

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича  
Столетовых»  
(ВлГУ)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Эксплуатационная надежность колесных транспортных машин»**

**Направление подготовки 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»**

**Владимир, 2016**

## Раздел 1

### ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МАШИН

Проблема обеспечения высокого уровня потребительских свойств автотранспортной техники, ее долговечности, безотказности и ремонтпригодности непрерывно обостряется, в связи с чем именно надежность определяет перспективы развития отечественного машиностроения в условиях острой конкуренции как внутри страны, так и со стороны зарубежных производителей автомобилей.

Прежде чем познакомиться с методикой оценки надежности и работоспособности необходимо изучить термины и определения, принятые в теории надежности машин: качество продукции машиностроения, надежность и его основные свойства, отказ автомобиля и его основные виды, исправное, работоспособное и предельное состояния автотранспортных средств, восстанавливаемые и невосстанавливаемые изделия.

Для овладения основами научно-исследовательской деятельности следует овладеть навыками количественной оценки показателей безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости автомобилей. Кроме того необходимо изучить комплексные показатели надежности, оценивающие несколько свойств надежности одновременно, а также показатели для оценки всего парка автомобилей в автотранспортном предприятии [1, с.5-37].

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что понимается под технической системой?
2. Какие проблемы изучает наука о надежности машин?
3. Раскройте понятия качества и надежности машин.
4. Какие виды технических состояний составляют жизненный цикл автомобиля?
5. Приведите классификацию отказов автомобилей.
6. Какими свойствами характеризуется надежность изделий?
7. Какими показателями оценивают безотказность, долговечность?
8. Укажите взаимосвязь между вероятностью безотказной работы  $P(t)$ , вероятностью отказов  $F(t)$  и плотностью распределения  $f(t)$ .
9. Что понимается под гамма-процентным ресурсом машины?
10. Какими показателями оценивается ремонтпригодность и сохраняемость машин?
11. Какие показатели используются для комплексной оценки надежности изделий?
12. Какими показателями оценивается надежность парка автомобилей?
13. Как оцениваются показатели надежности автопарка по статистическим данным?

## Раздел 2

### ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

При изучении физических процессов изменения технического состояния автотранспортных средств в эксплуатации следует обратить особое внимание на основные причины потери ими работоспособности, процессы, приводящие к изменению начальных свойств, которые протекают во всех материалах, из которых создано изделие, включая не только конструктивные элементы, но и все, что участвует в ее работе (смазку, топливо,

охлаждающую жидкость и др.). Основной причиной протекания таких процессов является то, что при работе машин на их узлы, агрегаты, конструктивные элементы воздействуют различные виды энергии, которые приводят к эксплуатационным повреждениям (износам, деформациям, поломкам, коррозии и др.). Это, в свою очередь, влечет за собой изменение выходных параметров и, в конечном счете, приводит к потере изделием работоспособного состояния (отказу).

Необходимо иметь четкие представления о характере эксплуатационных повреждений, возникающих в автомобиле в процессе эксплуатации, усталостном разрушении материалов конструкционных материалов, пластическом деформировании, изнашивании, коррозионных процессах, протекающих в металлических деталях автотранспортных средств [1, с. 31-90].

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какие виды эксплуатационных нагружений воздействуют на детали машин?
2. Что понимается под силовым эксплуатационным нагружением?
3. Какими параметрами характеризуется циклический (колебательный) режим динамического нагружения?
4. Назовите основные причины, вызывающие отказы и повреждения машин.
5. Приведите основные виды трения рабочих поверхностей машин.
6. Какими количественными показателями оценивается процесс трения?
7. Раскройте физическую сущность изнашивания.
8. Приведите основные и сопутствующие процессы изнашивания.
9. Раскройте сущность процесса пластического деформирования материала деталей.
10. Приведите основные виды деформаций в зависимости от прилагаемых нагрузок.
11. Какие физические процессы приводят к усталостному разрушению деталей?
12. Какими характеристиками оценивается долговечность деталей, работающих в условиях переменных нагрузок?
13. Приведите основные факторы, оказывающие влияние на выносливость металла.
14. Что понимается под коррозионным разрушением?
15. Объясните сущность химических и электрохимических процессов коррозии.
16. Какие виды коррозионного разрушения возникают в деталях машин?

