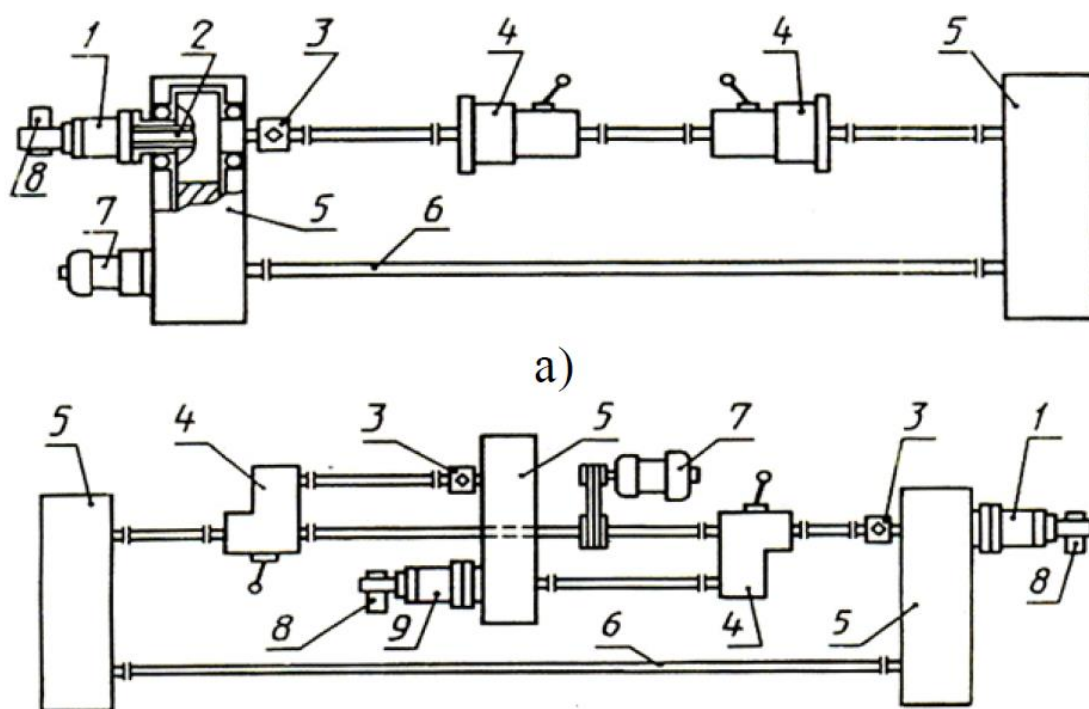
Испытания редукторов в основном проводятся при нагрузках, близких к максимальным крутящим моментам двигателя на каждой передаче, либо по специальным программам, разработанным на основе изучения нагрузочных режимов в условиях реальной эксплуатации. Однако следует учитывать, что максимальный крутящий момент двигателя используется у автомобилей 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 рисунке 1 показаны схемы таких стендов, разработанных фирмой «Шенк».

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.



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.

Рисунок 1 – Схемы установок фирмы «Шенк» для испытаний коробок передач

Испытания автоматических коробок передач входящих в состав автоматических автомобильных или тракторных трансмиссий, дополнительно включают исследования зависимости момента переключения от скорости движения машины 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.

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

Испытания на работоспособность предусматривают определение возможностей гидропередачи 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 автомобиле 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 кар-

данной передачи, соответствующую максимальной скорости движения машины.

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 автомобиля с постоянной скоростью), так и при переменных нагрузках (например, при трогании машины с места или при движении по пересечённой местности). Поэтому испытания карданных передач на стендах проводятся как при фиксированном значении крутящего момента, обычно 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 камере.

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 автомобилей). 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 уплотнениях, полуосей и балки моста.

Основной причиной отказов ведущих мостов являются повреждения шестерён главной передачи, режим работы которых в трансмиссии наиболее тяжёлый, 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 нагрузениях 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 машины. Ускорение испытаний достигается за счёт сокращений перерывов в работе, увеличения числа циклов и повышения уровня нагружения узла или агрегата по сравнению с эксплуатационными режимами.

ми, 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 обычно служит полная потеря деталью 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 износ

$$N_{ц.ст.} \cdot \sigma^x = N_{ц.э} \cdot \sigma_э^x = const$$

откуда

$$N_{ц.ст.} = N_{ц.э} \cdot \left(\frac{\sigma_э}{\sigma_{ст}} \right)^x$$

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

$\sigma_{ст}$ и $\sigma_э$ – напряжения в детали, соответствующие указанным условиям;

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

При одинаковой частоте вращения на стенде и в условиях реальной эксплуатации ($n_{ст} = n_э$), исходя из зависимостей

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

можно определить продолжительность ускоренных стендовых испытаний:

$$T_{ст} = T_э \cdot \left(\frac{\sigma_э}{\sigma_{ст}} \right)^x$$

Для исключения 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 машины 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 автомобилей можно достичь главным образом на стендах с замкнутым силовым контуром, так как на них проще воспроизводится необходимое увеличение всех режимов.

Наиболее простая схема стенда ускоренных испытаний показана на рисунке 2.

