

# Методы испытаний деталей и сборочных единиц автотранспортных средств

СКИФ



Кафедра «Эксплуатация транспортных систем  
и логистика»

**Лекционный курс**

**Автор**

**Апальков А.Ф.**

## **Аннотация**

Лекционный курс предназначен для магистрантов. Раскрывает базовые знания для ведения научно-исследовательской работы и закладывает основы для подготовки к государственному экзамену и защите магистерской диссертации.

## **Автор**

**Апальков Александр Федосеевич**

**к.т.н., профессор**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|          |    |
|----------|----|
| Лекция 1 | 4  |
| Лекция 2 | 7  |
| Лекция 3 | 11 |
| Лекция 4 | 15 |

#### Методы испытаний. Теория моделирования. Классификация объектов испытаний.

Основными задачами ремонтного производства являются обеспечение реализации потребительских свойств машин на эффективном уровне и поддержании свойств за счет эксплуатационного резервирования методом замены составных частей. Замена составных частей изделия производится на стандартные комплекты, которые должны разработать производители или фирмы, осуществляющие техническое обслуживание и ремонт на основании технических условий изготовителя. Комплектовать и технически подготавливать машины до полной готовности к использованию необходимо на специальных ремонтных предприятиях с применением новых или восстановленных деталей. Для обеспечения работоспособности машины необходимы дополнительные ресурсы. Эти ресурсы должны быть по возможности минимальны, но достаточны для того, чтобы обеспечить непрерывное работоспособное состояние машины. Под термином «непрерывное работоспособное состояние» понимается безотказная работа машины при выполнении работы. Таким образом, потребитель при покупке машины приобретает не только физическую машину, но и имеет возможность обеспечить непрерывность ее работы в течение всего срока службы. Так как непрерывность работы машины обеспечивается в начале ее эксплуатации качеством ее изготовления (технологическими и эксплуатационными свойствами, обеспечиваемыми в соответствии с нормативными требованиями), а система ремонтных воздействий в последующие периоды обязана поддерживать требуемый уровень точности параметров и эксплуатационных свойств элементов машины, то возникает ряд задач, решение которых обуславливается новыми производственными отношениями между ремонтными предприятиями и предприятиями-изготовителями, а также между ремонтными предприятиями и потребителями.

Среди определяемых свойств любого изделия, в том числе после ремонта, различают свойства, обуславливающие соотношение его качества и цены. Поэтому успешное развитие системы ремонта машин органически связано с решением задачи, отвечающей на вопросы при каких условиях и что нужно сделать, чтобы отремонтированные изделия были бы по уровню качества сопоставимы с качеством нового изделия, а затраты при этом были бы минимальны. Решение этой задачи порождает за собой комплекс

технологических, экологических, организационных и экономических проблем, основными из которых являются:

- обоснование организационных структур производства, ремонта машин и их составных частей, наиболее социально целесообразны при реализации принципа покупки потребителем не только машины, но и непрерывности ее работоспособности за весь срок службы;
- баланс исходного состояния ремонтного фонда, потребления запасных частей, уровня и охвата деталей восстановительной технологией при соответствии установленным значениям критериев качества и минимизации затрат на ремонтируемую продукцию;
- обоснование методических принципов решения задач технологического проектирования ремонтных предприятий, объективно обеспечивающих достижение требуемого уровня качества;
- сокращение затрат на ремонты путем производства машин и их составных частей, обладающих более высоким уровнем ремонтпригодности;
- свободные цены на услуги и ремонт в условиях рыночных отношений и мотивация производителей к Систематическому улучшению качества ремонта машин и их составных частей на основе экономического регулирования;
- экономия ресурсов и обеспечение экологической чистоты производственных

## «Методы испытаний деталей и сборочных единиц автотранспортных средств»

процессов ремонтного производства.

### **Поиски новых решений в области работоспособности машин.**

Все многообразие задач, которые предстоит решать в области ремонта машин, можно разделить на два класса: задачи анализа и задачи синтеза. Задачи анализа состоят в изучении изменения процесса или поведения и свойств системы в результате взаимодействия внутренних и внешних факторов и оценке их влияния, если заданы характеристики внешней среды и структуры системы, а также численных значений их параметров.

Задачи синтеза, как правило, связаны с выбором оптимальной, в том, или ином смысле, структуры или внутренних ее параметров при заданных характеристиках внешней среды и с учетом ограничений, накладываемых на систему. При изучении процесса определяется совокупность параметров, характеризующих его эффективность. В некоторых случаях задача синтеза ставится как задача отыскания, например структуры системы или внутренних ее параметров, приводящих к заданному значению критериев эффективности. Возможно, также считать задачей синтеза установление параметра режима процесса, реализация которого приводит к заданному значению критерия эффективности. Из определения следует, что задачи синтеза будут возникать на этапе разработки какого-либо процесса или при проектировании технологического оборудования, производственных участков, цехов, предприятий и комплексных ремонтных производств. В этом случае задача синтеза определяется как задача отыскания оптимального управления функционированием процесса (системы) и сводится к расчету ее внутренних параметров, обеспечивающих наибольшую эффективность. Задачи, связанные с исследованием осуществления реальных процессов эксплуатации систем, реализации технологий восстановления в самом широком смысле являются задачами анализа. Наиболее важный этап исследования - разработка модели. Под моделью понимается естественный или искусственный объект, находящийся в соответствии с изучаемым объектом или с какой-либо из его сторон. В последнем случае при изучении эта сторона выступает относительно самостоятельным объектом, позволяющим изучить его при сборе информации о самом изучаемом объекте - оригинале. Моделирование означает осуществление каким-либо способом отображения или воспроизведения действий с целью изучения происходящих в системе внутренних процессов и объективных закономерностей. Таким образом, моделирование - метод познания, поиска новых решений, с помощью которого изучается объект-оригинал, находящийся в некотором соответствии с другим объектом - моделью. Однако объект-модель может замещать оригинал только в некотором отношении и на некоторых стадиях познавательного процесса. Модели, использующиеся, в частности, при решении задач в области ремонта, классифицируются на физические и математические. В качестве физических моделей используются образцы, детали, сопряжения, узлы и агрегаты машин и технологическое оборудование, которое участвует в эксперименте. Математические модели, в том или ином виде, присутствуют в любом исследовании. Моделирование не может абсолютно точно воспроизвести изучаемые явления. Такая модель оказалась бы столь сложной и дорогой, что исключило бы практические преимущества моделирования. Моделирование используется для изучения реальных объектов-оригиналов, а промежуточным звеном в цепи познания служит вспомогательный объект- модель, который должен обеспечить:

