

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра машиностроения и транспорта**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ**

**Б1.В.09**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Автомобили и автомобильное хозяйство**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	5
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	6
4.3 Лабораторные работы.....	31
4.4 Семинары / практические занятия.....	31
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	31
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>32</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>33</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>33</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>33</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>33</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ..	33
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>36</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>36</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>37</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>42</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>43</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому и экспериментально-исследовательскому видам профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

Дать представление о старении и восстановлении автомобиля и его элементов, а также основных законах теории надежности и причинах изменения качества автомобиля для оценки технического состояния и работоспособности.

## Задачи дисциплины

- дать представление о надежности, как основном показателе качества автомобиля;
- выявить причины изменения технического состояния и надежности автомобиля;
- дать представление о системе технической диагностики и ознакомить с методами и средствами диагностирования;
- ознакомить с методами сбора и обработки информации по надежности автомобиля.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-9	Способность к участию в составе коллектива исполнителей в проведении исследования и моделирования транспортных и транспортно-технологических процессов и их элементов	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– принципы работы, технические характеристики и основные конструктивные решения узлов и агрегатов транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования отрасли;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- уметь выполнять графические построения деталей и узлов, использовать конструкторскую и технологическую документацию в объёме достаточном для решения эксплуатационных задач;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками организации технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов.</li> </ul>
ПК-15	Владение знаниями технических условий и правил рациональной эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, причин и последствий прекращения их работоспособности	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– принципиальные компоновочные схемы, теорию движения, рабочие процессы агрегатов и систем, основные показатели эксплуатационных свойств транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования отрасли;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- организовывать испытания машин на надежность;</li> <li>- использовать графические методы обработки исходной опытной информации для определения показателей надежности;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками планирования и проведения испытаний машин на надежность;</li> <li>- навыками определения показателей надежности графическими методами.</li> </ul>

1	2	3
ПК-20	Способность к выполнению в составе коллектива исполнителей лабораторных, стендовых, полигонных, приемосдаточных и иных видов испытаний систем и средств, находящихся в эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования	<b>знать:</b> - методику испытаний на надёжность транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования; <b>уметь:</b> - выполнять испытания на надёжность транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования; <b>владеть:</b> - навыками планирования и проведения испытаний транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования на надёжность

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.09 «Основы теории надежности» относится к вариативной части.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин: «Физика отказов двигателей», «Теория механизмов и машин».

Дисциплина представляет основу для изучения дисциплин: «Технологические процессы технического обслуживания и ремонта ТИТМО», «Типаж и эксплуатация технологического оборудования».

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Очная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Заочная</b>	4	-	144	16	6	10	-	119	-	экзамен
<b>Заочная (ускоренное обучение)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Очно-заочная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудо- емкость (час.)	в т.ч. в ин- терактивной, активной, иннова- ционной формах, (час.)	Распределение по курсам
			4
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	16	3	16
Лекции (Лк)	6	3	6
Лабораторные работы (ЛР)	10	-	10
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	119	-	19
Подготовка к лабораторным работам	80	-	80
Подготовка к экзамену в течение семестра	39	-	39
<b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>	9	-	9
Общая трудоемкость дисциплины	час.	144	144
	зач. ед.	4	4

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий - для заочной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и темы дисциплины	Трудо- ем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучаю- щихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоя- тельная работа обучающи хся
			лекции	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6
1	<b>Основные понятия, определения, свойства и показатели надежности</b>	36	1	3	32
1.1	Качество и технико - эксплуатационные свойства автомобиля. Надёжность как показатель качества автомобиля. Комплексные показатели надёжности. Безотказность и её оценочные параметры	36	1	3	32
2	<b>Факторы, влияющие на надёжность</b>	39	2	3	34
2.1	Влияние на надёжность конструктивных параметров автомобиля и технологии его изготовления. Качество эксплуатационных материалов. Условия эксплуатации автомобиля	39	2	3	34

1	2	3	4	5	6
3	<b>Научный аппарат надёжности</b>	42	2	2	38
3.1	Классификация параметров технического состояния. Отказы и их классификация. Виды закономерностей. Закономерности изменения технического состояния	42	2	2	38
4	<b>Автомобильное производство: метод контроля и обеспечения надёжности изделия при эксплуатации</b>	18	1	2	15
4.1	Техническая диагностика. Диагностические параметры. Классификация диагностических параметров. Свойства диагностических параметров	18	1	2	15
	<b>ИТОГО</b>	<b>135</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>119</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

### Раздел 1. Основные понятия, определения, свойства и показатели надежности.

Тема 1.1. Качество и технико - эксплуатационные свойства автомобиля. Надёжность как показатель качества автомобиля. Комплексные показатели надёжности. Безотказность и её оценочные параметры.

Качество - это совокупность объективно присущих автомобилю свойств и характеристик, уровень или вариант которых формируется при создании автомобиля с целью удовлетворения существующих потребностей

Эксплуатационные свойства автомобиля включают следующие более мелкие групповые свойства, обеспечивающие движение: *тягово-скоростные и тормозные свойства, топливную экономичность, управляемость, устойчивость, маневренность, плавность хода и проходимость.*

### ***Надёжность как показатель качества автомобиля.***

Количественное измерение процесса изменения показателей качества изделия во времени осуществляется с помощью надежности.

Надежность - свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значение всех эксплуатационных показателей, характеризующих способность выполнять заданные функции в заданных режимах и условиях применения в течение установленного срока. Надежность объекта оценивают с помощью совокупности свойств - долговечности, безотказности, ремонтпригодности и сохраняемости.

### ***Безотказность и её оценочные параметры***

*Безотказность* - свойство объекта сохранять работоспособность в течение некоторой наработки или определенного промежутка времени без вынужденных перерывов. Это свойство особенно важно для элементов повышенной опасности отказа: элементов системы управления, турбины самолета, тормозных устройств, рулевого управления и др. механизмов, отказ которых может привести к аварии или к длительному простоя дорогостоящего оборудования.

*Показатели безотказности.* Безотказность ремонтируемого объекта характеризуется следующими показателями: наработкой на отказ, средней наработкой до отказа, вероятностью безотказной работы и параметром потока отказов.

*Наработка на отказ* - среднее значение наработки изделия между отказами или отношение наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию (среднему значению) числа его отказов в течение этой наработки.

*Средняя наработка до отказа* - математическое ожиданию (среднее значение) наработки объекта до первого отказа.

*Вероятность безотказной работы* – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает:

$$R(l) = \frac{N - N_0}{N},$$

где  $N$  – число объектов в партии,  $N_0$  – число отказавших объектов за период наработки. Очень важен этот параметр для объектов, обеспечивающих безопасность движения. Для них применяют гамма-процентную вероятность безотказной работы:

$$R(l_\gamma) = \frac{\gamma}{100} \geq 0,9,$$

*Параметр потока отказов  $\omega(t)$*  характеризует среднее число отказов ремонтируемого объекта в единицу времени, взятое для рассматриваемой наработки (периода) его работы:

$$\omega(t) = \frac{\sum_{i=1}^N m_i(l + \Delta l) - \sum_{i=1}^N m_i(t)}{N\Delta t},$$

где  $m_i(t)$  – число отказов  $i$ -того объекта за наработку  $l$ ;  $N$  – число испытываемых объектов;  $\Delta l$  - достаточно малый интервал наработки.

Безотказность неремонтируемого объекта характеризуется следующими показателями: вероятностью безотказной работы, средней наработкой до отказа и интенсивностью отказов.

*Средняя наработка до отказа* для неремонтируемых объектов по смыслу аналогична средней наработке до отказа для ремонтируемых объектов и характеризует действительное время работы неремонтируемых объектов до отказа.

*Интенсивность отказов* - условная плотность вероятности возникновения отказа невосстанавливаемого объекта, определяемая для рассматриваемого момента наработки (времени), при условии, что до этого момента отказ не возник. Иначе говоря, это доля изделий, отказывающих в ед. наработки, начиная с момента наработки  $l$ , отнесенная к числу изделий, работоспособных в момент  $t$ .

Интенсивность отказов оценивают по следующей формуле:

$$\lambda(l) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{\Delta t N(t)},$$

где  $N(t)$  – число работоспособных объектов в момент  $l$  наработки.

### *Долговечность и её оценочные параметры*

*Долговечность* - свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния с необходимыми перерывами для ТО и ТР.

*Предельное состояние* объекта - состояние, при котором дальнейшая его эксплуатация должна быть прекращена из-за:

- неустранимого нарушения требований БД;
- неустранимого снижения его эксплуатационных показателей ниже допустимого;
- недопустимо больших затрат на ремонт;
- морального износа, когда вместо существующей техники (автомобиля) выпускается новая более производительная и экономичная.

Объект, достигший своего предельного состояния списывают или направляют в капитальный ремонт.

Показатели долговечности. К числу основных показателей долговечности относятся технический ресурс (ресурс), назначенный ресурс, гамма-процентный ресурс, средний срок службы.

Ресурсом называют наработку объекта от начала эксплуатации или её возобновления после КР до наступления предельного состояния. Для объектов прошедших КР водится понятие «средний ресурс между КР».

*Назначенный ресурс* - суммарная наработка объекта, при достижении которой эксплуатация должна быть прекращена независимо от его технического состояния. В автомобилях этот показатель применяют для оценки надежности тормозных шлангов, в грузоподъемных механизмах - для грузозахватных устройств и т.д.

*Гамма-процентный ресурс* – наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью процентов. Т.е. гамма-процентный ресурс показывает, что у  $\gamma$  процентов машин данной модификации должны иметь наработку до предельного состояния не ниже у величины  $L_\gamma$ . Величина  $\gamma$  является регламентированной вероятностью:

$$R(L_\lambda) = \frac{\gamma}{100},$$

В ТУ, например, указывается: 80%-й ресурс двигателя составляет 200 т. км. Это значит, что 80% двигателей еще не требуют КР, а 20% - нуждаются.