### **Раздел 3**

#### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ, УСТАЛОСТНОГО И КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТС**

При эксплуатации автомобиля подавляющее большинство деталей достигают предельного состояния из-за износа. В связи с этим выявление физических процессов изнашивания, установление зависимостей физико-механических свойств поверхностного слоя детали от режима ее работы, факторов внешней среды позволяют управлять этим процессом, снижать его интенсивность.

При изучении этого раздела следует особое внимание уделить современной классификации видов изнашивания автотранспортных средств, видам и формам механического, молекулярно-механического и коррозионно-механического изнашивания. Необходимо иметь четкое понимание и представление о закономерностях изнашивания деталей, количественных характеристиках процесса изнашивания, предельных и допустимых износах, методах их определения.

Кроме изнашивания детали транспортных средств подвержены усталостному и коррозионному разрушению. Поэтому при изучении раздела необходимо хорошо понимать причины и сущность как усталостного, так и коррозионного разрушения деталей (1, с. 93 – 121).

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какие виды изнашивания возникают в деталях машин?
2. В результате каких физических процессов происходит механическое изнашивание?
3. Приведите основные виды механического изнашивания.
4. Какие формы абразивного изнашивания возникают при трении сопряженных поверхностей?
5. Объясните сущность гидроабразивного и газоабразивного изнашивания.
6. Что понимается под усталостным изнашиванием деталей?
7. Раскройте сущность молекулярно-механического изнашивания.
8. Какие физические процессы приводят к коррозионно-механическому изнашиванию?
9. Что понимается под изнашиванием при фреттинг – коррозии? Для каких конструктивных элементов оно характерно?
10. Какие стадии включает в себя классическая форма кривой изнашивания?
11. Какими показателями оценивается процесс изнашивания?
12. Как определяются предельные и допустимые износы деталей и сопряжений?
13. Назовите основные методы определения степени износа.
14. Раскройте сущность измерения износа методами снятия профилограмм и искусственных баз.
15. Как определяется степень износа по изменению выходных параметров.

#### **Раздел 4**

### **ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ**

На процесс изнашивания конструктивных элементов оказывают влияние множество самых различных факторов (механические воздействия, внешняя среда, свойства материалов трущихся поверхностей и др.).

При изучении факторов, в наибольшей степени интенсифицирующий процесс изнашивания, следует особое внимание уделить таким из них, как:

- давление на поверхность трения и скорость относительного скольжения, которые являются основными параметрами, связанными с конструкцией и кинематикой сопряжения;
- вид трения;
- качество используемых смазочных материалов;
- механические характеристики и структура материалов деталей;
- качество трущихся поверхностей деталей;
- условия эксплуатации.

Изучение воздействия этих фактов позволяет управлять этими процессами, снижать интенсивность изнашивания деталей, увеличивать ресурс изделий в целом.

В общем случае на интенсивность изнашивания деталей транспортных машин оказывают влияние большое число факторов их реальной эксплуатации: состояние дорог, условия хранения, природно-климатические условия, эксплуатационные режимы работы, качество используемых эксплуатационных материалов и др. Поэтому при изучении этих вопросов следует хорошо усвоить выбор эксплуатационных режимов работы АТС, в частности двигателей внутреннего сгорания, организацию контрольно-диагностических работ в АТП, выбору смазочных и других эксплуатационных материалов (1, с. 122 – 159).

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Как влияют на интенсивность изнашивания деталей давление на поверхность трения и скорость относительного перемещения?
2. Объясните зависимость интенсивности изнашивания от температуры поверхности трения.
3. Какое влияние на изнашивание оказывают вид трения?
4. При каких условиях возникает жидкостное трение?
5. Каким требованиям должны отвечать моторные масла?
6. Приведите наиболее важные эксплуатационные свойства моторных масел.
7. Какие продукты окисления моторных масел образуются при работе двигателя?
8. Назовите основные эксплуатационные свойства трансмиссионных масел.
9. Каким требованиям должны отвечать пластические смазочные материалы?
10. Какие механические характеристики материалов деталей в наибольшей степени оказывают влияние на процессы их изнашивания?
11. Что характеризует макрогеометрия поверхности конструктивных элементов?
12. Что понимается под шероховатостью поверхности детали и какими параметрами она оценивается?
13. Какими параметрами оценивается волнистость поверхности?
14. Охарактеризуйте влияние условий эксплуатации машин на процессы изнашивания?
15. Как влияют скоростные и нагрузочные режимы эксплуатации двигателя на интенсивность изнашивания его деталей?