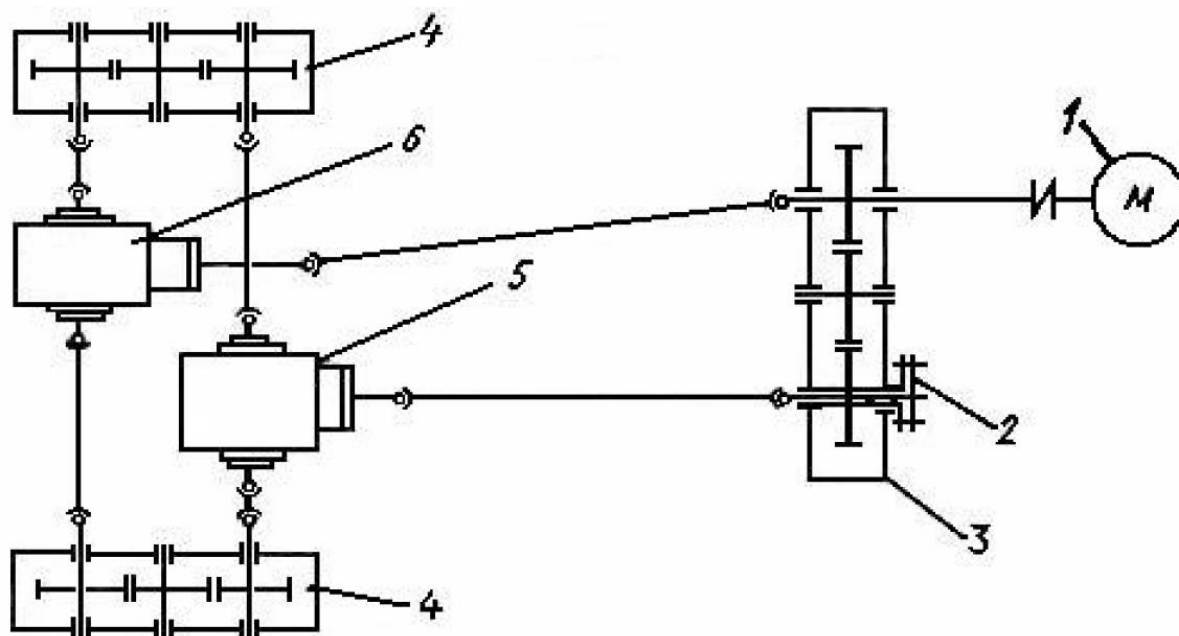


Рисунок 2 – Схема стенда с замкнутым контуром мощности

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 передаётся 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, выбирает-

ся 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 автомобиля и дорожного покрытия, по которому движется автомобиль.

При разгоне машины момент в трансмиссии значительно превышает момент, передаваемый при установившемся движении.

Схема, приведённая на рисунке 3, иллюстрирует дальнейшее развитие стенда, представленного на рисунке 2.

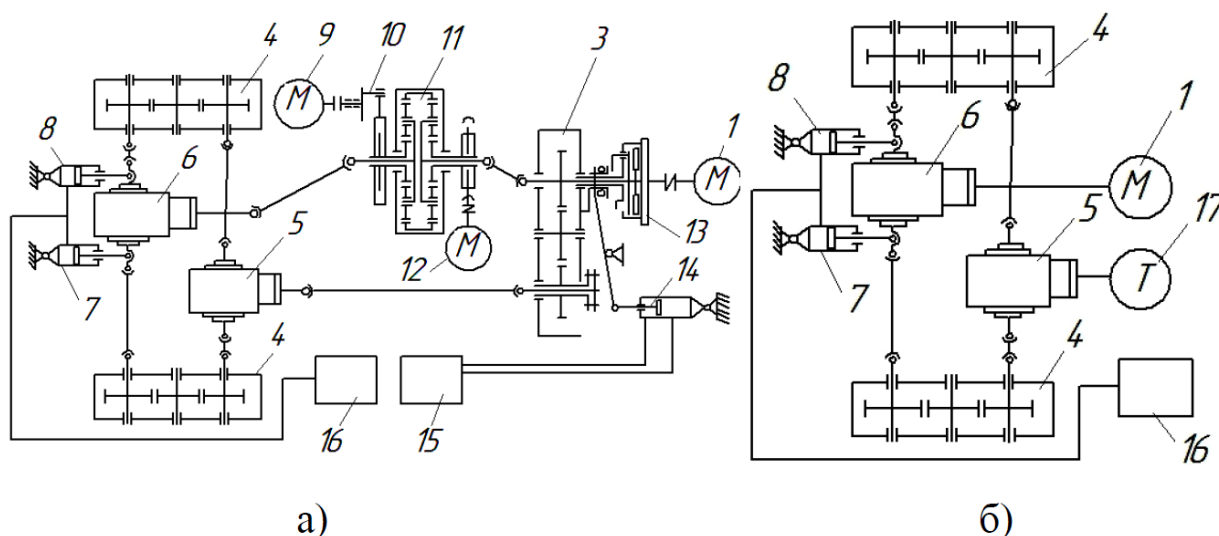


Рисунок 3 – Схема развития стенда с замкнутым контуром мощности

Такой стенд обеспечивает периодическое изменение крутящего момента в замкнутом контуре трансмиссии (рисунок 3а). 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 кривошипно - шатунный 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 колеба-

ний. Загрузка замкнутого контура статическим крутящим моментом осуществляется нагрузателем 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 рисунке 3б 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 опыт-

ных 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 автомобилей.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

В отчёте о практическом занятии ответить письменно на следующие вопросы. Сначала пишется вопрос, потом – ответ.

1. Из каких агрегатов состоит трансмиссия?
2. Какова цель испытаний?
3. Какие показатели определяют при испытании муфт сцеплений?
4. Как определить коэффициент запаса сцепления?
5. Как испытывают ведомый диск?
6. Как проводится испытание на надёжность?
7. Какие показатели определяются в процессе испытания механических КПП, раздаточных коробок и коробок отбора мощности?
8. Чем отличается стенд разомкнутого типа от стенда замкнутого типа?
9. В чём состоят испытания механизма переключения передач?
10. Какие узлы в гидромеханической передаче испытывают поэлементно?
11. Что определяется при испытании на долговечность в автоматической КПП и гидромеханической передаче в сборе?
12. Какие узлы и детали ведущих мостов подвергают испытанию?
13. Как определяется качество сварного шва у неразъёмного ведущего моста?
14. Что определяется при динамических испытаниях?
15. Что учитывается при составлении программы испытаний ведущих мостов?
16. Почему трансмиссию в сборе подвергают ускоренным испытаниям?
17. Как определить продолжительность ускоренных стендовых испытаний при одинаковой частоте вращения на стенде и в условиях реальной эксплуатации?
18. Что включает в себя наиболее простая схема с замкнутым контуром?

19. Какая (по величине) требуется мощность приводного двигателя стенда?
20. Чем достигается эффект ускорения испытания по времени?
21. Из каких элементов состоит стенд для ускоренных испытаний при периодическом изменении момента?
22. В каком случае проводятся испытания зубчатых передач в специальных универсальных корпусах?

Практическая работа № 4

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ШАССИ, КУЗОВОВ И КАБИН

Продолжительность работы 4 часа.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться и понять методику проведения стендовых испытаний рам, кузовов, кабин, подвесок, шин, колёс, рулевого управления и тормозных систем.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Внимательно прочитать и понять представленную ниже методику испытания элементов шасси на стендах и после этого составить отчет о выполненной работе и представить его для проверки преподавателю.

3. СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ШАССИ

3.1 Стендовые испытания рам, кузовов и кабин

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 автомобилей в – 2 раза, для грузовых автомобилей – 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 напряжённого 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 машин, например, вертикальное нагружение кабины грузового автомобиля, соответствующее двойному весу снаряжённого автомобиля 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 две-

рей, 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 машины 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 машины 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.

3.2 Стендовые испытания подвесок

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 торсионными, 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 приемочных испытаниях амортизаторов определяются герметичность, а также шумность и плавность их работы. Кроме того, проверяется стабильность ра-

бочей 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 нагружениях 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.

3.3 Стендовые испытания шин

Работа шин во многом 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 не вращающемся колесе или при вынужденных колебаниях массы на катящемся колесе. Искомые характеристики получают после обработки зарегистрированных колебаний диссипативной системы, эквивалентной стендовой установке, с учётом заранее известных её параметров.

Силловые 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.

3.4 Стендовые испытания колес

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 обычно 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 броневой камере. Постепенным повышением давления шина или обод доводятся до разрушения. Для обеспечения безопасности испытаний и предотвращения взрыва вместо воздуха в шину нагнетается вода.

3.5 Стендовые испытания рулевых управлений

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 проводятся 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 экс-

плуатации. 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.

3.5 Стендовые 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 гидроприводом определяются параметры и характеристики главного тормозного цилиндра, колёсных тормозных цилиндров, регуляторов давления, трубопроводов и шлангов, а в тормозах с пневмоприводом – 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 / Scl / P / 29 / CRF / 3». Оценка влияния АБС на тормозную эффективность автотранспортных средств осуществляется определе-

нием 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 машины 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 автомобилей) и – 5 км / ч (для грузовых автомобилей).

Обычно роликовые стенды включают опорно - приводное и измерительное устройства. Опорно - приводное устройство состоит из рамы, нескольких пар роликов, на которые устанавливаются колёса осей машины 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 обычно увеличивается и регулируется таким образом, чтобы обеспечивалось хорошее сцепление, и не было возможности самопроизвольного выезда машины 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 автомобилей.

Барабанные стенды аналогичны роликовым, но опорно - приводное устройство у них может иметь привод от ведущих колёс машины. Маховые массы инерционных стендов объединяют массы беговых барабанов и присоединяемых к ним маховиков. Величины маховых масс определяются из условия равенства кинетической энергии, поглощаемой тормозами автомобиля на полноопорном стенде, и кинетической энергии поступательно и вращательно движущихся масс автомобиля на дороге.

После установки автомобиля 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 обычно применяются для экспресс - тестирования тормозных систем легковых и грузовых автомобилей. Они имеют четыре подвижных платформы, на которые въезжает колёсами машина 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 (обычно с помощью компьютерных технологий).

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

В отчёте о практическом занятии ответить письменно на следующие вопросы. Сначала пишется вопрос, потом – ответ.

1. Каковы методы статических испытаний?
2. Какие виды нагружения применяют при статических испытаниях?

3. Какие допускаются по величине деформации в сечениях?
4. Что является важной задачей стендовых испытаний?
5. Что является нормативом стойкости кабины грузового автомобиля при опрокидывании?
6. Чем обеспечивается приближение условий испытаний на стендах к условиям работы испытываемых элементов, в реальной эксплуатации?
7. Что оценивается в первую очередь при испытании на стендах с динамическим нагружением?
8. Какие условия имитируются при динамических стендовых испытаниях?
9. Какова цель испытания подвесок в целом, а также отдельных их элементов и деталей?
10. В чём заключается исследование упругости механических подвесок (торсионных, рессорных, пружинных)?
11. Что определяют при испытании амортизаторов?
12. Как проводятся стендовые испытания на долговечность?
13. Что характеризует коэффициент нормальной боковой, крутильной и угловой жесткости шины?
14. Какие параметры определяют при проведении испытания шин?
15. Какие режимы являются преобладающими при стендовых испытаниях?
16. Как проводится испытание шин на долговечность?
17. Как определяется сопротивление качению колеса с шиной?
18. Для чего применяется метод хрупких лаков – расплавов при испытании колес?
19. Для чего при испытаниях в шину закачивается вода?
20. Какие показатели определяются при стендовых испытаниях рулевых управлений?
21. Какие характеристики рулевых приводов определяют при стендовых испытаниях рулевого управления?
22. Как определяется передаточное число рулевых механизмов и рулевого управления?
23. Как выполняется испытание по оценке жесткости рулевого привода?
24. Какие показатели и характеристики определяются при стендовых испытаниях тормозных систем?

25. Как устроен роликовый стенд, и почему используется балансируно подвешенный электродвигатель?
26. Что входит в методику испытаний тормозных систем?
27. Принцип испытания тормозных систем на инерционном стенде.

Практическая работа № 5

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

ПОЛНОКОМПЛЕКТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Продолжительность работы 4 часа.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с методикой испытания полнокомплектных автомобилей, применяемыми приборами и дефектами, которые можно выявить при стендовых испытаниях.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Сначала необходимо внимательно ознакомиться с представленным ниже текстом и понять, какие требования предъявляются к подготовке испытаний, как они проводятся, и написать отчёт о выполненной работе.

3. СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

ПОЛНОКОМПЛЕКТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Стендовые испытания полнокомплектных автомобилей проводятся главным образом для комплексной оценки характеристик машины, основываясь на принципе обратимости движения в системе «машина – 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 автомобилей включают отбор и приёмку машин, 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 машины, находящиеся определённый период в реальной эксплуатации.

На отобранных для испытаний образцах (если это допускается) проверяются:

- комплектность машины 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 автомобилей центральной задачей является формирование внешнего нагружения машин. 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 машины, 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 машины 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 тео-

ретические характеристики рабочих процессов в агрегатах и системах машин.