Ресурс, вероятность которого составляет 50% ( $\gamma=50\%$ ) называется *медианным*.

*Срок службы* бывает такой же как и ресурс, только измеряется в часах, месяцах, годах. Но в отличие от ресурса оценивает полную продолжительность существования, независимо от того, работало изделие или нет.

Кроме этих показателей существуют гарантийная наработка и срок гарантии.

*Гарантийная наработка* — наработка изделия, до завершения которой изготовитель гарантирует безотказную работу, а в случае отказа обеспечивает (при соблюдении правил эксплуатации) ремонт или замену изделия.

*Срок гарантии* - общий срок нахождения изделия в эксплуатации с момента его реализации (приобретения).

Ремонтопригодность — свойство объекта, заключающегося в его приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и устранению их последствий путем проведения ТО и Р.

Под устранением отказов подразумевают восстановление работоспособности объекта путем ремонта (для ремонтируемых Элементов) или замены (для неремонтируемых элементов) отказавшего элемента. Долговечность и ремонтпригодность являются основными свойствами, определяющими уровень надежности автомобиля.

Показатели ремонтпригодности. Для оценки ремонтпригодности изделия используют следующие показатели: среднее время восстановления, вероятность восстановления в заданное время

*Сохраняемость* - свойство объекта непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение, и после хранения и (или) транспортировки. Это свойство более важно для машин сезонного использования и для объектов слабо защищенных от внешних воздействий не механического характера. Так АКБ, шины, другие РТИ, электрооборудование, детали с лакокрасочным покрытием при длительном хранении внешне могут почти не меняться, но из-за окисления (коррозии), кристаллизации и других изменений теряют свои эксплуатационные свойства, их работоспособность может быть заметно снижена.

*Надежность* сложной системой понимается совокупность элементов или подсистем, находящихся во взаимодействии и образующих определенную общность. Система (автомобиль) состоит из ряда подсистем (агрегатов), которые, в свою очередь, состоят из элементов (деталей). Система, тем более разнообразны требования к её функционированию и тем на большее число выходных параметров устанавливаются нормативы. Сложная система работает, как правило, в широком диапазоне условий эксплуатации и в различных режимах.



С позиции надежности сложная система обладает как отрицательными, так и положительными свойствами.

К *отрицательным факторам* относятся:

1. Большое число элементов, отказ каждого из которых может привести к отказу всей системы.

2. Сложно собрать достоверные статистические данные по надежности, так как одинаковые системы (модели автомобилей) работают в различных условиях эксплуатации и выполняют не всегда одинаковые функции.

3. Даже у систем и машин одинаковой конструкции имеются индивидуальные черты. Незначительные вариации свойств отдельных элементов сказываются на выходных параметрах системы. Чем сложнее система, тем большими индивидуальными особенностями она обладает.

Однако сложные системы обладают и рядом *положительных свойств*, влияющих на их надежность.

1. Сложным системам в определенной мере свойственны саморегулирование и самоприспособление.

2. Для сложных систем часто возможно восстановление работоспособности по частям, без прекращения её функционирования или с минимальными потерями времени. Например, неисправный агрегат автомобиля достаточно заменить на исправный и продолжить транспортный процесс, а снятый агрегат ремонтировать отдельно.

3. Рациональная схема взаимодействующих элементов может обеспечить системе надежность даже большую, чем надежность её отдельных элементов.

Надежность системы определяется надежностью составляющих элементов и структурой системы, т.е. способами соединения и взаимодействия элементов.

Показатели надежности систем определяются следующими методами.

1. По результатам эксплуатации систем (в процессе которой фиксируются отказы и неисправности) рассчитывают для системы некоторые показатели надежности и оценивают вклад в её формирование отдельных подсистем или элементов системы. Полученные таким образом данные могут использоваться для предъявления требований к производителям автомобилей и выбору последних.

2. На основании аналитических расчетов надежности системы по надежности её элементов. Такие расчеты строятся на структурной схеме системы, определяющей связи между элементами, и данных по законам распределения показателей надежности элементов.

Преимущества аналитических расчетов – возможность количественно оценить влияние элемента на надежность системы. Однако, аналитические расчеты возможны для ограниченного перечня законов распределения (экспоненциальный и в меньшей степени нормальный и логарифмически нормальный), и их сложность существенно возрастает при росте числа элементов в системе.

3. Методы имитационного моделирования применяются, если законы распределения показателей надежности элементов неизвестны или для них отсутствует аналитический аппарат, а также для систем с большим числом различных элементов. При этом в основе модели – также данные по надежности элементов и структурная схема системы.

Таким образом, два последних метода основываются на построении структурной схемы системы, основой которой являются связи или соединения между элементами.

Эти соединения могут быть последовательными, параллельными или смешанными, представляющие комбинации первых двух (рис.7.).

$$R_i(x) = \exp \left[ - \int_0^x \lambda(x) dx \right],$$

где  $f(x)$  и  $\lambda(x)$  – соответственно плотность вероятности отказа и интенсивность отказа  $i$ -го элемента.

Если отказы элементов подчиняются экспоненциальному закону распределения, то вероятность безотказной работы системы определяется следующим выражением:

$$R_c^{nc}(x) = \exp(-\lambda_1 x) \cdot \exp(-\lambda_2 x) \cdot \dots \cdot \exp(-\lambda_n x) = \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)x] = \exp\left[-x \sum_{i=1}^n \lambda_i\right].$$

Следовательно, для определения  $R_c^{nc}$  необходимо сложить интенсивности отказов всех последовательно соединенных элементов, умножить эту сумму на интересующую наработку и определить из таблиц экспоненциального распределения нормированной функции вероятности безотказной работы системы.

При параллельном соединении, где каждый из элементов выполняет одинаковые функции, отказ системы может произойти при отказе всех элементов за наработку  $x$ . Использование в конструкции системы параллельно соединенных элементов является резервированием, которое может быть нагруженным и ненагруженным.

При нагруженном (горячем) резервировании все элементы (основной и резервный) работают в течении всего времени в одинаковом режиме.

Вероятность отказа системы при этом

$$F_c^{cn}(x) = \prod_{i=1}^n F_i(x),$$

Вероятность безотказной работы

$$R_c^{cn}(x) = 1 - \prod_{i=1}^n F_i(x).$$

Очевидно, надежность системы с параллельным соединением элементов выше, чем надежность любого входящего в систему элемента.

Если в схему в качестве резервных включаются однотипные элементы, обладающие, как правило, равной вероятностью отказа, то

$$R_c^{cn}(x) = 1 - [F_i(x)]^n.$$

Из последней формулы следует, что при  $n \rightarrow \infty$  вероятность безотказной работы системы при нагруженном резервировании  $R_c^{cn} \rightarrow 1$ . Таким образом, за счет многократного резервирования можно создать сколь угодно надежную систему.

Если резервные элементы подключаются к работе по мере отказов основных, то резервирование называется ненагруженным или холодным. Наиболее простой случай – это система, состоящая из одного рабочего и одного резервного элементов. В этой схеме рабочий элемент отказывает при случайной наработке системы  $x_1$ , а наработка резервного элемента начинается с момента  $x_2 = x - x_1$ .

Нарботка на отказ системы для произвольных (известных) законов распределения наработки на отказы рабочего  $f_1(x_1)$  и резервного элементов определяется из функции

$$f_c^{nc}(x) = \int_x^{\infty} f_1(x_1) \cdot f_2(x_2) dx,$$

а вероятность безотказной работы системы

$$R_c^{np}(x) = \int_x^{\infty} f_c^{np}(x) dx.$$

Для экспоненциального закона распределения

$$R_c^{np}(x) = e^{-\lambda_1 x} + R_n \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 x} - e^{-\lambda_2 x}),$$

где  $R_n$  – вероятность безотказности работы устройства, переключающего систему с основного элемента на резервный.

В автомобильных конструкциях иногда дублируют приборы системы зажигания. К условному резервированию относятся также отдельные приводы тормозной системы. Отказ

одного контура тормозов частично компенсируется вторым. Полного отказа не происходит, но эффективность торможения ухудшается.

Имея данные по надежности системы, можно определить по соответствующим формулам гамма-процентные, средние ресурсы, вероятности отказов при различных наработках системы и другие показатели надежности.

*Интерактивная форма ведения занятия – 4 час. (компьютерная презентация)*

## Раздел 2. Факторы, влияющие на надёжность.

Тема 2.1. Влияние на надёжность конструктивных параметров автомобиля и технологии его изготовления. Качество эксплуатационных материалов. Условия эксплуатации автомобиля.

Основными видами эксплуатационных материалов, применяемых на АТ, являются: топлива, моторные и трансмиссионные масла, пластические смазки, технические и специальные жидкости.

Качество эксплуатационных материалов должно соответствовать требованиям ГОСТов и др. НТД, конструктивным особенностям механизмов, в которых они применяются, климатическим и сезонным условиям, режимам эксплуатации. Применение несоответствующих эксплуатационных материалов вызывает резкое ухудшение показателей надежности.

### Моторные топлива

#### Бензины

Основными показателями качества бензина влияющими на работу двигателя являются: фракционный состав, детонационная стойкость, хим. и физ. стабильность, а также отсутствие воды и механических примесей. Последнее требование является общим для всех видов топлив.

*Фракционный состав* – один из показателей испаряемости бензина, характеризующий наличие в нем компонентов, выкипающих в определенных интервалах температур. Так, понижение температуры выкипания 10% бензина приводит к образованию паровоздушных пробок в системе питания летом, а это перебои в работе двигателя и его остановка. Повышение температуры выкипания 10% бензина вызывает трудности пуска двигателя из-за плохой испаряемости и повышенные «пусковые износы».