- объективное соответствие некоторым свойствам изучаемого объекта-оригинала;
- возможность получения в результате исследования модели определенной информации об изучаемом объекте-оригинале.

Преимущества моделирования на ЭВМ: простота, оперативность, невысокая стоимость, проведение исследования реальных систем без трудоёмких натуральных экспериментов. Достижения в области вычислительной техники сделали возможным

### «Методы испытаний деталей и сборочных единиц автотранспортных средств»

осуществление моделирования сложных случайных процессов путем многократного воспроизведения и последующей обработки полученных результатов для приближенного вычисления характеристик исследуемого процесса. Использование методов прикладной математики в исследованиях, при проектировании и управлении сделали доступными для широкого применения имитационного моделирования как способа выбора рациональных технологических решений, рациональных конструкторских решений при проектировании изделий, рационального управления сложными процессами путем воспроизведения процессов функционирования и (или) эксплуатации изделия.

## «Методы испытаний деталей и сборочных единиц автотранспортных средств»

### ЛЕКЦИЯ 2

### ТЕРМИНЫ, ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Триботехника является областью научной дисциплины трибоники, изучающей взаимодействие рабочих поверхностей деталей при их относительном перемещении. Слово трибоника произошло от греческого *tribos* - трение. Объектом изучения триботехники являются механические системы, узлы трения машин, функционирование которых сопровождается процессами трения и изнашивания. Предметом исследования служат процессы трения, изнашивания, смазывания элементов машин, т.е. процессы, вызывающие изменение технического состояния изучаемых систем. Необходимо также дать пояснения некоторых терминов, которые будут наиболее часто встречаться в тексте. Внешнее трение - явление сопротивления относительному перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкосновения поверхностей по касательным; к ним, сопровождаемое диссипацией энергии.

Изнашивание - процесс разрушения и отделения материала с поверхности

твердого тела и (или) накопления его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и (или) формы тела. Износ - результат изнашивания, определяемый в установленных единицах. Смазка — действие смазочного материала, в результате которого между двумя поверхностями уменьшается сила трения и (или) интенсивность изнашивания.

Работа узлов трения машин, оборудования и транспортных средств осуществляется на всех этапах создания общественного продукта. Триботехнические характеристики узлов трения наравне с конструкцией машин, качеством их изготовления, режимом эксплуатации и другими аспектами оказывают существенное влияние на многие экономические (и экологические) показатели работы машин, механизмов и технологического оборудования. Большинство машин (85—90%) выходит из строя по причине износа деталей. Расходы на ремонт машин оборудования и транспортных средств составляют в нашей стране десятки миллиардов рублей в год. При развитии промышленности эта цифра естественно увеличивается. Трудоемкость ремонта и технического обслуживания многих строительных и дорожных машин за срок их службы примерно в 15 раз превышает трудоемкость изготовления новых. Большие материальные потери народное хозяйство терпит от повышенного трения в узлах машин.

Известно, что больше половины топлива, потребляемого автомобилями, тепловозами и другими видами транспорта, расходуется на преодоление сопротивления, создаваемого трением в подвижных сочленениях. Потери от трения и затраты, связанные с ними, составляют от 1 до 4% национального продукта стран, что не может не оказывать существенного влияния на развитие экономики любой страны. В последние годы проявляется повышенное внимание к развитию триботехники, к оптимизации триботехнических решений и внедрений в практику достижений триботехники. По оценкам экспертов, широкое внедрение в производство уже известных достижений триботехники способно на 25-30% сократить потери от трения, причем первые 10-15% из них - без заметных капитальных вложений.

#### **Инженерно-технические проблемы в триботехнике**

Наиболее актуальными инженерно-техническими проблемами в триботехнике на сегодняшний день являются следующие:

- разработка композиционных материалов для деталей узлов трения;

Износостойкость - свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения, оцениваемое величиной, обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания. Антифрикционные материалы - материалы, используемые для работы в несущих или направляющих узлах трения (подшипниках скольжения, радиальных и торцовых уплотнениях). Фрикционные материалы - материалы,

### «Методы испытаний деталей и сборочных единиц автотранспортных средств»

предназначенные или используемые для работы в узлах трения, передающих или рассеивающих кинетическую энергию движущихся масс (в тормозах, муфтах, сцеплениях, демпферах, вариаторах и др.).

Присадка - вещество, добавляемое к смазочному материалу для придания ему новых свойств или усиления существующих. Целью исследования триботехники является разработка принципов, методов и технических средств обеспечения долговечности машин.

