

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**

**«Закономерности изменения технического состояния
транспортных средств в эксплуатации»**

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

Владимир, 2016

Раздел 1

ПРОЦЕССЫ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАШИН

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 нагрузений 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?
17. Какие способы защиты деталей от коррозионного разрушения используются в современном машиностроении?

Раздел 2

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

Раздел 3

ВИДЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ И УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

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.

Для оценки технического состояния узлов, агрегатов и отдельных конструктивных элементов автомобилей следует изучить *дифференциальные и интегральные* методы измерения износа деталей и сопряжений, а также определение износа по изменению выходных параметров функционирования изделия.

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. 65– 90, 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. Какие физические процессы приводят к усталостному разрушению?
14. Какими характеристиками оценивается долговечность деталей, работающих в условиях переменных нагрузок?
15. Приведите основные факторы, оказывающие влияние на выносливость металла.
16. Что понимается под коррозионным разрушением?
17. Объясните сущность химических и электрохимических процессов коррозии.
18. Какие виды коррозионного разрушения возникают в деталях машин?
19. Назовите способы защиты деталей от коррозионного разрушения.

Раздел 4

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ. СБОР И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ

Испытания на надежность являются обязательным и неотъемлемым элементом разработки и изготовления машин. Высокого качества невозможно достичь без проведения всесторонних испытаний агрегатов, узлов, отдельных деталей, а также создаваемой машины в целом. Испытания являются источником достоверных сведений о качестве автотранспортной техники на всех этапах ее жизненного цикла, начиная с разработки проекта и заканчивая утилизацией. Без объективной информации о надежности машин невозможно определить ее фактические показатели, выявить недостатки проектирования и производства, установить влияние на надежность условий эксплуатации.

Наиболее объективную и исчерпывающую информацию о надежности автомобилей и его отдельных элементов дают эксплуатационные испытания, которые проводят в типичных условиях эксплуатации с выполнением присущей им транспортной работы. Поэтому при изучении данного раздела необходимо усвоить методику проведения и основные задачи эксплуатационных испытаний, их преимущества и недостатки по сравнению с другими видами испытаний (полигонными, стендовыми, ускоренными).

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. Какие задачи решаются при испытаниях машин?
3. Перечислите основные виды испытаний машин на надежность.
4. Перечислите виды дорожных испытаний для оценки надежности автотранспортных средств.
5. Назовите основные задачи эксплуатационных испытаний.
6. Какие характеристики надежности автомобилей получают при эксплуатационных испытаниях?
7. Приведите структурную схему экспериментальных исследований по оценке эксплуатационной надежности машин
8. С какой целью используются полигонные испытания?
9. Какую информацию о надежности получают при стендовых испытаниях?
10. Приведите порядок обработки информации о надежности транспортных средств.
11. Что понимается под доверительным интервалом и доверительной вероятностью?

12. Как определяется объем представительной выборки обследования при определении характеристик надежности?

Раздел 5

ЧИСЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЗАКОНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНОЙ ВЕЛИЧИНЫ НАРАБОТОК ДО ОТКА

Для оценки случайной однородной величины используются два вида характеристик: полные и числовые. Полные характеристики – это так называемые *законы распределения*. Закон распределения представляет собой некоторую функцию, которая полностью описывает случайную величину. Однако в целом ряде инженерных задач нет необходимости характеризовать случайную величину полностью (исчерпывающим образом). Зачастую вполне достаточно определить отдельные параметры, характеризующие наиболее существенные черты распределения случайной величины. Такие характеристики, назначение которых – выразить в сжатой форме наиболее существенные особенности распределения, называются *числовыми характеристиками случайной величины*.

При изучении данного раздела необходимо усвоить, какими числовыми характеристиками оценивается надежность по результатам эксплуатационных испытаний и какие законы распределения описывают отказы автомобилей. Основными числовыми характеристиками случайной величины являются: среднее арифметическое (выборочное среднее), среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации.

При обработке информации о надежности автомобилей наиболее широкое распространение получили следующие законы распределения: *экспоненциальный, нормальный, логарифмически нормальный, Вейбулла*. Следует знать, какие отказы описывают эти законы, построение интегральных и дифференциальных функций распределения наработок до отказа (1, с.189 – 200).

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. Какие отказы описываются экспоненциальным законом распределения?
11. Как проверяются гипотезы о принадлежности опытных данных выбранному закону распределения?