Температура выкипания 50% бензина оказывает влияние на продолжительность прогрева двигателя после пуска, устойчивость работы при мин. оборотах двигателя.

Температура выкипания 90% бензина и температура конца перегонки обуславливает полное его испарение. Высокая температура приводит к повышенному износу деталей ЦПГ из-за смываемости масляной пленки и разжижения моторного масла.

*Детонационная стойкость* определяется его октановым числом (ОЧ), которое должно соответствовать определенному типу двигателя. Если ОЧ ниже рекомендуемого, то происходит детонационное сгорание, что вызывает рост динамических нагрузок на детали КШМ, резкое увеличение температуры и ухудшение условий смазки.

В случае применения бензина с более низким ОЧ, чем рекомендуемое снизить детонацию можно путем изменения состава топливовоздушной смеси, угла опережения зажигания, частоты вращения коленчатого вала.

*Коррозионная активность* бензина зависит от наличия в нем сернистых соединений, органических кислот и водорастворимых кислот и щелочей. Наличие этих веществ в бензине увеличивает скорость коррозионно-механического изнашивания деталей двигателя.

*Склонность к образованию отложений* определяется присутствием в бензине смолистых отложений. В результате отложений в системе питания изменяется качество топливной смеси. Повышенное содержание смол увеличивает интенсивность нагарообразования на деталях ЦПГ, клапанах. Если содержание смол превышает норму в 2-3 раза моторесурс двигателя снижается на 20-25%.

*Механические примеси* в топливе засоряют дозирующие устройства карбюраторов, нарушают смесеобразование и являются существенной причиной повышенного износа деталей двигателя.

## Дизельные топлива

Основными параметрами являются: вязкость, цетановое число, испаряемость, наличие примесей и коррозионно-активных веществ.

*Вязкость топлива* существенно меняется от температуры наружного воздуха, поэтому рекомендуется использовать топлива соответствующей вязкости.

Малая вязкость увеличивает конус угла распыла топлива и ухудшает процесс смесеобразования. Повышенная вязкость уменьшает угол распыла, ухудшает качество топливовоздушной смеси, а увеличенная дальнобойность струи ускоряет нагарообразование на стенках цилиндра и днище поршня.

*Механические примеси* в дизельном топливе вызывают ряд неисправностей, таких как засорение топливных фильтров, интенсивный износ прецизионных деталей топливной аппаратуры.

*Цетановое число (ЦЧ)* – показатель воспламеняемости топлива. ЦЧ влияет на легкость пуска и жесткость работы двигателя. При малом ЦЧ ухудшается воспламеняемость топлива, возрастает жесткость работы двигателя автомобиля это высокие нагрузки, стуки и интенсивное изнашивание. При увеличении ЦЧ улучшается пуск холодного двигателя.

*Смолистые соединения и коррозионно-активные свойства* увеличивают интенсивность нагарообразования и скорость изнашивания деталей двигателя.

Избыточное содержание меркаптанов увеличивает интенсивность износа плунжерных пар в 2 и более раза. Увеличение содержания серы с 0,2 до 1,0% ускоряет процесс износа ЦПГ в 3,5 раза. Более интенсивен износ при низкой температуре охлаждающей жидкости. Наиболее подвержены коррозии быстроходные форсированные дизели.

## Газовые топлива автомобиля

В качестве моторного топлива на автомобильном транспорте применяются: сжиженный нефтяной газ (СНГ) и сжатый природный газ (СПГ).

### Сжиженный нефтяной газ

Основными показателями качества СНГ, влияющими на надежность автомобиля являются: процентное содержание в топливе компонентов, октановое число, наличие серы, воды и тяжелых углеводородов.

*Процентное содержание в топливе компонентов* определяет его приспособленность в эксплуатации при соответствующих температурах наружного воздуха. Для температуры ОС от 45 до -20°C в топливе должно быть больше пропана и пропилена (75%), а для температуры от -20 до -35°C больше бутана и бутилена (60%). В соответствии с этим СНГ выпускается двух видов: ПА- пропан автомобильный и ПБА — пропан-бутан автомобильный. ПА рекомендуется применять в зимнее время, а ПБА — в летнее. Для более низких температур может применяться этан-пропан автомобильный (ЭПА с более высоким содержанием этана, обладающего более низкой температурой воспламенения).

*Октановое число* также как и у бензина определяет детонационную стойкость СНГ. Несоответствие его типу двигателя вызывают те же негативные последствия.

*Сера* в СНГ находится в растворенном состоянии. При испарении и редуцировании газа часть серы выпадает в топливной аппаратуре, сужая проходные сечения газовых каналов и разрушая РТИ. Другая часть серы сгорает, увеличивая токсичность ОГ.

*Вода* в СНГ может содержаться как в свободном, так и в растворенном состоянии. При избыточном содержании воды и отрицательных температурах она выпадает в осадок в газовой магистрали, образуя ледяные пробки и перекрывает подачу газа в двигатель.

*Тяжелые углеводороды* (гексан и др.) при редуцировании скапливаются в качестве неиспаряющегося осадка. Осаждаясь на мембранах газового редуктора он нарушает его работу.

### Природный газ

Основными эксплуатационными показателями, влияющими на техническое состояние автомобиля являются: ОЧ, тяжелые углеводороды, сероводород, степень осушки.

Влияние *ОЧ* и *тяжелых углеводородов* на надежность описана ранее.

*Сероводород*, обладая высокой токсичностью при большой концентрации в топливе приводит к образованию на поверхностях трубопроводов баллонов, которые работают под большим давлением, вздутий и расслоений. Кроме того сероводород при сгорании образует сернистые соединения, разрушающие детали двигателя и газовой аппаратуры.

*Степень осушки* для СПГ является важным показателем. При наличии воды в газе при низкой температуре образуются ледяные пробки. Кроме того при взаимодействии с сернистыми и цианистыми соединениями образуются кислоты, вызывающие коррозию баллонов и трубопроводов. Поэтому «точка росы», характеризующая степень осушки д.б. не выше  $-40^{\circ}\text{C}$  при давлении 20 МПа в средней полосе страны.

## Смазочные материалы

### Моторные масла.

К моторным маслам предъявляются высокие требования в связи с разнообразными выполняемыми функциями. Это снижение трения и износа: уплотнение зазора в сопряжениях двигателя, отвод тепла от трущихся деталей, удаление из зон трения продуктов износа, защита деталей от коррозии и предотвращение образования отложений на деталях двигателя. Для выполнения этих функций моторные масла должны обладать целым рядом эксплуатационных свойств.

*Вязкость* масла выражается вязкостно-температурной характеристикой (ВТХ). Чем более пологой является кривая зависимости вязкости масла от температуры, тем более качественным считается масло. Пониженная вязкость масла при низких температурах обеспечивает лучшую прокачиваемость и подачу масла к трущимся поверхностям, уменьшает пусковые износы, обеспечивает легкое прокручивание коленчатого вала стартера. *Коррозионная устойчивость* определяется содержанием в масле растворимых в воде кислот и щелочей и нерастворимых органических кислот.

*Защитные свойства масла* обуславливаются созданием барьера - защитного слоя на пути агрессивных веществ к металлическим поверхностям. Обеспечивается это свойство наличием в масле антикоррозионных присадок (они образуют защитные пленки и нейтрализующее действие кислых веществ, находящихся в масле) и антиэмульгаторов, разрушающих водоземulsionные смеси (вода не смешиваясь стекает и скапливается в картере). *Противозадирные свойства* определяются способностью образовывать на поверхностях трения прочные пленки в результате адсорбции на поверхностях поверхностно-активных молекул. Для этого в масло вводят противоизносные присадки, содержащие поверхностно-активные вещества и противозадирные, обеспечивающие масляной пленкой трущиеся пары при высоких нагрузках (предотвращают «схватывание»).

*Химическая стабильность* – способность масла длительное время сохранять свои физико-химические свойства при воздействии окисляющих факторов. Обеспечивается это свойство наличием противокислительных и моющих присадок, предотвращающих образование нагара и лаковых отложений на поверхностях камеры сгорания и днище поршня и осадков (шлама) в картере двигателя, в масляных фильтрах и маслопроводах.

*Наличие воды* в масле приводит к образованию пены, водомасляной эмульсии пониженной вязкости, не обеспечивающих образование граничной масляной пленки и к образованию водоразрываемых кислот.

*Механические примеси* вызывают разрыв масляной пленки и нарушают жидкостный режим трения. Кроме того, твердые частицы оказывают микрорежущее действие на поверхностях деталей.

### Трансмиссионные масла

Механизмы силовой передачи работают при высоких нагрузках. Поэтому к маслу предъявляются особые условия, в т.ч. для работы в ГМП. Трансмиссионные масла должны обладать:

- пологой ВТХ и сравнительно малой вязкостью в области отрицательных температур С;
- высокими противозадирными, противоизносными и противопиттинговыми свойствами;
- хорошей термической, термоокислительной и физической стабильностью;

- стойкость к образованию эмульсий с водой и к вспениванию;
- минимальная агрессивность к резинотехническим и другим уплотнительным материалам.

#### Пластические смазки

На автомобильном транспорте применяют при эксплуатации автомобилей антифрикционные смазки, предназначенные для снижения износа и трения сопряженных деталей. Основными эксплуатационными характеристиками являются: предел прочности на сдвиг, коллоидная стабильность, температура каплепадения, водостойкость.

*Предел прочности на сдвиг* характеризует способность смазки удерживаться в узлах трения.

*Коллоидная стабильность* – способность удерживать жидкую фазу при действии на смазку внешних нагрузок, что обеспечивает необходимое медленное вытекание смазки из узлов трения.

*Температура каплепадения* ограничивает её применимость в узлах трения в зависимости от их теплонагруженности. Температура каплепадения должна быть на 10-15°C выше максимальной температурой деталей узла, чтобы смазка из негерметизированного узла не вытекала.