- создание «безызносных» узлов трения машин;
- разработка методов расчета деталей на износ;
- защита деталей машин от водородного изнашивания;
- расширение применения ФАБО трущихся деталей;
- совершенствование процессов смазывания деталей сопряжений;
- исследование электрических, магнитных и вибрационных явлений при изнашивании;
- необычные условия работы узлов трения машин и приборов;
- компьютерная трибология.

К проблемам триботехники также можно отнести разработку наноматериалов и технологических методов их применения в узлах трения изделий машиностроения.

#### **Испытание техники на надежность.**

Оценку надежности проводят на каждой стадии жизненного цикла объектов: проектирования, производства и эксплуатации.

Надежность во многом зависит от качества отработки конструкции машин при проектировании. По данным машиноиспытательных станций, примерно 8...20 % отказов происходит из-за конструкционных недоработок. На этом этапе показатели надежности определяют расчетным путем на основе априорной информации о надежности комплектующих изделий, отдельных сборочных единиц или машин-аналогов. Для получения необходимой информации часто проводят специальные исследовательские испытания.

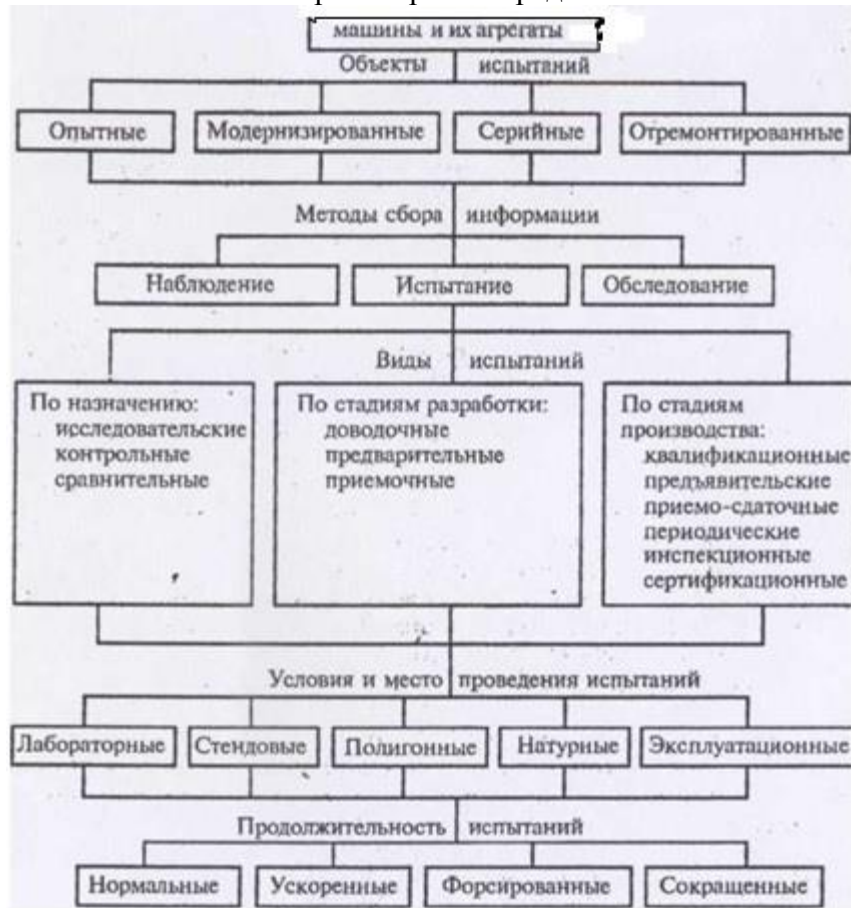
Важный этап в повышении надежности техники — технологическая подготовка производства. Для разных групп машин 20...60 % дефектов, обнаруженных при испытании, связаны с нарушениями технологии производства. К основным причинам возникновения дефектов относятся: отступление от чертежей — 17,3...17,8 %; низкое качество сварки — 11,3...12,8; низкое качество сборки, регулировки и подтяжки креплений — 14,1-17,9%.

Приняты законодательные акты по защите прав потребителей. В связи с этим заводы проводят работу по обеспечению стабильности показателей качества в соответствии с заявленным. Проверка и контроль систем обеспечения качества выпускаемой продукции — обязательное условие для выдачи сертификата качества.

Составной элемент систем контроля качества — контрольные испытания, сбор и анализ рекламаций по реализованной продукции, данные по отказам, поступающим от пунктов гарантийного ремонта и официальных дилеров, наблюдение и



«Методы испытаний деталей и сборочных единиц автотранспортных средств»



обследование работы техники в условиях эксплуатации. Наиболее полная и достоверная информация о надежности изделий может быть получена только в ходе испытаний.

Испытания техники на надежность проводят заводы-изготовители, научно-исследовательские организации и специализированные машиноиспытательные станции (МИС), расположенные в различных почвенно-климатических зонах России. Испытания проводят для опытных, модернизированных, серийных или отремонтированных объектов. В соответствии с программой в качестве объектов испытаний могут быть и отдельные сборочные единицы машин или комплектующие изделия.

В зависимости от назначения испытания могут быть исследовательскими, контрольными или сравнительными. В ходе исследовательских испытаний оценивают влияние различных факторов (условий работы, материалов, режимов работы, смазок, технологий изготовления и т. д.) на процессы изнашивания, трения, прочностные характеристики, интенсивность отказов или ресурс изделия. Контрольные испытания проводят для подтверждения стабильности заявленных показателей надежности.