Раздел 6

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ

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.

При изучении данного раздела необходимо ознакомиться с порядком обработки экспериментальных данных, построением вариационного ряда, определением параметров статистического ряда распределения, числовых характеристик выборки обследования, построением гистограмм и принятием гипотез о законе распределения наработок на отказ.(1, с.201 – 219).

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите порядок обработки информации о надежности.
2. Как определяются параметры статистического ряда распределения: размах выборки R , число интервалов k и величину интервала h ?
3. Как определяются опытные частоты попадания наработок до отказа?
4. Каким образом проверяются результаты испытаний на аномальность?
5. Что понимается под гистограммой распределения наработок на отказ?
6. По каким данным в первом приближении принимается закон распределения?
7. Какие критерии используются при проверке гипотезы о принадлежности опытных данных выбранному распределению?
8. Постройте графики интегральной функции распределения отказов $F(t)$ и вероятности безотказной работ $P(t)$ для экспоненциального и нормального законов распределения.
9. Приведите порядок обработки опытных данных, распределенных по экспоненциальному закону?
10. Что понимается под уровнем значимости числе степеней свободы при проверке правильности выбора закона распределения?

11. Как определяются опытные и теоретические частоты для экспоненциального, нормального распределения?

Раздел 7

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ МАШИН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НЕЗАВЕРШЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ. ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗ О ВЫБРАННОМ ЗАКОНЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

При испытаниях на надёжность нередко возникают ситуации, когда к моменту анализа информации не все изделия доведены до предельного состояния. Часть изделий в партии обследования остаётся работоспособной и естественно, содержит в себе определённую информацию о реальных показателях надёжности. В этом случае мы имеем дело с незавершёнными испытаниями, причинами которых могут быть: неодновременность начала испытаний, большая длительность их проведения, снятие части изделий с испытаний из-за возникновения отказов других элементов, чем изучаемые, аварии и другие причины.

При незавершённых испытаниях обработка информации о надёжности осуществляется на основе прогнозирования отказов с учётом наработок оставшихся работоспособных элементов к моменту приостановки испытаний. Для автомобильной техники методика такой обработки изложена в РТМ 37.001.006.

При изучении данного раздела дисциплины необходимо, прежде всего знать особенности построения статистического ряда распределения, уметь прогнозировать количество отказов к концу каждого интервала наработки, определять коэффициент приращения числа отказов в этих интервалах.

Между подобранной теоретической кривой и статистическим распределением всегда имеются некоторые расхождения. Поэтому необходимо знать, как осуществляется проверка гипотезы о том, что исследуемая случайная величина подчиняется выбранному закону распределения, заданному интегральной функцией распределения $F(t)$ или плотностью распределения $f(t)$. Для проверки гипотезы о принадлежности опытных данных выбранному закону распределения существуют соответствующие «критерии согласия» (1, с.206 – 222).

Вопросы для самоконтроля

1. По каким причинам не все автомобили доводят до предельного состояния?
2. Какие особенности построения вариационного ряда при незавершённых испытаниях?
3. Как определяется вероятность отказа к концу интервала наработки с учетом не отказавших объектов?

4. Как определяется коэффициент приращения числа отказов в интервалах наработки.
5. Назовите основные особенности определения показателей надежности при незавершенных испытаниях.
6. Какие критерии согласия используются при проверке результатов исследований выбранному закону распределения?
7. Как проверяются гипотезы о принадлежности опытных данных выбранному закону распределения по критерию согласия χ^2 Пирсона?
8. Как определяется опытное и теоретическое число попаданий случайной величины наработки в i -й интервал?
9. При каких условиях гипотеза о принадлежности опытных данных выбранному закону не отвергается?
10. Объясните сущность проверки результатов исследований выбранному закону распределения с помощью критерия Колмогорова.

Раздел 8

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ПО ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ АТС

Широкий диапазон условий и режимов эксплуатации 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.

Одной из основных задач диагностирования является *прогнозирование остаточного ресурса объекта*, под которым понимается определение продолжительности его исправной работы до возникновения предельного состояния.

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 и прогнозированию остаточного ресурса до предельного состояния (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. Объясните сущность прогнозирования остаточного ресурса статистическими методами.
11. Перечислите методы определения оптимальной периодичности диагностирования автомобилей.

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. Надёжность 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).