*Водостойкость* – определяется как способность смазки не смываться водой, не растворяться в ней и не сильно изменять свои свойства при попадании влаги.

#### Технические жидкости

К ним относятся охлаждающие, амортизаторные, тормозные и пусковые жидкости.

##### Охлаждающие жидкости

Эффективность системы охлаждения во многом определяется физико-химическими свойствами охлаждающих жидкостей. К охлаждающим жидкостям предъявляются следующие требования:

- высокая теплоёмкость и теплопроводность;
- малая вязкость в диапазоне температур от -70 до +100°C;
- высокая температура кипения;
- низкая температура кристаллизации;
- стойкость к образованию отложений в системе охлаждения (СО);
- антикоррозионная активность и способность не разрушать РТИ СО;
- низкий коэффициент объёмного расширения;
- не вспениваться в процессе работы;
- не обладать токсичностью и не повышать пожарную опасность.

*Вода*, как охлаждающая жидкость имеет свои преимущества и недостатки. К основным недостаткам ее относится жесткость, способность при  $t > 0$  °C замерзать и значительно увеличиваться в объёме и интенсивное испарение, особенно в летний период.

Жесткость воды является основным показателем пригодности в качестве охлаждающей жидкости. Применение жесткой воды вызывает интенсивное образование накипи в радиаторе и рубашке охлаждения толщиной 0,6 - 1,2 мм, что приводит к перегреву двигателя и выходу его из строя.

Замерзание воды является очень серьезным недостатком, т.к. при этом давление на стенки блока цилиндра и головки двигателя может достигнуть 2500 МПа, что приводит к их разрушению.

Интенсивное испарение требует постоянного долива, что и вызывает более интенсивное образование накипи.

*Антифризы* – низкотемпературные жидкости, смеси этиленгликоля и пропиленгликоля с водой лишены многих недостатков воды. Однако, этиленгликолевые антифризы имеют повышенную коррозионную активность и агрессивность по отношению к РТИ. Для противодействия этому свойству вводятся антикоррозионные и антифрикционные присадки, которые в процессе эксплуатации срабатываются. Поэтому антифризы имеют ограниченный срок

службы. Такой недостаток, как большой коэффициент объёмного расширения компенсируется использованием расширительного бачка.

#### Амортизаторные жидкости

Амортизаторные жидкости (АЖ) – это маловязкие масла, работающие в очень жестких условиях:  $t = -60...+140$  °С, давление до 10 МПа и постоянное дросселирование. К АЖ предъявляются следующие требования:

- пологая вязкостно-температурная характеристика;
- хорошие смазывающие и антикоррозионные свойства;
- высокая термоокислительная стабильность;
- минимальная агрессивность к РТИ;
- не вспениваться во время работы.

В ходе эксплуатации срабатываются противоизносные, антиокислительные и антипенные присадки, а сами АЖ загрязняются. Поэтому с целью обеспечения нормальной работы амортизаторов и сохранности подвески и ходовой части АЖ необходимо периодически (через 25 - 30 тыс. км) менять.

#### Тормозные жидкости

Тормозные жидкости (ТЖ) используются в гидроприводе тормозов и сцепления. При это  $t$  может меняться от  $-40$  до  $+100$  °С.

ТЖ должны иметь: низкую  $t$  застывания, высокую  $t$  кипения увлажненной ТЖ, хорошие смазывающие свойства, совместимость с РТИ, высокие антикоррозионные и защитные свойства, отсутствие склонности к образованию сгустков и твердых частиц в период эксплуатации и хранения, высокую стабильность при хранении. Повышенное содержание воды очень опасно, т.к. зимой это может привести к образованию ледяных пробок, при том значительно снижает  $t$  кипения.

#### Пусковые жидкости

Пусковые жидкости (ПЖ) - это эфирные смеси с определенными присадками, используются для легкого запуска двигателей при низких  $t$  наружного воздуха.

ПЖ должны иметь: хорошую испаряемость при низкой  $t$ ; быструю воспламеняемость от сжатия, высокие антикоррозионные и противоизносные свойства, низкую  $t$  застывания, стабильность при длительном хранении.

Условия эксплуатации в целом определяются дорожными, транспортными и природно-климатическими условиями, каждое из которых характеризуется определенными факторами:

дорожные условия - элементами профиля и плана дорог, рельефом местности, видом и ровностью дорожного покрытия, интенсивностью движения, помехами движению, стабильностью дорожного состояния, режимами движения;

транспортные условия - видом груза, объемом перевозок, партионностью отправок, расстоянием перевозок, способами погрузки и выгрузки, режимами работы, видами маршрутов и организации перевозок, условиями хранения, технического обслуживания и ремонта;

природно-климатические условия - особенностями зон умеренного, холодного, жаркого и высокогорного климата.

Изменение технического состояния автомобилей, агрегатов и механизмов происходит под влиянием постоянно действующих причин, обусловленных работой самих агрегатов и механизмов, случайных причин, а также внешних условий, при которых работает или хранится автомобиль. К случайным причинам относятся скрытые дефекты и перегрузки конструкции, превосходящие допустимые пределы и др.

Основными постоянно действующими причинами изменения технического состояния автомобиля, его агрегатов и механизмов являются: *изнашивание, пластическая деформация и усталостные разрушения, коррозия и естественное старение.*

Изнашивание – это процесс постепенного изменения размера детали при трении вследствие её деформации или отделения с поверхности трения материала.

Износ – результат изнашивания, проявляющийся в виде изменения размеров, формы или состояния поверхности детали.

*Абсолютный износ* – уменьшение веса или размеров детали в процессе работы.

*Линейный износ* – геометрический параметр, характеризующий изменение размера детали по нормали к поверхности трения.

Абразивное изнашивание является следствием режущего действия твёрдых частиц, находящихся между поверхностями трения. Такие частицы, попадая извне в виде пыли и песка между трущимися деталями (например тормозными накладками и барабанами), или в смазочные материалы открытых узлов трения (шкворневое соединение, рессорные пальцы-втулки), резко увеличивают их износ. В ряде механизмов в качестве абразивных частиц выступают сами продукты изнашивания, отделившиеся от трущихся деталей.

Гидроабразивное изнашивание происходит под действием твёрдых частиц, взвешенных в жидкости и перемещающихся относительно изнашивающейся детали. Гидроабразивному изнашиванию подвержены водяные, топливные и масляные каналы, а также детали, смазываемые под давлением.

Газоабразивное изнашивание возникает под действием твёрдых частиц, взвешенных в газе. Этому виду изнашивания подвержены впускные и выпускные системы автомобильных двигателей, а также наружные лакокрасочные покрытия кузовов автомобилей особенно при работе в запылённых условиях.

Изнашивание вследствие пластических деформаций происходит под действием значительных нагрузок на детали и заключается в перемещении поверхностных слоёв материала в направлении скольжения. При этом происходит изменение размера деталей без потери их массы.

Усталостное изнашивание состоит в том, что поверхностный слой материала одной из сопряжённых деталей в результате трения и циклической нагрузки становится хрупким и разрушается, обнажая лежащий под ним менее хрупкий материал. Такой вид изнашивания может наблюдаться на беговых дорожках подшипников.

Изнашивание при фретинге – механическое изнашивание сопряжённых поверхностей при малых колебательных движениях деталей.

Абразивное изнашивание, изнашивание вследствие пластических деформаций, усталостное изнашивание и изнашивание при фретинге происходят в результате только механического взаимодействия материалов сопряжённых поверхностей деталей и объединяются общим понятием - механическое изнашивание.

Процесс изменения технического состояния без непосредственного контакта поверхностей сопряжённых деталей называется разъеданием. К процессам разъедания относятся гидроабразивное, газоабразивное и эрозионное изнашивания, а также коррозия, кавитация и старение.

Эрозионное изнашивание происходит в результате трения потоков жидкостей и газов о поверхности деталей и представляет собой процесс вымывания и вырывания частиц материала. Эрозионному изнашиванию подвержены жиклёры карбюратора, клапаны газораспределительного механизма и топливная аппаратура дизельных двигателей

Адгезионное изнашивание происходит в результате молекулярного сцепления материалов трущихся поверхностей и наблюдается в период приработки механизмов. Оно приводит к задирам, заклиниванию и разрушению механизмов. Адгезионное изнашивание обуславливается наличием местных контактов между трущимися поверхностями, в которых вследствие больших нагрузок и скоростей происходит разрыв масляной плёнки, сильный нагрев и сваривание частиц металла. При дальнейшем относительном перемещении поверхностей происходит разрыв связей, в результате которых на одной поверхности образуется углубление, а на другой – выступ, т.е. перенос металла с одной поверхности на другую.

Окислительное изнашивание происходит в результате сочетания механического изнашивания и агрессивного воздействия среды, под действием которой на поверхностях трения образуются непрочные плёнки окислов, которые снимаются при механическом трении, а обнажающиеся поверхности опять окисляются. Окислительное изнашивание из-за наличия агентов коррозии (серной, сернистой или органической кислот) наблюдается на деталях цилиндро-поршневой группы, гидросилителях, деталях тормозной системы с гидравлическим приводом и др.

Пластическая деформация и разрушения связаны с достижением или превышением пределов текучести или прочности соответственно у вязких (сталь) или хрупких (чугун) материалов. Обычно этот вид разрушений является следствием либо ошибок при расчётах, либо нарушений правил эксплуатации (перегрузки, неправильное управление и т.д.). Иногда пла-



стическим деформациям или разрушениям предшествует механическое изнашивание, приводящее к изменению геометрических размеров и сокращению запаса прочности детали.

К основным видам пластической деформации можно отнести вытягивание, изгиб и смятие, а к видам разрушения - обрыв, срыв, разрыв, срез т.д.