На стендах для испытаний полнокомплектных автомобилей (в базовой комплектации или в агрегатированном варианте) их ведущие колёса 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 машин, 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 машины, как колебательной системы, реагирующей на воздействие дорожных неровностей (передаточная функция комплексной системы, амплитудно - частотная и фазочастотная характеристики, а иногда совмещённая амплитудно - фазочастотная 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 машин 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 машин подразделяются на универсальные и специализированные. Часть из этих стендов могут иметь уникальное целевое назначение. Они выпускаются только по индивидуальным заказам, другие стенды имеют типо-

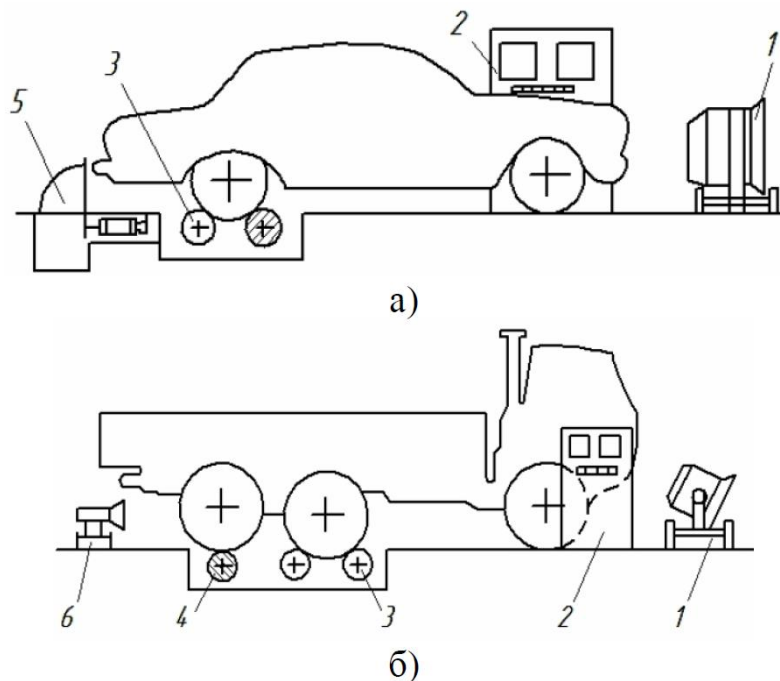
вую конструкцию и выпускаются промышленным способом малыми сериями.

Показатели тягово - скоростных свойств, топливной экономичности автомобилей 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 колёсах автомобиля, времени разгона (выбега) в заданном скоростном интервале, различные потери в трансмиссии, скорость в моменты переключения гидромеханической передачи, расход топлива при определённых 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 автомобиля 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 автомобиля и измерить все параметры тормозной системы. Основными признаками классификации тяговых стендов являются способ нагружения двигателя и трансмиссии автомобиля, тип испытываемого автомобиля и число одновременно измеряемых процессов. По способу нагружения двигателя и трансмиссии автомобиля тяговые стенды подразделяют на три типа: инерционные, в которых нагружение осуществляется вращающимися массами роликов и других элементов тягового стенда и автомобиля, 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 автомобилей тяговые стенды подразделяются на установки для легковых автомобилей, для грузовых автомобилей и машин, созданных на их базе, для полноприводных автомобилей и для автобусов, на универсальные (для нескольких типов автомобилей). 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 рисунке 4 приведены схемы барабанных стенов универсального типа для испытаний двух- и трёхосных автомобилей.

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 стента состоит из блока роликов, устройств въезда и выезда машины, нагрузочного устройства (для силовых и инерционно - силовых стенов), инерционных нагружающих масс.



а) для двухосных машин; б) для трёхосных автомобилей:

1 – вентилятор; 2 – пульт управления; 3 – основные опорные ролики; 4 – ведущий ролик; 5 и 6 – устройства отвода отработавших газов и средства охраны труда.

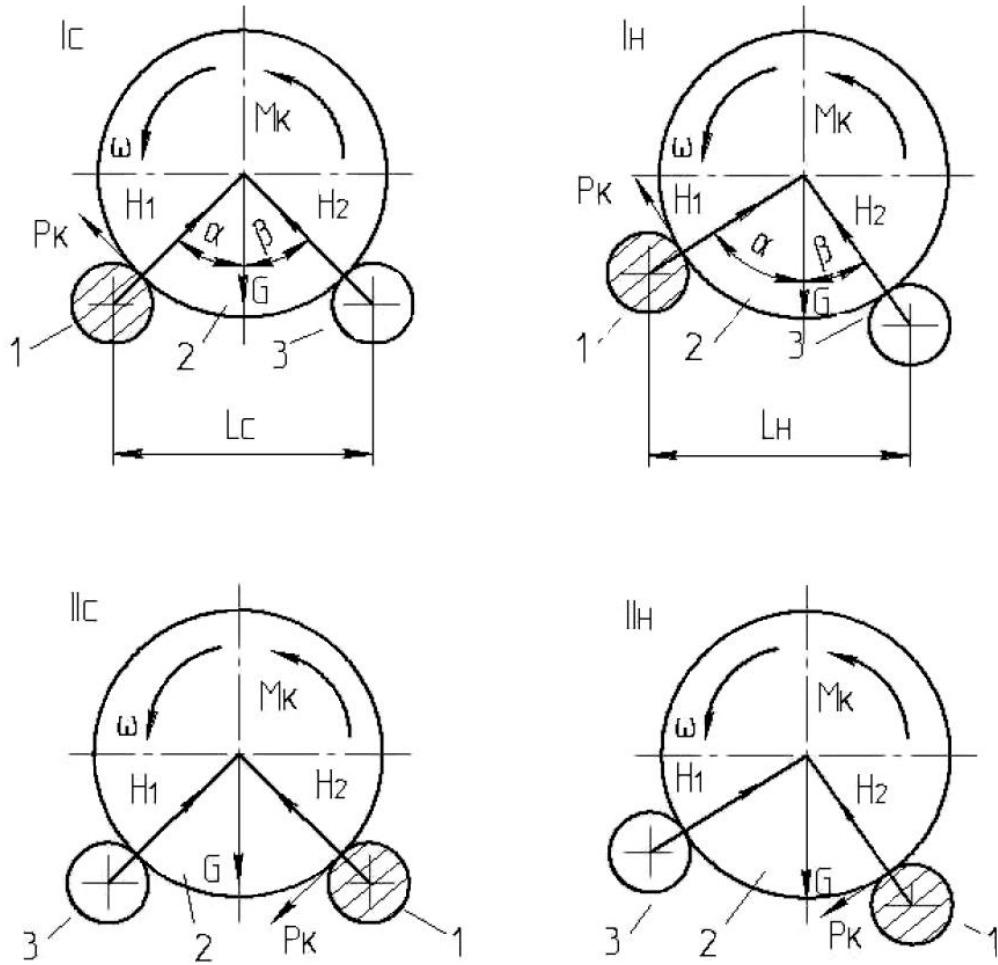
Рисунок 4 – Схемы универсальных барабанных стенов

Конструкция блока роликов должна обеспечивать реализацию заданной тяговой силы на ведущих колёсах на всех режимах испытаний в соответствии с заложенной программой экспериментов, устойчивое положение автомобиля в процессе испытаний – возможность самостоятельного въезда и выезда автомобиля 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 рисунке 5.