Сравнительные испытания служат основным видом приемочных испытаний. В качестве базы для сравнения принимают: реально существующие изделия (аналоги), государственные или отраслевые стандарты или другие нормативные документы или условное изделие, которое представляет собой совокупность лучших на момент оценки показателей технического уровня.

При создании новых машин доводочные испытания проводят для отработки конструкции и доведения показателей надежности до нормативного уровня. Широко используют специальные стенды для испытаний как отдельных сборочных единиц, так и полнокомплектных изделий. Создание новых или модернизированных образцов завершается предварительными испытаниями для оценки соответствия показателей технического уровня заданным требованиям. Решение о постановке на производство

### «Методы испытаний деталей и сборочных единиц автотранспортных средств»

созданной машины принимают по результатам приемочных испытаний, проводимых машиноиспытательными станциями. Показатели качества и технического уровня, полученные в ходе испытаний, сравнивают с результатами испытаний машины-аналога, агротехническими требованиями и показателями, заявленными заводом-изготовителем:

Изделия единичного заказа или отремонтированную технику передают заказчику, по результатам приемо-сдаточных испытаний. Периодические испытания проводят для контроля стабильности качества производимой продукции через установленные промежутки времени. Контрольные периодические испытания изделий установочной серии (первого или второго года производства) считают как квалификационные испытания. Они необходимы для определения готовности предприятий К серийному производству на основе отработанного производственного процесса. Сертификат качества выдают специально аккредитованные испытательные лаборатории после сертификационных испытаний.

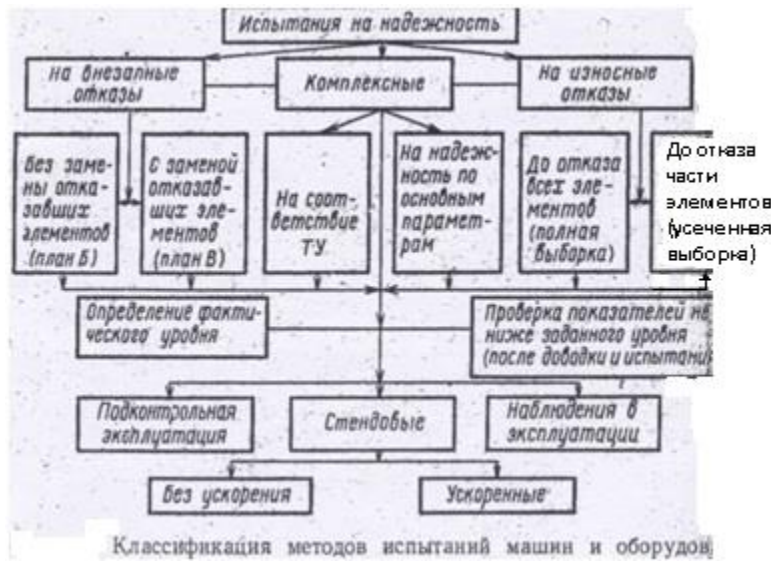
Испытания на надежность проводят В Лабораторных условиях на специальных стендах, на специальных Полигонах или при эксплуатации. В зависимости от продолжительности и нагрузочных режимов различают нормальные, ускоренные, форсированные или сокращенные (цензурированные) испытания.

При организации и проведении испытаний центральный момент — выбор плана испытаний, обеспечение заданной степени подобия режимов и сопоставимости полученных результатов. Сопоставимость результатов обеспечивается единством программы и методики испытаний и испытательного оборудования.

**ЛЕКЦИЯ 3.  
КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ИСПЫТАНИЙ. ОБЪЕКТАМИ  
ИСПЫТАНИЙ МОГУТ СЛУЖИТЬ СЛЕДУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ.**

Образцы при испытании свойств материалов, определяющих надежность изделий. Это испытание образцов на износостойкость, усталостную прочность, коррозионную стойкость и др.

Сопряжения и кинематические пары, изучается влияние конструктивных, технологических эксплуатационных факторов на срок службы сопряжений, входят испытания подшипников, зубчатых колес, транспортеров, муфт сцепления и т. п.



Узлы машины, когда необходимо изучить воздействие отдельных механизмов и элементов конструкции на показатели работоспособности. Это испытание коробки перемены передач, задних мостов, гидросистем, двигателей, отдельных целевых узлов машины.

Машина в целом, когда учитываются все взаимодействия механизмов и узлов в машине, условия ее эксплуатации и режимы работы. Это стендовые и эксплуатационные испытания тракторов, комбайнов, автомобилей и систем машин, когда показатели надежности учитывают взаимодействие отдельных машин, связанных в единый производственный комплекс.

В зависимости от цели, которую ставит данное испытание, выбирается объект испытания и назначаются показатели, которые характеризуют надежность объекта.

В настоящее время, на фоне экономического кризиса, с учетом тенденций к сокращению временных и финансовых затрат на создание перспективных образцов автомобильной техники, большое внимание в Вооруженных Силах РФ уделяется вопросам сокращения временных параметров посредством применения ускоренных испытаний (УИ), в особенности, для оценки их безотказности.

До последнего времени разработка методов УИ распространялась преимущественно на автомобили многоцелевого назначения. Исследованиями же основных узлов и агрегатов транспортных средств специального назначения, и в частности средств эвакуации (СЭ), для решения подобных задач не занимались.