## Раздел 5

### СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ МАШИН

Без объективной информации о надежности машин невозможно определить ее фактические показатели, выявить недостатки проектирования и производства, установить влияние на надежность условий эксплуатации. Источниками информации о надежности автомобилей являются расчеты при их проектировании, различные виды стендовых и дорожных испытаний, статистические данные автотранспортных предприятий об отказах конструктивных элементов, характере и причинах их возникновения, наработках до предельного состояния и других показателях эксплуатационной надежности.

Поэтому при изучении данного раздела необходимо познакомиться с *методом структурных схем* при прогнозном расчете параметров надежности, видами испытаний автотранспортных средств на надежность, в том числе и в реальных условиях их эксплуатации. Необходимо усвоить методику проведения и основные задачи эксплуатационных испытаний, их преимущества и недостатки по сравнению с другими видами испытаний (полигонных, стендовых, ускоренных).

Кроме того следует овладеть методикой определения необходимого объема выборки исследований с использованием доверительных интервалов. [1, с.160-188].

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Перечислите основные методы получения информации о надежности машин.
2. Раскройте сущность метода структурных схем при расчете надежности изделий.
3. Какие задачи решаются при испытаниях машин?
4. Перечислите основные виды испытаний машин на надежность.
5. Перечислите виды дорожных испытаний для оценки надежности автотранспортных средств.
6. Назовите основные задачи эксплуатационных испытаний.
7. Какие характеристики надежности автомобилей получают при эксплуатационных испытаниях?
8. С какой целью используются полигонные испытания?
9. Какую информацию о надежности получают при стендовых испытаниях?
10. Назовите основные методы и способы ускорения испытаний
11. Что понимается под доверительным интервалом и доверительной вероятностью?
12. Как определяется объем представительной выборки обследования при определении характеристик надежности?

## Раздел 6

### ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ МАШИН

Решение проблемы повышения надежности автотранспортных средств требует, прежде всего, наличия достоверной, систематической информации по их отказам и неисправностям, фактическим ресурсам, расходам запасных частей, трудоемкостям обслуживания и ремонта, а также факторам, влияющим на эти показатели в реальных условиях эксплуатации. Обработка и анализ такой информации позволяют оценить уровень фактической надежности той или иной модели автомобиля, агрегата, узла, детали, выявить слабые места в конструкции, разработать конкретные мероприятия по повышению эксплуатационной надежности и оптимизации системы поддержания автотранспортных средств в работоспособном состоянии.

Результаты испытаний дают возможность найти математическое описание полученных закономерностей, т.е. получить обобщенные зависимости, по которым определяются показатели надежности. Такие закономерности носят название законов распределения случайных величин. При изучении данного раздела необходимо ознакомиться с законами распределения случайных величин (ресурсов, наработок на отказ, трудоемкостей возникших отказов и др.), числовыми характеристиками случайной величины, построением гистограмм, проверкой гипотез о принадлежности результатов исследований выбранному закону распределения (1, с.187 – 222).

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Назовите основные числовые характеристики распределения случайной величины наработки.
2. Что понимается под законом распределения случайной величины?
3. Объясните физический смысл обобщенных зависимостей  $P(t)$  и  $F(t)$ .
4. Раскройте физический смысл дифференциальной функции распределения случайной величины  $f(t)$ ?
5. Какие основные законы распределения используются для обработки информации о надежности автотранспортных средств?
6. Назовите параметры нормального и экспоненциального законов распределения.
7. Какие отказы описываются нормальным законом распределения?
8. Что понимается под центрированием и нормированием нормального распределения?
9. Для описания каких отказов используется распределение Вейбулла?
10. Как проверяются гипотезы о принадлежности опытных данных выбранному закону распределения?
11. Приведите порядок обработки информации о надежности.