1 – рабочий ролик, 2 – ведущее колесо автомобиля, 3 – свободный ролик; I_c , II_c – симметричное расположение роликов; I_H , II_H – 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 стэнда.

Рисунок 5 – Схемы расположения роликов

Условие реализации заданного тягового усилия можно рассмотреть на примере схем I_c и II_c (рисунок 5).

С целью упрощения анализа особенностей взаимодействия ведущего колеса автомобиля с роликами стэнда можно принять некоторые допущения:

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

Тогда условия равновесия колеса на стэнде для схемы I_c примут вид:

$$\sum X = P_k \cdot \cos \alpha - H_1 \cdot \sin \alpha + H_2 \cdot \sin \alpha = 0$$

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

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

$$H_1 = \frac{G}{2 \cos \alpha} + \frac{P_K}{\tan 2\alpha}; \quad H_2 = \frac{G}{2 \cos \alpha} - \frac{P_K}{\sin 2\alpha}$$

Внерабочем состоянии стенда усилие $P_K = 0$, а $H_1 = H_2 = G / 2 \cos \alpha$.

Аналогично для схемы Π_c можно получить следующие зависимости:

$$H_1 = \frac{G}{2 \cos \alpha} + \frac{P_K}{\sin 2\alpha}; \quad H_2 = \frac{G}{2 \cos \alpha} - \frac{P_K}{\tan 2\alpha}$$

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 $\alpha > 45$ не применяются.

Максимальная тяговая сила P_{Kmax} , которую можно реализовать на стенде по условиям сцепления, зависит от нормальной реакции и коэффициента сцепления $P_{Kmax} = H_1$ для схемы I_c и $P_{Kmax} = H_2$ для схемы Π_c .

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_n (отношение максимальной тяговой силы P_{Kmax} к вертикальной нагрузке на колесо G).

Значение угла α в стендах для легковых автомобилей колеблется от 27° до 40° . Углы меньше 27° не обеспечивают устойчивость автомобиля, а углы больше 40° не используются по конструктивным соображениям (при больших расстояниях между роликами легковой автомобиль может касаться их днищем). Для этих значений угла а наибольшее значение коэффициента K_n 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 автомобилей под действием тяговой силы меняется и перераспределяется по мостам автомобиля. При этом задний мост разгружается, а передний догружается. Для длиннобазных автомобилей изменение коэффициента K_n не превышает 3...4 %, а для короткобазных автомобилей изменение этого коэффициента достигает 8... 10 %.

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

Под действием тяговой силы автомобиль 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_n) рабочими роликами реакция H_2 обращается в нуль при значениях угла α , соответствующих значению $\operatorname{tg} \alpha = 0$. При этом колесо теряет контакт с задним роликом, и автомобиль может перекатиться через передний ролик. Поэтому условие $\operatorname{tg} \alpha > 0$ надо рассматривать как условие устойчивого (в продольном направлении) положения автомобиля на стенде с передним рабочим роликом.

Для схем II_c и II_n при любых значениях угла α значение $H_2 > 0$. Таким образом, схемы с задним рабочим роликом всегда обеспечивают устойчивое положение автомобиля на стенде. Это – их положительное свойство.

Выражения для определения значений P_{Kmax} , H_1 и H_2 приведены в таблице 1.

Устойчивость положения автомобиля 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 автомобиля с роликов при поперечном перемещении ведущего моста, стенды обычно снабжаются отбойными роликами, установленными по краям рабочих роликов с одной или обеих сторон. При испытаниях автомобилей с управляемым ведущим мостом наличие та-

ких роликов обязательно, так как автомобиль 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 автомобиля. В процессе испытаний автомобиля 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 автомобиля со стенда под действием тяговой силы через застопоренный передний ролик без специальных подъёмных устройств обеспечивается при $\operatorname{tg} \alpha < 0$. 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 автомобиля назад (при установке стенда на тупиковом посту) также удовлетворяются одновременно условия устойчивости и выезда.

Стенды, на которых самостоятельный выезд автомобиля 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 автомобиль). 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.

Таблица 1 – Выражения для определения значений P_{Kmax} , H_1 и H_2

Схема расположения роликов	Расчётная формула		
I _c и II _c нерабочее состояние станда	$\frac{G}{2 \cos \alpha}$	$\frac{G}{2 \cos \alpha}$	0
I _c рабочее состояние станда	$\frac{G \sin \alpha}{\sin 2\alpha - \varphi 2 \cos \alpha}$	$\frac{G(\sin \alpha - \varphi \cos \alpha)}{\sin 2\alpha}$	$\frac{G \varphi \sin \alpha}{\sin 2\alpha - \varphi \cos \alpha}$
II _c рабочее состояние станда	$\frac{G(\sin \alpha + \varphi \cos \alpha)}{\sin 2\alpha + \varphi \cos 2\alpha}$	$\frac{G \sin \alpha}{\sin 2\alpha + \varphi \cos 2\alpha}$	$\frac{G \varphi \sin \alpha}{\sin 2\alpha + \varphi \cos \alpha}$
I _n и II _n нерабочее состояние станда	$\frac{G \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$	$\frac{G \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$	0
I _n рабочее состояние станда	$\frac{G \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta) - \varphi \cos(\alpha + \beta)}$	$\frac{G(\sin \beta - \varphi \cos \beta)}{\sin(\alpha + \beta) - \varphi \cos(\alpha + \beta)}$	$\frac{G \varphi \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta) - \varphi \cos(\alpha + \beta)}$
II _n рабочее состояние станда	$\frac{G(\sin \alpha - \varphi \cos \alpha)}{\sin(\alpha + \beta) + \varphi \cos(\alpha + \beta)}$	$\frac{G \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta) + \varphi \cos(\alpha + \beta)}$	$\frac{G \varphi \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta) + \varphi \cos(\alpha + \beta)}$

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 $r_P = (0,4...0,6)r_K$.