В вопросах, касающихся УИ СЭ, также была исследована возможность разработки норм пробега по различным видам дорог с более высоким уровнем нагружения в отличие

### «Методы испытаний деталей и сборочных единиц автотранспортных средств»

от стандартных. Исследования проводились на транспортном оборудовании (ТрО) - базовом узле СЭ, предназначенном для эвакуации неисправной автомобильной техники способом полупогрузки и расположенном в задней части эвакуатора, представленного на рисунке 1.

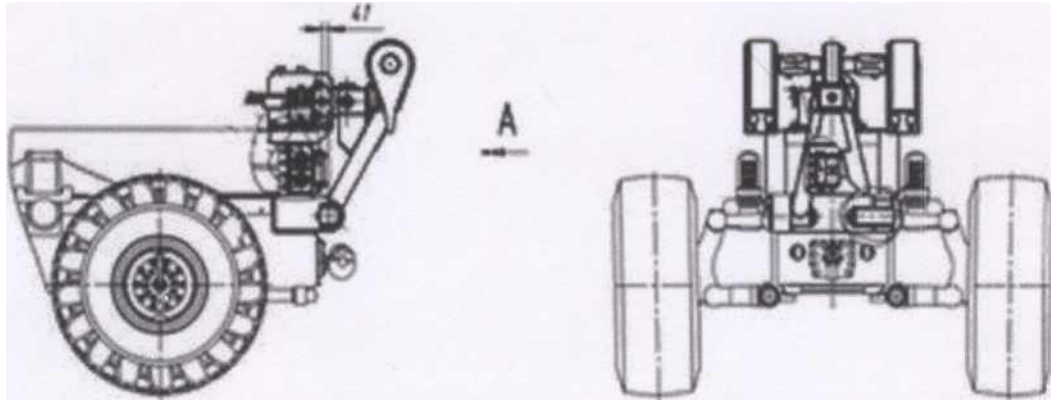


Рис. 1. Общий вид установки транспортного оборудования на средствах эвакуации

Важно отметить, что при выборе модели расчета нормативов УИ был учтен ряд требований, в частности:

- а) отказы и повреждения, возникающие на искусственных сооружениях, должны иметь такой же характер, как и при эксплуатации;
- б) конструктивные параметры искусственных сооружений, в том числе комплексной

испытательной трассы (КИТ), должны быть стабильны в границах допустимых отклонений [2] от их характеристик с заданной периодичностью их контроля (не реже одного раза в пять лет);

в) форсировка нагрузочного режима деталей ТрО должна осуществляться за счет увеличения частоты приложения максимальных нагрузок, характерных для рядовой эксплуатации СЭ;

г) программа УИ должна быть минимизирована по объему (пробегу) и продолжительности испытаний, а также материальным затратам.

В качестве базы для расчета пробегов по спецучасткам КИТ был принят уровень нагружения деталей ТрО, формируемый за пробег в условиях нормальных испытаний, равный половине гарантийного пробега базового шасси.

Среди известных методов, используемых для разработки нормативов УИ [5], был принят расчетно-экспериментальный метод, как наиболее достоверный, при котором экспериментальная часть исследований выполнена на натурном образце СЭ, представленном на рисунке 2, в режимах и условиях, соответствующих нормальным испытаниям, а в форсированном режиме нагружения - на спецучастках комплексной испытательной трассы (КИТ) [1]. Расчетная часть исследований выполнена с использованием компьютерных программ.



«Методы испытаний деталей и сборочных единиц  
автотранспортных средств»

Рис. 2. Ремонтно-эвакуационная машина колесная легкая РЭМ-КП на шасси Урал-532362 при движении по крупно-булыжному участку комплексной испытательной трассы

При экспериментальных исследованиях регистрировались два параметра: вертикальные и горизонтальные продольные виброускорения на ТРО и напряжения на отдельных его деталях.

Исследованиям подверглись следующие элементы конструкции:

- вал траверсы - на изгиб;
- верхняя полка кронштейна стрелы (щека - на растяжение);
- стойка стрелы - на изгиб в поперечной плоскости;
- « стойка стрелы - на изгиб продольной плоскости.

Дополнительно к указанным деталям, напряжения исследовались также на верхней полке надрамника, прикрепленного к раме автомобиля для её усиления, в связи с тем, что ТРО имеет консольное крепление, увеличивая нагрузку на заднюю часть рамы автомобиля.

Главной задачей проведения эксперимента являлось получение достаточного количества информации о нагруженное<sup>TM</sup> элементов ТРО при изменении прикладываемых извне нагрузок, возникающих при транспортировании объектов эвакуации в полупогруженном положении по различным видам дорог, путем правильного выбора мест измерений.

В качестве измерительной аппаратуры были использованы тензодатчики типа ПКБ-20-200В, а выбор представительных мест элементов конструкции ТРО с наибольшей их нагруженностью осуществлялся посредством использования результатов ранее проведенных исследований, а их объективная оценка давалась на основе экспериментов, с использованием тензометрирования.

Принимая во внимание определенную конфигурацию деталей ТРО и характер их соединения между собой, а также то, что они подвержены преимущественно знакопеременной внешней нагрузке, возникающей от воздействия профиля дороги на колеса СЭ, и от передаваемых колебаний машины эвакофонда, для оценки прочности деталей использован показатель  $F_i$  накопления усталостных повреждений, наилучшим образом описывающий характер нагружения исследуемого узла по зависимости 1 [1,4]:

$$F_{i,j} = \sum_{i,j=1}^z \delta_{i,j}^m N_{i,j},$$

(D

где  $\sigma$  - напряжение в материале k-ой детали; m - показатель кривой усталости; N - число цикла нагружения; z - количество интервалов процесса нагружения деталей ТРО.