12. Как определяются параметры статистического ряда распределения: размах выборки  $R$ , число интервалов  $k$  и величину интервала  $h$ ?
13. Как проверяется гипотеза о принадлежности опытных данных выбранному распределению с помощью критерия согласия  $\chi^2$ ?
14. Как изменяются по наработке плотность распределения  $f(t)$  и интенсивность отказов  $\lambda(t)$  для распределения Вейбулла?
15. Постройте графики интегральной функции распределения отказов  $F(t)$  и вероятности безотказной работ  $P(t)$  для экспоненциального и нормального законов распределения.
16. Как определяются показатели надежности при незавершенных испытаниях?

## Раздел 7

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАШИН ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ

Одной из главных задач инженерно-технической деятельности при разработке и проектировании продукции машиностроения является создание конкурентоспособных машин. При этом среди многих факторов, определяющих качество и, соответственно, конкурентоспособность машин, особое место следует отвести их надежности.

При изучении данного раздела дисциплины необходимо, прежде всего проанализировать современные методы повышения надежности автотранспортных средств при их проектировании и производстве. Повышение надежности машин при конструировании направлено, главным образом, на увеличение их сопротивляемости внешним воздействиям и включает ряд мероприятий, выполнение которых способствует решению поставленной задачи.

Особое внимание следует уделить таким методам, как оптимизация структурной схемы машины и состава её основных частей; рациональный выбор материалов деталей пар трения; оптимизация геометрической формы деталей узлов трения; повышение уровня ремонтпригодности; резервирование элементов и систем автомобиля.

Среди причин отказов, возникающих в процессе эксплуатации, достаточно высокий процент занимают отказы, связанные с технологией изготовления изделий. Поэтому технологические методы обеспечения надежности имеют такое же важное значение, как и конструктивные. При изучении вопросов повышения надежности АТС при их производстве необходимо ознакомиться с такими мероприятиями, как *контроль качества* продукции; *применение автоматизированных станков* с программным управлением; обеспечение стабильности и точности изготовления деталей, сборки отдельных узлов, агрегатов и машины в целом; технологические методы упрочнения деталей.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какие стадии включает процесс проектирования машины?
2. Перечислите основные конструктивные методы обеспечения надежности машин.
3. Приведите основные принципы компоновочного решения машины.
4. Какие требования предъявляются к материалам деталей, используемым в парах трения?
5. Перечислите основные антифрикционные материалы, применяемые в автостроении?
6. Какие требования обеспечения ремонтпригодности предъявляются к современным автомобилям?
7. С какой целью используют резервирование элементов и систем автомобиля?
8. Перечислите наиболее важные технологические мероприятия повышения надежности автотранспортных средств.
9. Какие требования предъявляются к технологическим процессам изготовления деталей?
10. Какие методы упрочнения рабочих поверхностей деталей применяются в современном автомобилестроении?
11. Назовите преимущества механической обработки деталей пластическим деформированием.
12. В чем заключается различие между объемной и поверхностной закалкой деталей?
13. Объясните различие между термической и химико-термической обработкой деталей?
14. Какие методы упрочнения деталей химико-термической обработкой применяются в автомобилестроении?
15. В чем сущность упрочнения деталей нанесением специальных покрытий?
16. Какие способы нанесения покрытий используются для упрочнения рабочих поверхностей деталей?

## **Раздел 8**

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАШИН В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Эксплуатация автомобилей, например, является более длительным, трудоемким и дорогим процессом, чем их производство. Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт за весь период эксплуатации по разным оценкам в 5 - 10 раз превышают стоимость автомобиля. Поэтому поддержание и восстановление надежности автомобилей в эксплуатации является важнейшей составной частью общей системы обеспечения надежности, предыдущими этапами которой являются проектирование и производство, где закладываются и обеспечиваются исходные показатели надежности.

При изучении данного раздела дисциплины необходимо, прежде всего проанализировать современные методы обеспечения надежности автотранспортных средств в эксплуатации. Особое внимание следует уделить изучению таких вопросов, как сущность планово-предупредительной систем ТО и ремонта автомобилей; выбор стратегий технического обслуживания и ремонта; методы обоснования периодичностей ТО на автотранспортных предприятиях; организация планового, текущего, среднего и капитального ремонта автомобилей (1, с.255 – 275).