Электроэрозионное разрушение заключается в переносе металла с одной поверхности на другую в результате воздействия разряда при прохождении электрического тока. Электроэрозии подвержены контакты прерывателя и свечей системы зажигания автомобильного бензинового двигателя.

Усталостные разрушения возникают при циклическом приложении нагрузок, превышающих предел выносливости металла детали. При этом происходит постепенное накопление и рост усталостных трещин, приводящие при определённом числе циклов нагружения к усталостному разрушению деталей. Совершенствование методов расчёта и технологии изготовления автомобилей (качество металла, точность изготовления, уменьшение источников концентрации напряжения) привело к значительному сокращению случаев усталостного разрушения деталей. Как правило, оно наблюдается в тяжёлых условиях эксплуатации для некоторых деталей подвески (рессоры, кронштейны), заднего моста (полуоси), рамы.

К основным видам усталостного разрушения относят: трещины, поломки и выкрашивание.

Кавитация представляет собой образование, а затем поглощение парогазовых пузырьков в движущейся по поверхности детали жидкости при определённых соотношениях давлений и температур в переменных сечениях потока. Разрушение кавитационных пузырьков сопровождается гидравлическими ударами по поверхности детали и образованием полостей. Кавитационному разрушению подвержены мокрые гильзы цилиндров с наружной стороны и лопасти водяного насоса.

Коррозия происходит вследствие агрессивного воздействия среды на детали, приводящего к окислению металла и уменьшению прочности, а также ухудшению внешнего вида деталей и изделия в целом. Основными активными агентами внешней среды, вызывающими коррозию, являются солевые растворы, которыми обрабатывают дороги в зимнее время, кислоты, содержащиеся в воде и почве, а также компоненты, входящие в состав выхлопных газов автомобилей. Коррозия главным образом поражает детали кузова, кабины, рамы, системы питания и охлаждения, трубопроводов. Для деталей кузова, расположенных снизу, коррозия сопровождается абразивным изнашиванием, в результате воздействия на поверхности при движении автомобиля абразивных частиц - песка и гравия. Способствует коррозии и сохранение влаги на металлических поверхностях под слоем дорожной грязи и в нишах.

Коррозия способствует усталостному изнашиванию и разрушению, так как создаёт на поверхности металла концентраторы напряжения в виде коррозионных язв. Такой вид разрушений наблюдается, например, в местах сварки, крепления кронштейнов рессор и др.

Коррозию различают:

по характеру разрушения – на общую, местную и локальную;

по виду коррозионной среды - на атмосферную, газовую, почвенную, кислотную, солевую, водную;

по процессу - на химическую и электрохимическую.

Общая коррозия поражает кроме кузовных панелей детали и несущие конструкции кузова или рамы.

Местная коррозия может развиваться в отдельных местах автомобиля, механизма.

Локальная коррозия возникает в ограниченных участках и проявляется в виде щелевой, точечной и подслоной коррозии.

Щелевая коррозия происходит в небольших зазорах и щелях, где долгое время сохраняется влага или грязь.

Точечная коррозия возникает в местах механического повреждения лакокрасочного и другого покрытия вследствие ударов их щебнем, гравием и т.д.

Подслоная коррозия – возникает вследствие пористости и гигроскопичности неметаллических покрытий, через которые к поверхности металла проникают активные вещества.

Химическая газовая коррозия вызывает образование пленок оксидов на поверхности металлов при высокой температуре (выпускные клапаны, коллектор, глушитель).

Химическая коррозия в жидкой среде не проводящей ток (масле, топливе) происходит от воздействия кислот на металлы, образующихся от попадания воды в масло и топливо (внутренние детали двигателя, системы питания и т.д.).

Электрохимическая атмосферная — проявляется при контакте пары деталей из разных металлов (гальванической пары) с влажной внешней средой (кислотной, щелочной, солевой).

Электрохимическая в жидкой среде наблюдается на внутренних поверхностях системы охлаждения, в АКБ, ЦППГ.

Потери от коррозии кузовов легковых автомобилей и автобусов за срок их службы достигают 25-40%, причем более 60-70% - в зимнее время.

Параметры технического состояния автомобиля, его агрегатов, деталей и эксплуатационных материалов изменяются под действием внешней среды и условий эксплуатации. Так, резино-технические изделия теряют прочность и эластичность в результате окисления, термического воздействия (разогрев или охлаждение), химического воздействия масла, топлива и жидкостей, а также солнечной радиации и влажности.

В процессе эксплуатации автомобилей технико-эксплуатационные свойства смазочных материалов и жидкостей ухудшаются в результате накопления в них продуктов износа, изменения вязкостно-температурных характеристик и выработки необходимых компонентов - присадок. Свойства деталей и материалов изменяются не только при их использовании, но и при хранении: снижается прочность и эластичность резинотехнических изделий; у топлив, смазочных материалов и жидкостей наблюдаются процессы окисления, сопровождаемые выпадением осадков; металлические детали подвергаются коррозии и т.д.

*Активная форма ведения занятия – 6 час.*

### Раздел 3. Научный аппарат надёжности.

Тема 3.1. Классификация параметров технического состояния. Отказы и их классификация. Виды закономерностей. Закономерности изменения технического состояния автомобиля по наработке.

В процессе эксплуатации автомобиль взаимодействует с окружающей средой, а элементы взаимодействуют между собой. Это взаимодействие вызывает нагружение деталей, их взаимные перемещения, вызывающие трение, нагрев, химические и другие преобразования и, как следствие, изменение в процессе работы физических свойств и конструктивных параметров.

Параметр (от греческого *parametron* – *отмеривающий, соизмеряющий*) – величина характеризующая какое-либо свойство процесса, явления, системы или устройства.

Техническое состояние автомобиля, агрегата или механизма определяется совокупностью изменяющихся свойств, характеризующихся текущими значениями *конструктивных параметров*.

Параметр технического состояния - конструктивный параметр, изменяющийся в зависимости от наработки.

Наработка автомобиля обычно измеряется в километрах или тонно-километрах. В отдельных случаях наработка автомобиля может измеряться в часах.

#### Классификация параметров

1. *Геометрические параметры деталей* характеризуют размеры и форму.

К геометрическим параметрам, характеризующим размеры детали и размеры её элементов относятся: *длина, ширина, высота, толщина, глубина, радиус, диаметр и угол*.

2. *Геометрические параметры сопряжений* характеризуют взаимодействие поверхностей двух деталей.

Сопряжёнными или контактирующими называются соприкасающиеся непосредственно или через слой смазки поверхности взаимодействующих деталей.

Из классификации сопряжённых поверхностей следуют и основные геометрические параметры сопряжений, к которым относят *зазор* и *натяг*.

*Зазор* – разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала.

*Натяг* – разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.

Следует учесть, что в Единой системе допусков и посадок вал – термин, применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, а отверстие – термин, применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей.

*Радиальный зазор* – расстояние между поверхностями двух сопряжённых деталей, измеренное перпендикулярно оси их вращения или взаимного перемещения.

*Осевой зазор* – расстояние между поверхностями двух сопряжённых деталей, измеренное параллельно или по оси их вращения или взаимного перемещения.

*Торцевой зазор* – расстояние между торцевыми поверхностями деталей.

*Боковой зазор зубчатой передачи* – расстояние между боковыми поверхностями зубьев зубчатых колёс передачи, определяющее свободный поворот одного из зубчатых колёс при неподвижном парном зубчатом колесе. Угол этого поворота называется *угловым боковым зазором*, а длину дуги или концентрической окружности зубчатого колеса передачи, стягивающей её угловой боковой зазор, называется *окружным боковым зазором*. В косозубых передачах измеряют *нормальный боковой зазор* – боковой зазор по нормали к общим линиям контакта.

3. Взаимодействие деталей между собой и окружающей средой приводит не только к изменению их геометрических параметров, но также физических и механических свойств. Эти изменения являются результатом действия циклических и динамических нагрузок, химических преобразований, термического воздействия, солнечной радиации и влажности.

К механическим свойствам, которые определяют способность сопротивляться прилагаемым усилиям, относятся: *упругость*, *эластичность*, *пластичность*, *прочность*, *твёрдость* и т.д.

Термин *объект* является наиболее общим наименованием изделия: автомобиля, оборудования, отдельной сборочной единицы.

Объект предназначенный для самостоятельного выполнения заданных функций, будем называть *системой*. Система - это совокупность элементов. Пример: автомобиль - система, а его отдельные детали и сборочные единицы - элементы.

Любая техническая система может участвовать в определенном технологическом процессе (для автомобиля - в транспортном процессе) и приносить определенный доход, если он технически исправен и находится в работоспособном состоянии. Вообще при эксплуатации объект может находиться в одном из следующих состояний: исправном, работоспособном, неисправном, неработоспособном.

*Исправное состояние (исправность)* - состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям, установленным нормативно-технической документацией (НТД). *Работоспособное состояние (работоспособность)* — состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах установленных НТД. К таким параметрам относятся технико-эксплуатационные показатели: производительность, мощность, тягово-скоростная характеристика, параметров рабочих процессов и др.

Отсюда следует, что объект может быть работоспособен, но неисправен.

*Неисправное состояние (неисправность)* - состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований, установленных НТД. Различают неисправности, не приводящие к отказам (нарушение лакокрасочного покрытия, помято крыло автомобиля и т.д.), и неисправности, вызывающие отказ или ведущие к отказу.

*Отказ* - события, заключающееся в нарушении работоспособности объекта. Если объектом считать автомобиль, то нарушением работоспособности считается полное или частичное прекращение транспортного процесса (остановка на линии, преждевременный возврат с линии, нарушение расписания движения, невыполнение по причине состояния автомобиля

плана перевозки. Все другие отклонения технического состояния от установленных норм называется неисправностями.

Классификация отказов необходима для разработки мер по их предупреждению и устранению.