В качестве дополнительных показателей оценки нагруженности ТРО использованы максимальные и средние квадратические значения его ускорений и напряжений, формируемые в его деталях.

Значение показателя m принимались из литературных источников или вычислялись по известным зависимостям [3].

В качестве источника форсированного нагружения СЭ использованы участки КИТ с низко- и высокочастотным воздействием, а также периодическим возмущением колес при испытаниях на прямых волнах синусоидального профиля с  $\lambda = 2, 3$  и 4 м. Регистрация исследуемых параметров, как правило, проводилась на измерительном участке протяженностью 1000 м. В тех случаях,  $F_i$  когда этот участок был меньше или больше заданного, значения показателя  $\cdot J$  приводилось к длине 1000 м.

В расчетах пробега  $x_j$  уравнению (2) принималось во внимание положение нормативной документации, согласно которому доля пробега  $d_i$  учитывалась в объеме 40 % от гарантийной наработки применяемого шасси «с объектом эвакуации, транспортируемым полупогрузкой» (с распределением пробега по стандартным видам дорог 8, 12, 12, 4 и 4 процента).

«Методы испытаний деталей и сборочных единиц  
автотранспортных средств»

Количество уравнений системы устанавливается от выбранного числа исследуемых элементов конструкции, число слагаемых в правой части каждого уравнения - количеством используемых спецучастков (дорог) с форсированным нагружением, а в левой части - количеством стандартных видов дорог, соответствующих нормальным испытаниям.

Система уравнений (2) представляет собой математическую модель оптимизации норм пробега через показатель накопления усталостных повреждений деталей ТрО, а решение этой системы - определение величины пробега по специальным дорогам с форсированным нагружением, эквивалентным по суммарному уровню воздействия на автомобиль при нормальных испытаниях.

При подстановке всех известных значений по  $x_1$  и объема пробега при нормативных испытаниях по видам дорог, а также при делении каждого слагаемого на коэффициент при  $x_1$ , получают следующую систему уравнений, выражающую нагруженность элементов конструкции ТрО и надрамника СЭ при соблюдении равенства правой и левой их частей соответственно на стандартных видах дорог и спецучастках КИТ:

$$3192 - x_1 + 9,09 x_3 + 3,82 x_3 + 5,62 x_4 + 0,082 x_5 \quad 3017 = x_1 + 5,62 x_3 + 5,27 x_3 + 0,61 x_4 + 0,11 x_3$$

$$J \quad 2218 = x_1 + 0,294 x_3 + 4,444 x_3 + 4,678 x_4 + 0,0667 x_j \quad 2475 = x_1 + 4,8 x_3 + 3,9 x_3 + 3,855 x_4 + 0,065 x_3 \quad 1811,7 = x_1 + 0,0967 x_3 + 5,217 x_3 + 7,02 x_4 + 0,037 x_5,$$

у\*

(2)

где  $x_1$  - пробег по крупнобулыжному участку КИТ, км;

$x_2$  - пробег по клиновым холмам ухабистой дороги КИТ, км;

$x_3$  - пробег по косоволновому участку синусоидального профиля, км;

$x_4$  - пробег по прямым волнам  $sf = 2$ , 3и4м синусоидального профиля, км;

$x_5$  - пробег по изношенному бетонному участку динамометрической дороги КИТ,

км.

Решение задачи по системе уравнений (1), как показывает практика, целесообразно начинать с возможности использования симплекс-метода, разработанного в теории линейного программирования.

Для этого полученные уравнения (2) представляем в виде неравенств для последующего их решения с учетом ограничений в виде двухсторонних неравенств.

Величину неравенства, как минимум, принимают по значениям погрешности результата измерений и расчета показателя  $F_{ijk}$ . На основе ранее установленных значений погрешности результата измерений напряжений  $b_i$ , равных 12 %, и погрешности результата расчета  $F_{ijk}$  (~8 %), общая величина неравенства была принята на уровне 20 %, при котором уравнение (2) принимает вид:

$$2553,6 < x_1 + 9,09 x_3 + 3,82 x_3 + 5,62 x_4 + 0,082 x_5 < 3830,4 \quad 2413,6 < x_1 + 5,62 x_3 + 5,27 x_3 + 0,61 x_4 + 0,11 x_3 < 3620,4 \quad 1774,4 < x_1 + 0,294 x_3 + 4,444 x_3 + 4,678 x_4 + 0,0667 x_3 < 2661,6$$

$$1980,0 < x_1 + 4,8 x_3 + 3,9 x_3 + 3,855 x_4 + 0,065 x_5 < 2970,0 \quad 1449,4 < x_1 + 0,0967 x_3 + 5,217 x_3 + 7,02 x_4 + 0,037 x_5 < 2174,0$$

(3)

При  $x_i$  и  $x_j > 0$  приведенная система уравнений и неравенств имеет множество решений, относительно  $x_j$ .

Для получения оптимального пробега по  $j$ -м дорогам рассмотрены три критерия, которые могут повлиять на выбор целевой функции форсирования испытаний.

Среди них: оптимизация по времени, пути и стоимости.

С целью упрощения решения уравнений (4) и сокращения их вариантов, временной фактор был учтен на этапе экспериментальных исследований через технически

«Методы испытаний деталей и сборочных единиц  
автотранспортных средств»

достижимые скорости на участках КИТ и ограничения по условиям безопасности.