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какие факторы оказывают влияние на показатели надежности автомобилей в эксплуатации?
2. Перечислите управляемые факторы обеспечения надежности АТС в эксплуатации.
3. Назовите основные методы обеспечения надежности автомобилей в эксплуатации.
4. Какие эксплуатационные материалы оказывают наиболее существенное влияние на надежность машин?
5. Для решения каких задач создана и функционирует планово-предупредительная система ТО и ремонта автомобилей?
6. Что понимается под стратегией ТО и ремонта автомобилей?
7. Объясните сущность стратегии ТО автомобилей по техническому состоянию.
8. Перечислите основные способы определения периодичностей технического обслуживания автомобилей.
9. В чем заключается сущность определения ТО технико-экономическим методом.
10. Назовите основные виды ремонтов, используемых для восстановления работоспособности автомобилей.

## **Раздел 9**

### **ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Широкий диапазон условий и режимов эксплуатации, а также вариация начальных показателей качества машины приводят к значительной вариации ее наработок до возникновения отказов и неисправностей. Поэтому проведение профилактических воздействий при постановке автомобилей в ТО в установленном нормативно-технической документацией объеме приводит, с одной стороны к неполной реализации индивидуальных свойств автомобиля, повышению затрат на профилактические работы, с другой, далеко не в полной мере способствует улучшению его технического состояния.

В связи с этим при проведении ТО ремонта машин весьма важно иметь индивидуальную информацию об их техническом состоянии, скрытых и назревающих отказах, остаточном ресурсе, причинах нарушения работоспособности и т.п. Средством получения такой информации является техническая диагностика.

При изучении данного раздела необходимо ознакомиться с основными понятиями и определениями *технической диагностики* автомобилей, методами и средствами диагностирования, диагностическими параметрами и обоснованием их выбора. Особое внимание следует уделить нормированию диагностических параметров (предельных и допустимых), прогнозированию остаточного ресурса, управлению техническим состоянием автомобилей на базе диагностической информации (1, с. 275 – 314).

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что понимается под «технической диагностикой» и «диагностированием» автомобилей?
2. В чем отличие *диагностирования* от традиционного *технического контроля*?
3. Приведите классификацию методов диагностирования автомобилей.
4. Какие средства диагностирования используются при проведении ТО и ремонта АТС?
5. Что понимается под диагностическим параметром?
6. Назовите основные требования к выбору диагностических параметров.
7. Сущность структурно-следственных связей при обосновании диагностических параметров.
8. Какие методы используются при нормировании диагностических параметров?
9. Что понимается под прогнозированием остаточного ресурса машин?
10. Прогнозирование остаточного ресурса статистическими методами.
11. Перечислите методы определения оптимальной периодичности диагностирования автомобилей.
12. Что понимается под управлением техническим состоянием автомобилем?

#### **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

##### **а) основная литература**

1. Баженов Ю.В. Основы теории надёжности машин: учеб. пособие /Ю.В. Баженов. – М.: ФОРУМ, 2014. – 320 с. (библ. ВлГУ).
2. Болдин А.П. Основы научных исследований: учебник/ А.П.Болдин, В.А.Максимов. – М.: ИЦ «Академия», 2012. – 336 с. (библ. ВлГУ).
3. Колесник П.А. Материаловедение на автомобильном транспорте: учебник /П.А.Колесник, В.С.Кланица. – М.: ИЦ «Академия», 2012. – 320 с. (библ. ВлГУ).

##### **б) дополнительная литература**

1. Юркевич В.В. Надёжность и диагностика технологических систем: учебник/ В.В.Юркевич, А.С.Схиртладзе. – М.: ИЦ «Академия», 2011. – 256 с. (библ.ВлГУ).

2. ГОСТ 27002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 38с. (библ. ВлГУ).
3. Сапронов Ю.Г. Экспертиза и диагностика объектов и систем сервиса: /Ю.Г.Сапронов. – М.: ИЦ «Академия», 2008. – 224 с. (библ. ВлГУ).
4. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник /В.А.Зорин. – М.: ИЦ «Академия», 2009. – 208 с. (библ. ВлГУ).
5. Денисов А.С. Практикум по технической эксплуатации автомобилей: учеб. пособие/А.С.Денисов, А.С.Гребенников. – М.: ИЦ «Академия», 2012. – 272 с. (библ. ВлГУ).