По уровню влияния:

отказы элементов и объекта в целом (пример: перегорание лампы не приводит к отказу работоспособности, разрыв тормозного шланга запрещает эксплуатацию автомобиля в целом).

По источнику возникновения:

конструктивные - возникающие из-за несовершенства конструкции;

производственные - возникающие из-за нарушений технологии изготовления или ремонта изделия;

эксплуатационные - вызванные нарушением правил эксплуатации (перегрузка автомобиля, несвоевременное проведение ТО др.).

По связи с отказами других элементов:

зависимые - обусловленные отказом других элементов автомобиля (поворачивание вкладыша коленчатого вала из-за поломки масляного насоса);

независимые - не обусловлены отказом или неисправностью других элементов автомобиля (прокол автомобильной шины).

По характеру возникновения:

Внезапные - характеризуются резким изменением одного или нескольких параметров объекта, связанные, как правило, с усталостными процессами или резким изменением внешних факторов (облом, разрыв, срез и т.д.);

Постепенные - возникающие в результате плавного, монотонного изменения параметра технического состояния (изнашивание детали).

По степени нарушения работоспособности:

отказы функционирования (полный) связаны с полным прекращением функционирования объекта;

параметрические отказы приводят к выходу параметров изделия за допустимые пределы; такие отказы не ограничивают возможность функционирования, но запрещают в соответствии нормативными требованиями.

По частоте возникновения:

с малой наработкой (3-4 тыс. км);

средней (4-16 т.км);

большой (больше 16 тыс. км).

По трудоемкости и продолжительности устранения - малая, средняя и большая.

По влиянию на потери рабочего времени - устраняемые без потерь рабочего времени (при ТО) и с потерями. Среди них особенно вредны отказы на линии, нарушающие транспортный процесс.

Для успешного решения вопросов, связанных с обеспечением надежной работы любого устройства, в т.ч. и автомобиля необходимо знать закономерности изменения его технического состояния.

Процессы в природе и технике могут быть 2 видов: процессы, характеризуемые функциональными зависимостями, и случайные (вероятностные, стохастические) процессы.

Для функциональных процессов характерна жесткая связь между функцией и аргументом, когда определенному значению аргумента соответствует определенное значение функции (прямая зависимость пути от скорости и времени).

Случайные процессы происходят под влиянием многих переменных факторов, значения которых часто неизвестно. Поэтому результаты вероятностного процесса могут принимать различные значения и называются *случайными величинами*.

Случайные процессы могут быть описаны пучком кривых  $Y_i(t)$ , характеризующих изменение технического состояния конкретных  $1, 2, 3, \dots, i, \dots, n$  от их наработки  $t$ . Иными словами случайный  $Y_i(t)$  может быть описан функцией, которая при каждом новом значении аргумента, характеризуется набором нескольких случайных величин. етные значения случайной функции при фиксированном значении аргумента  $t_i$  называются *реализацией случайной вели-*

чины. При этом при кареализации можно определить неслучайную функцию – математическое ожидание  $M(t)$ , которое является средневзвешенным значением случайной величины.

У значительной части узлов и деталей процесс изменения технического состояния по времени или пробегу автомобиля носит плавный, монотонный характер, приводящий к возникновению так называемых постепенных отказов. При этом характер зависимости может быть различным. Изменение параметра технического состояния у конкретного изделия или среднего значения для группы изделий аналитически может быть описана двумя видами функций:

целой рациональной функцией  $n$ -го порядка

$$y = a_0 + a_1 l + a_2 l^2 + a_3 l^3 + \dots + a_n l^n$$

и степенной функцией

$$y = a_0 + a_1 l^b$$

где  $a_0$  – начальное значение параметра технического состояния,  $l$  – наработка,  $a_1, a_2, \dots, a_n, b$  – коэффициенты, определяющие характер и степень зависимости у от  $l$ .

В практических вычислениях, как правило, достаточно использовать члены до третьего - четвертого порядков. Т. е. зная функцию  $y = y(l)$  и предельное  $Y_{\text{п}}$  или предельно-допустимое  $Y_{\text{п.д}}$  можно аналитически определить из уравнения  $l = f(y)$  ресурс изделия или периодичность его обслуживания.

Достаточно часто закономерности изменения структурных параметров описывается линейными уравнениями вида

$$y = a_0 + a_1 l,$$

Существуют пронормированные значения интенсивности изменения структурных параметров ряда механизмов автомобилей. Так:

- для свободного хода педали сцепления  $a_1 = 0,4 - 0,6$  мм/1000 км,
- для свободного хода педали тормоза -  $0,6 - 0,9$  мм/1000 км,
- для суммарного углового люфта главной передачи -  $0,2 - 0,3$  рад./1000 км,
- для суммарного углового люфта карданной передачи -  $0,01 - 0,03$  град./1000 км и т.д.

Таким образом, закономерности I-го вида характеризуют тенденцию изменения параметров технического состояния (математическое ожидание случайного процесса), а также позволяет определить средние наработки до момента достижения предельного или заданного состояния.

Под влиянием большого числа факторов интенсивность и характер изменения технического состояния даже у одинаковых изделий, работающих в сходных условиях будет различен. Поскольку значения показателей надежности являются случайными, то при многократном повторении они подчиняются определенным статистически устойчивым закономерностям. Совокупность значений случайных величин, расположенных в возрастающем порядке от  $x_{\text{min}}$  до  $x_{\text{max}}$  с указанием вероятности их появления называют *распределением случайных величин*. Для характеристики распределения случайных величин существуют различные показатели.

1) точечные оценки:

*среднее арифметическое значение случайной величины*

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

где  $x_1, x_2, \dots$  - значения, полученные в результате измерения случайной величины,  $n$  - общее число значений случайной величины.

При увеличении  $n$   $\bar{X}$  приближается к математическому ожидающему жидкостиданию, т.е. при  $N \rightarrow \infty \bar{X} = M(x)$ .

*размах случайной величины*

$$Z = X_{\text{max}} - X_{\text{min}},$$

*среднеквадратичное отклонение*, характеризующее вариацию СВ

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}},$$

дисперсия  $D = \sigma^2$ ,

коэффициент вариации  $v = \sigma / \bar{x}$ .

Точечные оценки позволяют предварительно судить о качестве изделий и технологических процессов. Чем ниже, например, средний ресурс и выше вариация, тем ниже качество конструкции и изготовления (ремонта) изделия. Чем выше коэффициент вариации показателей технологических процессов ТЭА (трудоемкость, простои в ТО и ремонте и т.д.), тем менее совершенны применяемые организация и технология ТО и ремонта.

Вероятность случайного события это отношение числа случаев, благоприятствующих данному событию, к общему числу случаев. Она может изменяться от 0 до 1.

Закон распределения случайной величины описывается интегральной функцией распределения

$$F(x) = P(x_i < X)$$

и показывает вероятность того, что случайная величина  $x_i$  не превысит некоторого значения  $X$ .

Вероятность отказа рассматривается за определенную наработку  $x$ :

$$F(L) \cong \frac{m(L)}{n},$$

где  $m(x)$  – число отказов за  $x$ ,  $n$  – число наблюдений (изделий).

Вероятность безотказной работы является противоположным событием вероятности отказа, т.е.:

$$R(x) \cong \frac{n - m(L)}{n}.$$

3) плотность вероятности случайной величины.

Для характеристики плотности, с которой распределяются значения случайной величины в данной точке, используют дифференциальную функцию распределения, являющейся производной от интегральной функции, т.е.

$$f(x) = \frac{dF(L)}{d(L)}$$

или

$$f(x) = \frac{1}{n} \frac{dm}{dx},$$

где  $dm/dx$  - элементарная «скорость», с которой в любой момент времени происходит приращение числа совершившихся событий (отказов),  $n$  – общее число событий (изделий).

Эту функцию называют плотностью распределения непрерывной случайной величины  $x$  (плотностью вероятности отказа).

Плотность распределения так же как и функция распределения, является характеристикой случайной величины. Для определения вероятности  $P(x_i < X)$  необходимо определить площадь под кривой распределения:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx.$$

Вероятность попадания величины  $x_i$  на участок  $(a, b)$

$$P(a < x_i < b) = F(x) = \int_a^b f(x) dx.$$

Плотность распределения характеризуется следующими основными свойствами:

1) плотность распределения подчиняется условию  $f(x) \geq 0$ , т.е. является неотрицательной функцией, поскольку интегральная функция  $F(x)$  - неубывающая функция;

2) интеграл плотности распределения случайной величины  $f(x)$  в бесконечных пределах равен единице, т.е.

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1.$$

Зная зависимость между  $F(x)$  и  $R(x)$ , можно выразить вероятность безотказной работы как:

$$R(x) = \int_x^{\infty} f(x)dx.$$

Имея значение  $F(x)$  или  $f(x)$ , можно произвести оценку надежности и определить среднюю наработку до отказа:

$$\bar{x} = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx.$$

4) интенсивность случайной величины.

На практике при исследовании надежности объекта (автомобиля) используют данный показатель, называемый *интенсивностью отказа*.

Интенсивность отказа  $\lambda(x)$  это условная плотность вероятности возникновения отказа невозстанавливаемого изделия, определяемая для данного момента времени при условии, что отказа до этого момента не было. Аналитически это отношение элементарной вероятности  $dm/dx$  к числу элементов, не отказавших к моменту  $x$ , т.е.

$$\lambda(x) = \frac{dm}{dx} : [n - m(x).]$$

Так как вероятность безотказной работы  $R(x) = [n - m(x)]/n$ , то

$$\lambda(x) = \frac{dm}{dx} \frac{1}{nR(x)}$$

Учитывая, что  $f(x) = \frac{1}{n} \frac{dm}{dx}$ , получаем

$$\lambda(x) = \frac{f(x)}{R(x)}$$

После некоторых преобразований можно получить полезную универсальную зависимость между вероятностью безотказной работы и интенсивностью отказа:

$$R(x) = \exp\left(-\int_0^x \lambda(x)dx\right).$$

Перечисленные параметры характеризуют распределение значений случайных величин и используются для определения вида закона распределения.