Оптимизация по пути реализована через целевую функцию  $x_j \rightarrow \min$ , при этом был использован ряд ограничений, обусловленных, во-первых сформировавшейся технологией пробегов по участкам КИТ и их размещением на трассе, в частности, по пробегу на изношенном бетонном участке  $x_5$ , в виде соотношения  $x_5 = 0,667x_1$ . Во-вторых, принимая высокую чувствительность деталей ТрО к нагрузкам на клиновых холмах, было наложено ограничение по пробегу по этим неровностям, которое дискретно задавалось через каждые 10 км в диапазоне 80-130 км.

Правомерность использования ограничений определена, прежде всего, как указано, разными темпами накопления усталостных повреждений и необходимостью сокращения множества решений. Указанная особенность наглядно представлена на рисунке 4 графиками изменения показателя  $F_i$  на стандартных видах дорог и спецучастках КИТ.

Выполненные расчеты по деталям ТрО (без надрамника) в окончательном виде представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расчетные значения пробегов СЭ (по элементам конструкции транспортного оборудования) на шасси Урал-532362 по спецучасткам КИТ, км

| КБУ КИТ | Клиновые холмы | Косоволновый участок | Прямые волны синпрофиля | Изнош. бетонный участок | Всего |
|---------|----------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| 1000    | 105            | 165                  | ПО                      | 667                     | 2047  |

После вычисления значений показателя  $F$  на следующем этапе решалась задача расчета норм пробега по спецучасткам КИТ путем сопоставления нагруженности элементов на стандартных дорогах со спец. участками КИТ.

Полученные нормативы пробегов при УИ ТрО в объеме 2047 км, эквивалентные 18000 км (40 % от 45000 км) при нормальных испытаниях, позволили сократить пробег (без учета подъездных путей) в 8,8 раза, время пробеговых испытаний до 9,89 раз (на 187 рабочих дней) и сокращение денежных средств при государственных испытаниях одного образца в 8,9 раз [4].

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ

Условия эксплуатации машин существенно влияют на показатели их надежности. Для обеспечения высоких показателей долговечности и безотказности машин при эксплуатации необходимы следующие мероприятия.

1. Качественная обкатка новых и отремонтированных машин в хозяйстве. Ее необходимо проводить в соответствии с рекомендацией заводов-изготовителей или ремонтных предприятий.

Производственная обкатка включает в себя: опробование работы двигателя без нагрузки (15...20 мин); обкатка трактора без нагрузки (5...7 ч по 0,5 ч на каждой передаче); проверку работы гидросистемы (15...20 мин); обкатку трактора на всех передачах с постепенным повышением нагрузки: 15...20 % — 7 ч, 30...40 % — 14, 50...60% - 18 и 75% - 14 ч.

По завершении обкатки снимают ограничение мощности и проводят первое техническое обслуживание с заменой смазочных материалов в двигателе и агрегатах трансмиссии и ходовой части.

2. Организация технического обслуживания и создание для его проведения необходимой материальной базы. Высокие показатели надежности машин характерны для хозяйств, использующих жетонную систему учета их наработки, располагающих стационарными пунктами технического обслуживания, звеньями Мастеров-наладчиков, применяющих моечное, смазочное, диагностическое и регулировочное оборудование, средства механизации.

3. Проведение периодических технических осмотров машин, способствующих улучшению деятельности инженерно-технических служб хозяйств, хранения машин, повышению уровня эксплуатации и надежности машин. Периодические технические осмотры проводят представители Гостехнадзора и ГИБДД один-два раза в год.

4. Соблюдение режимов работы машин. Наиболее высокие удельные нагрузки на детали, плохие условия их смазывания наблюдаются при начальных пусках двигателей и включении агрегатов трансмиссии в холодное время года. Износ во время пуска двигателя при температуре — 18 °С приравнивается к износу за 210 км пробега автомобиля.

На работу двигателя отрицательно влияет и перегрев, при котором наблюдается форсированный износ деталей, особенно цилиндропоршневой группы, газораспределительного и кривошипно-шатунного механизмов. При повышении температуры охлаждающей жидкости до 115 °С суммарный износ увеличивается в 1,5 раза по сравнению с износом при нормальном тепловом режиме.

При неустановившихся нагрузках и скоростных режимах работы двигателя по сравнению с установившимися режимами интенсивность изнашивания верхних поршневых колец повышается в 2,5... 3,5 раза, поршней — в 1,2...2,5 раза.

5. Соблюдение рекомендаций заводов-изготовителей по применению топлива, масла и смазочных материалов. Применяемое топливо влияет на процесс сгорания, условия смазывания поверхностей трения, интенсивность нагарообразования и изнашивания. Так, в процессе использования бензинов с температурой конца кипения 170... 180 °С снижается износ двигателя на 45...48 % по сравнению с бензинами, имеющими температуру конца кипения 218 °С. Износ деталей дизелей зависит от цетанового числа дизельного топлива. Так, при его снижении с 68 до 31 увеличивается износ гильз цилиндров двигателя Д-37М почти в 2 раза.

Еще большее влияние на износ деталей и долговечность машин оказывают смазочные материалы.

6. Контроль и обеспечение достаточной герметизации агрегатов и механизмов машин. Во время эксплуатации машин герметизация нарушается вследствие ослабления



### «Методы испытаний деталей и сборочных единиц автотранспортных средств»

крепления крышек, низкого качества прокладочных материалов, коробления плоскостей разъемов корпусных деталей, износа уплотнительных устройств. Так как во внутренние полости агрегатов из окружающей среды засасывается воздух, содержащий абразивные частицы, то герметизации следует уделять особое внимание. При подсосе 1 % нефилтрованного воздуха интенсивность изнашивания верхних поршневых колец увеличивается в 4 раза.