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 автомобилей 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 обдуть шины воздухом, для чего вентилятор, входящий в комплект стенда, снабжается специальным направляющим устройством. Ограничивается также скорость испытания в зависимости от диаметра роликов. Фирма «Цельнер» (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. Обычно 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.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

В отчёте о практическом занятии ответить письменно на следующие вопросы. Сначала пишется вопрос, потом – ответ.

1. Какие автомобили выбирают на испытания?
2. Что проверяют на автомобиле перед испытанием?

3. Какие могут быть программы нагружения испытываемого автомобиля? Пояснить графиками.
4. Что является основанием для разработки таких программ?
5. Что является опорной поверхностью для ведущих колес?
6. Какие параметры и показатели исследуются на стендах?
7. Для чего на поверхности опорных катков стенда устанавливают специальные накладки?
8. Чем регулируется частота и амплитуда возмущения?
9. Какие существуют средства нагружения двигателя и трансмиссии на тяговом стенде?
10. Из каких основных частей состоит тяговый стенд?
11. Чем отличается симметричное расположение роликов от несимметричного?
12. Как определяется максимальная тяговая сила, которую можно реализовать на стенде по условию сцепления?
13. Почему углы установки переднего ролика для легковых автомобилей находятся в пределах от 27° до 40° ?
14. Почему при испытании автомобилей задний мост разгружается, а передний нагружается?
15. Какое положение рабочего ролика (переднее или заднее) обеспечивает продольное устойчивое положение автомобиля на стенде?
16. Чем обеспечивается поперечная устойчивость автомобиля на стенде?
17. Когда удовлетворяются одновременно условия устойчивости и самостоятельного выезда?
18. Какие преимущества имеют ролики с диаметром 318,3 мм?
19. Какая поверхность используется на роликах?

Практическая работа № 6

СТЕНД ИСПЫТАНИЯ

ПОЛНОКОМПЛЕКТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Продолжительность работы 4 часа.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с устройством стенда испытания полнокомплектных автомобилей и принципом работы его основных элементов.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Сначала необходимо внимательно ознакомиться с представленным ниже текстом и понять, из каких основных элементов устроен стенд испытания полнокомплектных автомобилей и принцип его работы, и написать отчёт о выполненной работе.

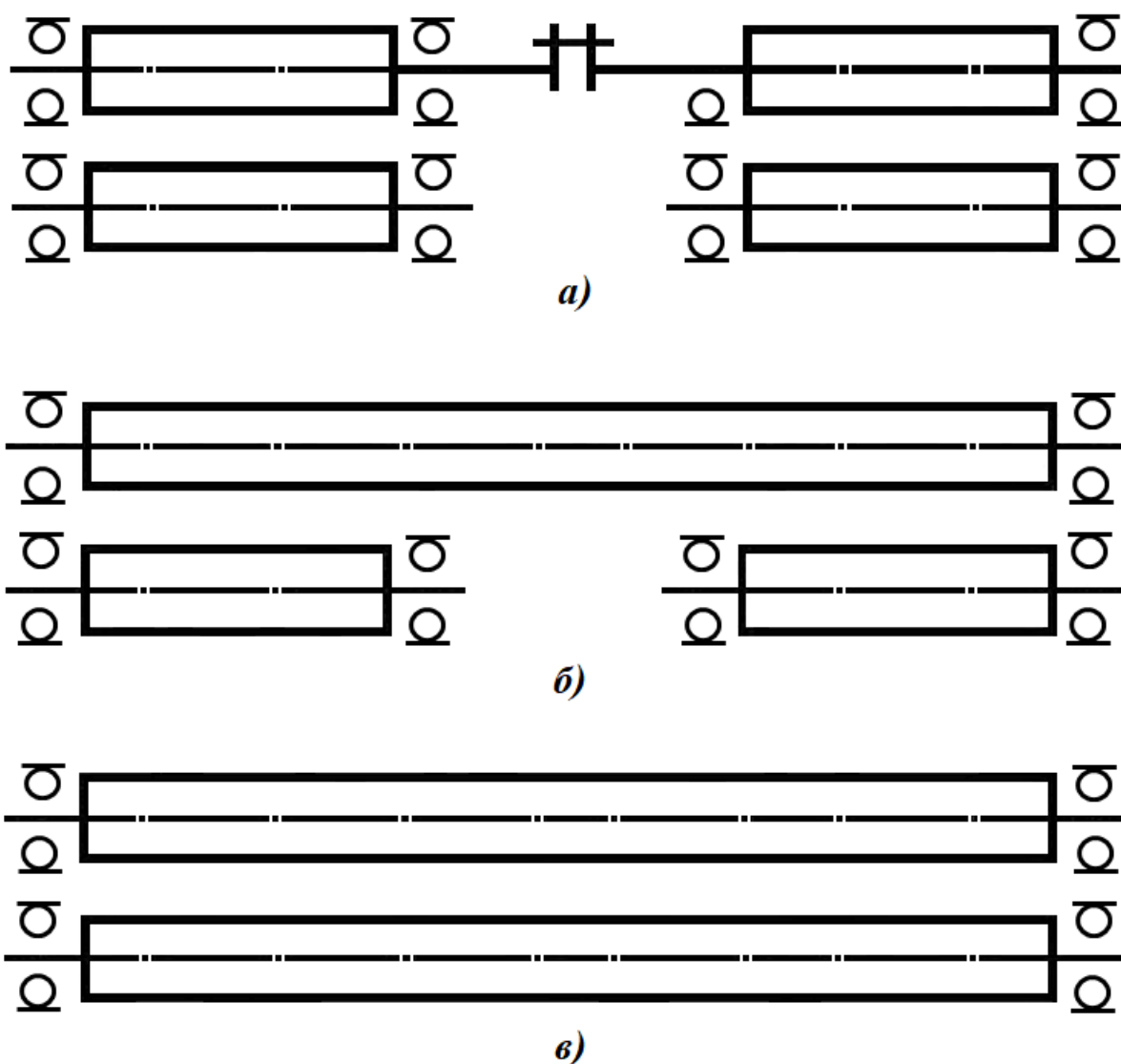
3. СТЕНДЫ ИСПЫТАНИЯ

ПОЛНОКОМПЛЕКТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Конструктивно блок роликов обычно состоит из двух пар симметрично расположенных роликов (рисунок 4, а), на каждую из которых опираются колёса ведущего моста автомобиля. Встречаются стенды (фирм НРА – Дания, «Клайтон» – США), содержащие три ролика (рисунок 4. б), из которых один сплошной (в него встроено нагрузочное устройство – гидротормоз) на оба колеса, или два ролика (рисунок 4. в). Выбор конструкции блока роликов определяется типом объекта испытаний, назначением испытаний и производственными помещениями.