Распределение значений показателей надежности чаще всего с достаточной степенью точности можно аппроксимировать одним из следующих законов: *нормальным, экспоненциальным, логарифмически нормальным, Вейбулла-Гнеденко*.

Этот закон хорошо описывает распределение значений случайных величин, на изменение которых влияет большое число факторов, независимых (слабо зависимых), равнозначных по величине. К нормальному закону близко, как правило, распределение значений наработки на отказ большинства постепенно изнашивающихся деталей.

Функция плотности нормального распределения

$$f(l) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(l-\bar{l})^2}{2\sigma^2}}$$

где  $e$  - основание натурального логарифма,  $e = 2,7183$ .

На рис.6 приведены кривые нормального распределения с различными значениями среднего квадратичного отклонения  $\sigma$ . Из рисунка видно, что при уменьшении значения  $\sigma$  кривая нормального распределения вытягивается вдоль оси ординат и сжимается по оси абсцисс. Площадь под кривой распределения при этом остается неизменной.

Кривая плотности нормального распределения симметрична относительно ординаты, проведенной в точке  $x = \bar{x}$ . Ветви этой кривой при  $x \rightarrow \pm\infty$  асимптотически приближаются к оси абсцисс.

Интегральная функция нормального распределения

$$F(l) = \int_{-\infty}^x f(l) dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx.$$

$$R(l) = \int_x^{\infty} f(l) dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx.$$

Для нормального закона при расчетах часто пользуются понятием нормированной функции  $\Phi(z)$ , для которой принимается новая случайная величина  $z = (x - \bar{x}) / \sigma$ , так называемое нормированное отклонение. Тогда

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\bar{x} + z\sigma} e^{-\frac{z^2}{2}} d(\bar{x} + z\sigma) = \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz.$$

Для отрицательных значений аргумента  $z$   $\Phi(-z) = -\Phi(z)$ .

Для нормированной функции составлены таблицы, облегчающие расчеты, где по известному значению  $z$  можно найти конкретное значение  $\Phi(z)$ . Табличное значение  $\Phi(z)$  показывает вероятность попадания значений случайной величины в интервал  $(0; z)$  и соответствует площади под кривой распределения, заключенной между осью симметрии и ординатой кривой.

Значение  $F(x)$  из таблицы получают путем увеличения нормированной функции на 0,5. Отсюда  $F(x) = 0,5 + \Phi(z)$ ;  $R(x) = 0,5 - \Phi(z)$ .

Использование этой таблицы значительно облегчает расчеты для нормированных функций.

Например, если необходимо определить вероятность замены данного узла в случае пробега автомобиля с начала эксплуатации 100 тыс. км при средней наработке до отказа  $l_{cp} = 124$  тыс. км и среднеквадратичном отклонении  $\sigma = 30$  тыс. км, то рассчитав нормированное отклонение  $z = \frac{100 - 124}{30} = -80$ , из таблицы получим  $\Phi(-80) \approx 0,29$ . Это значит, что 21% автомобилей потребуют замены данного узла при пробеге до 100 тыс. км.

Таким образом, при нормировании начало координат переносится в точку  $x = \bar{x}$  и абсцисса выражается в долях среднеквадратичного отклонения  $\sigma$ .

Для нормального закона распределения характерным является то, что 99,73% значений случайных величин заключено в пределах от  $(\bar{x} - 3\sigma)$  до  $(\bar{x} + 3\sigma)$ . Иначе говоря, вероятность попадания значения  $x$  в пределы  $(\bar{x} \pm 3\sigma)$ , близка к единице.

При данном законе распределения значений случайной величины  $l$ , логарифмы значений  $x$  подчиняются нормальному закону. В этом случае в выражение функции нормального закона распределения вместо  $x$  подставляют их логарифмы:  $\ln l = U$ .

Плотность распределения случайной величины  $x$ , которая связана с величиной  $U$  показательной функцией  $l = e^U$ , можно выразить следующим образом:

$$f(l) = \frac{1}{l} f(U).$$

Среднее значение случайной величины, распределенной по данному закону после ряд преобразований можно представить как

$$\bar{x} = e^{\frac{\sigma_U^2 + 2\bar{U}}{2}},$$

где  $\bar{U} = \ln \bar{x} - \frac{1}{2} \ln \left( \frac{\sigma_x^2}{\bar{x}^2} + 1 \right)$ ,  $\sigma_U^2 = \ln \left( \frac{\sigma_x^2}{\bar{x}^2} + 1 \right)$ .



Подставив значения  $\bar{U}$  и  $\sigma_U^2$  в формулу плотности нормального распределение величины  $f(U) = \frac{1}{\sigma_U \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(U-\bar{U})^2}{2\sigma_U^2}}$ , получим плотность распределения случайной величины  $f(x)$ .

Подобным образом определяется  $F(x)$  и  $R(x)$ .

Логарифмически нормальный закон может встречаться, если на протекание исследуемого процесса и его результат влияет сравнительно большое число случайных и взаимонезависимых факторов, интенсивность действия которых зависит от достигнутого случайной величиной состояния.

При расчетах надежности машин, автомобилей этот закон встречается при описании процессов усталостных разрушений, коррозии, наработки до ослабления предварительной затяжки крепежных соединений и в ряде других случаев.

Для описания событий, которые возникают с постоянной интенсивностью и независимо друг от друга служит однопараметрическое экспоненциальное распределение. Этим законом описываются внезапные отказы нестареющих элементов, наработки между отказами и т.д.

Плотность распределения отказов для экспоненциального закона равна

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}.$$

Интегральная функция распределения отказов  $F(x) = 1 - e^{-\lambda x}$ ,

а функция безотказной работы  $R(x) = e^{-\lambda x}$ .

Интенсивность отказа при этом является величиной постоянной  $\lambda = \text{const}$  и называется параметром распределения или параметром потока отказов. Она равна обратной величине средней наработки на отказ

$$\lambda = \frac{1}{x}.$$

Коэффициент вариации для экспоненциального распределения

$$V = \sigma / x = 1.$$

Данный закон проявляется в модели так называемого «слабого звена», когда система состоит из группы независимых элементов, отказ или неисправность каждого из которых приводит к отказу всей системы. Примером использования распределения Вейбулла-Гнеденко является распределение ресурса изделий, которые состоят из нескольких элементов, составляющих цепь (подшипник качения).

Закон двухпараметрического распределения описан следующей дифференциальной функцией:

$$f(x) = \frac{b}{a} x^{b-1} e^{-\left(\frac{x}{a}\right)^b},$$

где  $a$  и  $b$  - параметры распределения.

Значение параметра  $b$  зависит только от коэффициента вариации случайной величины и определяется расчетом, табличными данными или графоаналитическим методом. В зависимости от значения этого параметра кривая плотности распределения изменяет свою форму в широком диапазоне. При  $b = 1$  распределение Вейбулла-Гнеденко преобразуется в экспоненциальное, а при  $b = 2,5 \dots 3,5$  ( $V = 0,3 \dots 0,4$ ) весьма близко к нормальному, при  $b < 1$  распределение имеет вид убывающей функции.

Интегральная функции распределения имеет вид  $F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{a}\right)^b}$

Функция безотказной работы  $R(x) = e^{-\left(\frac{x}{a}\right)^b}$ ,

Интенсивность отказов  $\lambda(x) = \frac{b}{a} x^{b-1}$ .

Основной целью сбора информации является своевременное обеспечение полных, объективных и достоверных данных о надежности транспортных средств и их элементов в эксплуатации. Необходимым условием достижения поставленной цели является организация

четкой системы сбора и обработки информации о надежности. Эта система должна охватывать предприятия-разработчики, заводы-изготовители, ремонтные предприятия и эксплуатационные организации.

Характерной чертой эксплуатации автомобилей является их использование в различных условиях эксплуатации в различных климатических зонах и в различных по уровню организации и технологии автопредприятиях. Кроме того, автомобиль или другая сложная техника работает достаточно долго и доходит в среднем до 7 - 10 лет. Поэтому, пассивный сбор и обработка информации может затянуться на многие годы, что не позволит определять показатели надежности с требуемой точностью в короткие сроки.

Сбор и анализ информации о надежности должны проводиться квалифицированными специалистами при этом результаты сбора и обработки информации о надежности автомобильной техники должны обеспечивать возможность решения следующих задач:

- 1) нахождения причин возникновения отказов и неисправностей;
- 2) выявление деталей и других элементов, лимитирующих надежность автомобилей;
- 3) установление и корректировку нормируемых показателей машин и их элементов;
- 4) обоснование норм расхода запасных частей, периодичности и перечня работ по техническому обслуживанию;
- 5) выявление влияния условий и режимов эксплуатации на надежность машин;
- 6) определение экономической эффективности мероприятий по повышению надежности автомобиля и его элементов.

Основным источником информации о надежности автомобилей является специально организуемая подконтрольная эксплуатация или испытания автомобилей. Она осуществляется на целой сети опытных автотранспортных предприятий (ОАТП) и ОАРЗ, имеющих в своем составе лаборатории надежности автомобилей (ЛНА). Данные ОАТП охватывают различные модели автомобилей и условия их эксплуатации. В ОАТП выделяются подконтрольные группы в составе 25...40 автомобилей одной модели, а также ряд подконтрольных групп агрегатов или автомобилей, прошедших капитальные ремонты. Автомобили работают в характерных для данного АТП условиях эксплуатации. Эти условия постоянно фиксируются и анализируются.