7. Соблюдение установленных правил хранения машин. Высокая сохраняемость сельскохозяйственной техники обеспечивается при наличии специальных помещений, площадок с твердым покрытием, использовании различных подставок и прокладок, своевременной очистке машин от технологических загрязнений и почвы, нанесении защитных смазок, своевременном восстановлении лакокрасочных покрытий, снятии и хранении в закрытых помещениях электрооборудования, приборов и т. д.

8. Повышение уровня квалификации механизаторов и организации выполнения механизированных работ и инженерной службы хозяйства.

### **Формы развития и воспроизводства ПТБ**

Развитие и совершенствование ПТБ предприятий автомобильного транспорта может осуществляться за счет нового строительства, расширения, реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий.

**К новому строительству** относится возведение комплекса объектов (зданий и сооружений) основного, вспомогательного и обслуживающего производств вновь создаваемых предприятий, а также филиалов и отдельных производств, которые после ввода в эксплуатацию будут находиться на самостоятельном балансе. Новое строительство осуществляется на вновь отводимом земельном участке для создания дополнительных или новых производственных мощностей.

Учитывая высокую стоимость элементов ПТБ и трудности реализации долгосрочных инвестиционных проектов при современном состоянии экономики страны, можно утверждать, что перспективы использования этого направления на ближайшие годы весьма невелики. Исключением является развитие фирменного автосервиса, о чем свидетельствует открытие в больших городах крупных фирменных СТО и торгово-сервисных центров зарубежных фирм — изготовителей легковых автомобилей (БМВ, «Опель», «Форд», «Гойота» и др.).

**К новому строительству** относится также возведение объектов действующего предприятия, ликвидируемого по техническим, социально-экономическим, градостроительным причинам или санитарно-гигиеническим требованиям, на вновь отводимом земельном участке.

*Расширение действующих предприятий* — это строительство дополнительных производств к уже имеющимся на предприятии, а также строительство новых и расширение функционирующих объектов основного, вспомогательного и обслуживающего про-

К нему площадях в целях создания дополнительных производственных мощностей.

К расширению действующих предприятий относится также строительство филиалов и производств, входящих в их состав, которые после ввода в эксплуатацию не будут находиться на самостоятельном балансе.

*Реконструкция действующих предприятий* представляет собой качественное обновление основных производственных фондов на новой технической и технологической основе, которое обеспечивает увеличение объема перевозок и повышение качества оказываемых услуг, повышение производительности труда и снижение себестоимости при меньших капитальных вложениях и в более короткие сроки, чем при строительстве или расширении действующих предприятий.

При реконструкции предусматривается полное или частичное переоборудование и

### «Методы испытаний деталей и сборочных единиц автотранспортных средств»

переустройство, перепланировка предприятия и его подразделений на основе достижений научно-технического прогресса по единому комплексному проекту. При необходимости реконструкция сопровождается строительством новых и расширением действующих объектов вспомогательного или обслуживающего назначения, когда новое высокопроизводительное и более совершенное по техническим параметрам оборудование не может быть размещено в существующих зданиях в процессе замены морально устаревшего и физически изношенного оборудования, механизации и автоматизации производства и устранении диспропорций в технологических звеньях и службах предприятия.

Важным этапом реконструкции является вариантное обоснование целесообразности той или иной формы развития ПТБ [21].

Чтобы выбрать оптимальное решение, нужно выполнить технико-экономический анализ, необходимый для определения капитальных вложений, который отражает значимость намечаемых мероприятий.

В зависимости от объема работ по отношению к стоимости действующих производственных фондов различают следующие виды реконструкции: малую (частичную), среднюю и комплексную. Основными показателями вида реконструкции являются коэффициенты выбытия  $K_v$  и обновления  $K_o$  основных фондов.

Частичная реконструкция направлена преимущественно на замену морально и физически устаревших активных основных фондов, т. е.  $K_x = K_o$ , а численное значение этих показателей, как правило, соответствует условиям:  $0,1 < K_v < 0,2$  и  $0,1 < K_o < 0,2$ . При этом выполняется незначительный объем строительных работ, связанных с перепланировкой цехов и отделений и установкой нового технологического оборудования.

#### **Общая характеристика и классификация технологического оборудования**

Технологическое оснащение предприятий автосервиса, являясь составляющим элементом производственно-технической базы (ПТБ), в значительной мере определяет производительность и качество работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, условия труда персонала, защиту окружающей среды и ресурсосбережение.

Техническое оснащение предприятия, предназначенное для осуществления технологических процессов основного производства, включает в себя инженерные сооружения, технологическое оборудование, оснастку, инструмент, средства измерения и контроля

К инженерным технологическим сооружениям относятся осмотровые каналы, эстакады, одно- и многоярусные площадки и лестницы.

Технологическое оборудование состоит из машин и аппаратов. Технологические машины осуществляют воздействие на предмет труда за счет затрат и преобразований в основном механической энергии (металлообрабатывающий станок, пресс, автомобильный подъемник и др.). В технологических аппаратах обработка предметов труда происходит при помощи энергий немеханических видов (тепловой, химической, ультразвуковой и др.). К аппаратам относятся шланговые моечные установки, сварочное, окрасочное оборудование и др. В отдельных видах оборудования используется как механическая, так и немеханическая энергия. В этом случае отнесение оборудования к группе машин.

«Методы испытаний деталей и сборочных единиц автотранспортных средств»