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



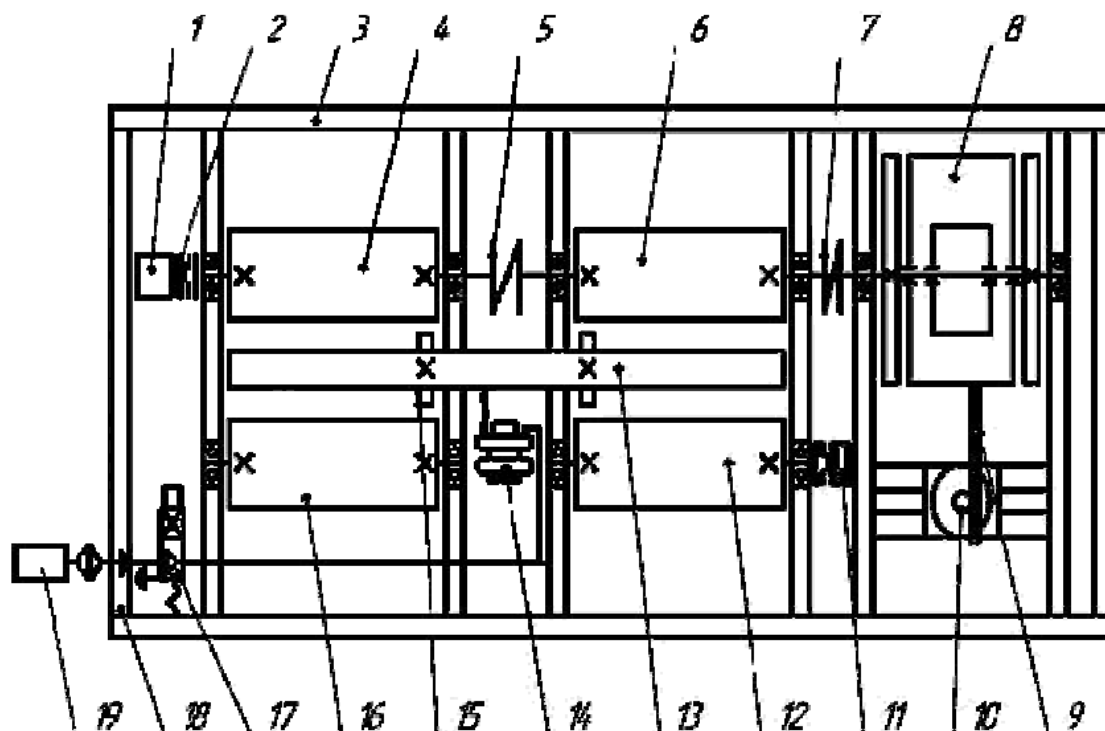
а) отдельные; б) с одним сплошным, в) с двумя сплошными
 Рисунок 4 – Схемы опорных роликов

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.

Современные конструкции гидротормозов весьма компактны при высокой тормозной мощности.

На рисунке 5 показана схема опорного устройства роликового типа с площадкой, оснащённой пневмоприводом для подъёма машины при её въезде на стенд и при выезде с него после окончания испытаний.



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 машины; 14 – пневмоподъёмник; 15 – тормозной колодочный механизм; 17 – золотник; 18 – поперечина; 19 – узел подготовки воздуха.

Рисунок 5 – Пневмокинематическая схема опорного устройства

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.

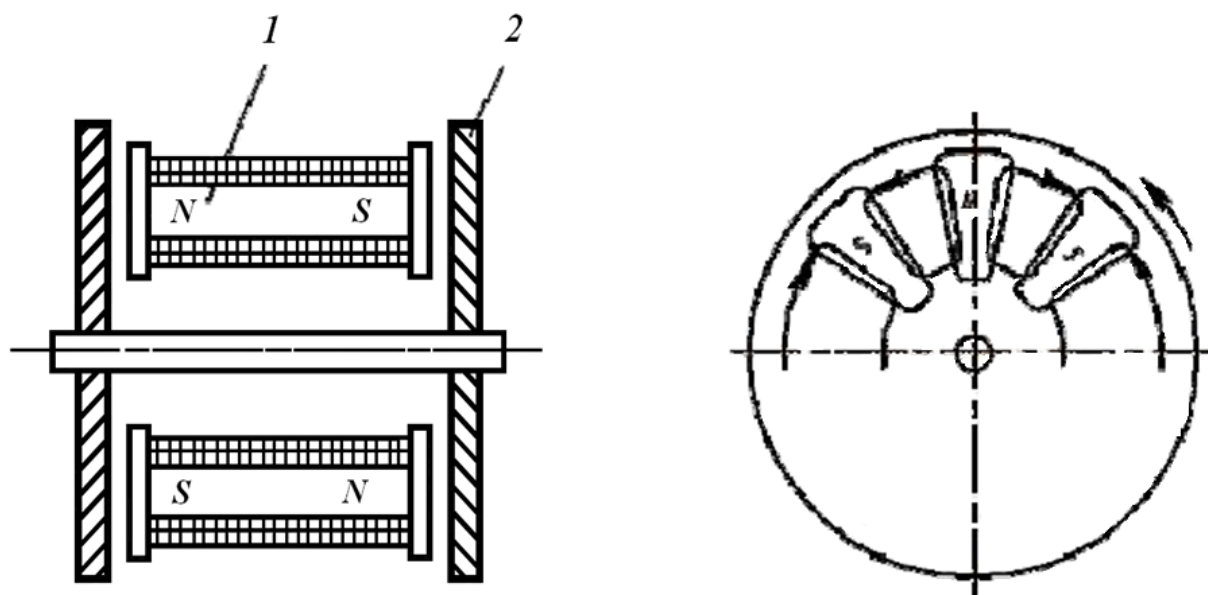
Пневматический подъёмный механизм стенда состоит из площадки 13, двух пневмоцилиндров и двух тормозных колодок 15. Это позволяет встраивать их непосредственно в рабочий ролик.

Момент инерции гидротормозов в несколько раз меньше, чем у вихревых тормозов, что создает определённые преимущества при различных испытаниях автомобилей 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 уста-

новленная 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 (рисунок 6) представляет собой разнополюсную электромашину (индукционный тормоз), которая обеспечивает необходимый тормозной момент при минимальных габаритах и весе.



1 – неподвижный индуктор; 2 – якорь.

Рисунок 6 – Схема дискового электродинамического тормоза

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 автомобиля на различных режимах, включая разгон, движение на уклоне и другие режимы.

К основным преимуществам электромагнитного дискового тормоза с воздушным охлаждением относятся: 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 ав-

томатически поддерживать постоянным или переменным задаваемый момент.

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

К основным преимуществам электромагнитного дискового тормоза с воздушным охлаждением относятся: 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 (обычно из магнитомягкой 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 распространены в тяговых стендах 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 осуществляет-

ся 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, гistogramмы, 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. Обычно 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 обычно предусматривается устройство в виде блока защитных блокировок. Он не допускает включения подъемника или переключателя режима испытаний при вращающихся колесах, а также обеспечивает плавное нарастание нагрузки на колесах автомобиля даже при резком повороте оператором ручки датчика, что предотвращает выбрасывание автомобиля со стенда.

В электрическую часть стенда входит общий блок управления и контроля. Переносные приборы, которыми оснащаются некоторые тяговые стен-

ды, например, для определения мощности двигателя обычно предназначены для определения тягово - экономических показателей автомобиля по величине углового ускорения коленчатого вала в режиме свободного разгона двигателя. Они классифицируются по способу питания (от аккумуляторной батареи автомобиля, от внешней сети, комбинированные), по виду индикации (цифровая, аналоговая или смешанная) и по типу применяемого датчика частоты вращения (индуктивный или пьезоэлектрический).

В таблице 2 приведены некоторые типы отечественных стендов с беговыми барабанами, которые выпускаются промышленным производством мелким сериями или по специальным заказам.

Таблица 2 – Типы отечественных стендов

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	4000×1000	5150×2880	5150×2000	5150×2000
шкафа управления	450 × 800	450 × 800	450 × 800	450 × 800

напряжение, В	380	380	380	380
частота, Гц	50	50	50	50
мощность стенда, кВт	4,5	6,5	6,5	6,5
Масса стенда, кг	2100	4200	3300	3300

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

В отчёте о практическом занятии ответить письменно на следующие вопросы. Сначала пишется вопрос, потом – ответ.

1. Из чего конструктивно состоит блок роликов испытательного стенда?
2. Какие нагрузочные устройства применяют в конструкциях тяговых стендов?
3. Какие недостатки имеют механические тормозные устройства?
4. Какие нагружающие устройства в стендах получили наибольшее распространение?
5. Какую функцию выполняет пневмопривод опорного устройства роликового типа?
6. Из каких элементов состоит схема опорного устройства?
7. С чем соединен индукционный тормоз?
8. От чего приводится в действие тахограф?
9. От чего получает воздействие датчик усилия?
10. Какие виды тормозов применяются в тяговых стендах?
11. Какой вид тормозного механизма наиболее распространен?
12. Каковы преимущества электромагнитного дискового тормоза?
13. Из каких основных элементов состоит электромагнитный тормоз?
14. Каков принцип работы электромагнитного тормоза?
15. Какой динамометр – крутильный или балансирный наиболее распространен в тяговых стендах? Почему?
16. Принцип действия балансира динамометра.
17. Как определяется скорость движения автомобиля, при использовании линейной скорости на окружности роликов тягового стенда?
18. Каков принцип работы индуктивных датчиков?
19. Из каких основных элементов состоит индуктивный датчик?
20. Почему индуктивные датчики более предпочтительны по сравнению с тахогенераторами постоянного тока?
21. Какие преимущества имеет комбинированный способ представления информации?
22. Для чего на стендах предусмотрены блоки защитных блокировок?

23. Что характеризуют основные параметры стенов с беговыми барабанами?

ЛИТЕРАТУРА

1. Кушвид, Р.П. Испытания автомобиля. Учебник / Р.П. Кушвид – М: МГИУ, 2011. – 351 с.
2. Хусаинов, А.Ш. Эксплуатационные свойства автомобиля / А.Ш. Хусаинов. – Ульяновск: УЛГТУ, 2011. – 115 с.
3. Беляев, В.П. Конструкция автомобилей и тракторов: Учебное пособие для самостоятельной работы студентов. / В.П. Беляев, Р.В. Быков – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. – 76 с.
4. Беляев, В.П. Испытания автомобилей: учебное пособие. / В.П. Беляев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 293 с.
5. Гудцов, В.Н. Современный легковой автомобиль. Экология, экономичность, электроника, эргономика (тенденции и перспективы развития) / В.Н. Гудцов. – М. : ООО КноРус, 2012. – 447 с.
6. Крылова, Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: учебник для вузов / Г.Д. Крылова 3-е издание, переработанное и дополненное – М: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 711 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Практическая работа № 1. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЯ.....	4
Практическая работа № 2. СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	19
Практическая работа № 3. СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТРАНСМИССИЙ.....	32
Практическая работа № 4. СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ШАССИ, КУЗОВОВ И КАБИН.....	47
Практическая работа № 5. СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПОЛНОКОМПЛЕКТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ.....	58
Практическая работа № 6. СТЕНДЫ ИСПЫТАНИЯ ПОЛНОКОМПЛЕКТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ.....	70
ЛИТЕРАТУРА.....	80

Ильин Пётр Иванович

ИСПЫТАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Учебно - методическое пособие

Молодёжный, 2020

Учебно - методическое пособие
для практических занятий
для студентов инженерного факультета
направление подготовки 23.03.03 «Эксплуатация
транспортно - технологических машин и комплексов,
35.04.06 Агроинженерия