Группа работников ЛНА осуществляет постоянное непосредственное наблюдение за всеми видами работ ТО и ремонта, выполняемых на подконтрольной группе автомобилей. Над новыми автомобилями наблюдение организуется с момента их получения и до направления на КР или списание. Для автомобилей и агрегатов, прошедших КР – до списания или повторного КР.



Методы испытания на надежность в зависимости от цели делят на определительные (исследовательские) и контрольные.

*Цель определительных испытаний* на надёжность - нахождение фактических значений показателей надежности и при необходимости параметров законов распределения таких случайных величин, как время безотказной работы, наработка между отказами, время восстановления и др.

*Цель контрольных испытаний* - проверка соответствия фактических значений показателей надежности требованиям стандартов, технических заданий и технических условий, т. е. принятие решения типа «да — нет» о соответствии или несоответствии надежности системы предъявляемым требованиям (не говоря более конкретно о том, чему равно значение показателя надежности).

Кроме оценки показателей надежности, целями испытаний обычно являются: изучение причин и закономерностей возникновения отказов; выявление конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на надежность; выявление наименее надежных элементов, узлов, блоков, технических средств; разработка мероприятий и рекомендаций по повышению надежности; уточнение продолжительности и объема технического обслуживания, количества запасных частей и др.

Испытания на надежность можно проводить в лабораторных (стендовых) и эксплуатационных условиях. Испытаниям в лабораторных условиях обычно подвергаются технические средства и некоторые локальные системы. Эти испытания выполняют на заводах-изготовителях или в организациях-разработчиках технических средств, они могут быть как определительными, так и контрольными. При лабораторных испытаниях можно имитировать воздействия внешней среды на систему, в первую очередь условия эксплуатации. Для этого служат специальные установки: термокамеры для изменения температуры, барокамеры для изменения давления, вибростенды для создания вибраций и т. д. Лабораторные испытания на надёжность могут проходить при тех же воздействиях (температуре, влажности, вибрации и т. д.) и режимах работы, которые обычно имеют место при эксплуатации. Иногда с целью быстрее получения показателей надежности устанавливаются более тяжелые, форсированные условия и режимы работы по сравнению с эксплуатационными. Такие испытания называют ускоренными.

Ускорение испытаний возможно, если при форсировании не искажается процесс естественного старения и износа, протекающий при нормальном режиме, если распределения изменений выходного параметра испытываемого изделия при нормальном и форсированном режимах аналогичны, а также близко разделение отказов по их причинам. Ускоряющими факторами могут быть механические воздействия, температура, электрическая нагрузка и др. Ускоренные испытания на надёжность обычно проводятся для серийных технических средств и их элементов, выпускаемых в течение длительного времени по стабильной технологии.

Испытания надежности в условиях эксплуатации заключаются в сборе и обработке информации о поведении АСУ ТП и их элементов и о воздействии внешней среды при опытной и (или) промышленной эксплуатации АСУ ТП совместно с действующим технологическим объектом управления. Эти испытания обычно являются определительными. Отметим, что для АСУ ТП в целом, ряда функций и для некоторых технических средств, например импульсных линий с арматурой и первичными отборными устройствами, соединительных линий с клеммными переходами, испытания в условиях эксплуатации являются практически единственным способом экспериментального определения показателей надёжности - эксплуатационные и лабораторные - дополняют друг друга. Так, преимуществами эксплуатационных испытаний по сравнению с лабораторными являются: естественный учет влияния воздействий внешней среды, например температуры, вибрации, квалификации оперативного и ремонтного персонала и др.; низкая стоимость испытаний, так как их проведение не требует ни дополнительных затрат на оборудование, имитирующее условия эксплуатации, ни обслуживание испытываемых изделий, ни расхода их ресурса; наличие большого числа однотипных образцов испытываемых локальных систем и средств, часто имеющихся на одном объекте, что позволяет в сравнительно короткие сроки получить статистически достоверную информацию.

Недостатками эксплуатационных испытаний на надёжность по сравнению с лабораторными являются: невозможность проводить активный эксперимент, изменяя по желанию экспериментатора параметры внешней среды АСУ ТП (вследствие чего эти испытания часто называют наблюдениями или подконтрольной эксплуатацией); ниже достоверность информации; меньше оперативность информации, так как начало ее получения может иметь место только после изготовления всех технических средств, монтажа и наладки АСУ ТП.

Исходной информацией для статистического исследования, на основании которого должны быть сделаны выводы о показателях надежности, служат результаты наблюдений. Однако эти результаты могут быть разными для одних и тех же систем в зависимости от того, каким образом они были получены. Например, можно поставить на исследование одну восстанавливаемую систему и испытывать ее до получения  $n$ -го отказа, регистрируя наработки между отказами. Результатами испытаний в этом случае будут наработки  $t_1, \dots, t_n$ . Можно поставить  $d$  таких же систем, но испытывать их не восстанавливая, пока не откажут  $p < d$  из них. В этом случае результатами наблюдений будут также наработки  $t_1, \dots, t_n$ , однако оценки для определения характеристики случайной величины по результатам испытаний будут иметь другой вид. Поэтому перед началом испытаний необходимо выработать правило, согласно которому следует проводить испытания. Выработку такого правила будем называть планированием испытаний. Выбор плана диктуется целями поставленных испытаний. Поскольку проведение испытаний на надежность (особенно лабораторных) связано со значительными затратами средств, то планирование испытаний включает в себя определение объема выборки и критериев завершения испытаний исходя из заданной точности и достоверности их результатов. Формируют выборку таким образом, чтобы результаты ее испытаний могли быть распространены на совокупность систем или средств. Например, при лабораторных испытаниях на заводе-изготовителе образцы для испытаний выбирают из числа принятых отделом технического контроля и прошедших приработку; для формирования выборки используют таблицу случайных чисел.

Испытания на надёжность следует проводить для тех же условий эксплуатации, при которых в технической документации установлены показатели надежности.

Во время испытаний проводятся техническое обслуживание, периодические проверки функционирования, измерение параметров, определяющих отказы.

Отметим, что кроме расчетных и экспериментальных методов оценки показателей надежности имеют место и расчетно-экспериментальные методы. Такие методы применяют, если по техническим, экономическим и организационным причинам невозможно или нецелесообразно применять экспериментальные методы, например для систем, которые нельзя испытывать в полном объеме. Расчетно-экспериментальные методы рекомендуется применять тогда, когда это позволяет существенно сократить необходимый объем информации (например, при расчетной оценке показателей надежности функций АСУ ТП по экспериментальным данным о надежности технических средств, участвующих в реализации этой функции).

Организация испытаний предусматривает следующий порядок сбора информации:

- а) при испытании опытного образца все изделия данной модели подвергаются сплошной проверке;
- б) при серийном или массовом производстве и при стопроцентном контроле на надежность определяется общий фонд времени работы и его распределение;
- в) при серийном или массовом производстве с целью периодического получения данных по надежности проводятся контрольные испытания изделий, изготавливаемых в течение заранее установленного контрольного периода;
- г) во многих случаях подвергаются испытаниям выбранные партии деталей. Обычно таким испытаниям подвергают детали, являющиеся слабыми звеньями устройств. Получаемые при испытаниях данные должны удовлетворять требованию состоятельности, несмещенности, эффективности и соответствия принципу наибольшего правдоподобия.

По типу распределения отказов испытания машин и их элементов подразделяются на испытания на внезапные, аварийные отказы и износные (постепенные) отказы. Приработочные отказы должны быть устранены обкаткой или отбраковкой дефектных элементов. Применяются также комплексные испытания в которых учитываются все виды отказов.

Достоверность результатов испытаний является характеристикой контрольных испытаний. Показателями достоверности результатов контрольных испытаний являются принятые в теории контроля безусловные вероятности ошибок контроля первого и второго рода, которые называются ложным и необнаруженным отказом. Они образуются в результате взаимодействия объекта со средством испытаний с погрешностями в окрестностях границ поля допуска. В стандартах надёжности они называются риском изготовителя и риском заказчика. При этом они являются исходными данными для планирования контрольных испытаний и определяют объём испытаний для подтверждения заданного уровня надёжности.

#### Раздел 4. Диагностирование как метод контроля и обеспечения надёжности изделия при эксплуатации.

##### Тема 4.1. Техническая диагностика. Диагностические параметры. Классификация диагностических параметров. Свойства диагностических параметров.

Техническая диагностика – отрасль знаний, изучающая признаки неисправностей автомобиля, методы, средства и алгоритмы определения его технического состояния без разборки, а также технологию и организацию использования систем диагностирования в процессах технической эксплуатации подвижного состава.

Диагностирование – процесс определения технического состояния объекта без его разборки, по внешним признакам путём измерения величин, характеризующих его состояние и сопоставления их с нормативами.

Геометрические параметры и параметры физико-механических свойств – это *структурные или прямые параметры* деталей и сопряжений. При рассмотрении автомобиля и его систем в целом структурными параметрами являются параметры выходных и сопутствующих процессов их элементов. Параметры, функционально зависящие от структурных, называются *косвенными*.

Возможность непосредственного измерения геометрических параметров и параметров физико-механических свойств без частичной или полной разборки узла чаще всего ограничена. Для определения технического состояния агрегатов и механизмов автомобиля пользуются косвенными величинами – *внешними или диагностическими параметрами*.

Диагностический параметр – это пригодная для измерения физическая величина, связанная с параметрами технического состояния автомобиля и несущая информацию о его техническом состоянии.

В качестве диагностических параметров используют *геометрические параметры, параметры выходных процессов и параметры сопутствующих процессов*.

*Параметры выходных процессов* определяют основные функциональные свойства автомобиля, агрегата, механизма или системы. Эти параметры дают обобщённую информацию о техническом состоянии диагностируемого объекта и позволяют выявить только наличие неисправности.

Для определения вида неисправности дополнительно используют в качестве диагностических параметров *параметры сопутствующих процессов*. Эти параметры позволяют выявить вид неисправности либо благодаря их узкой информативности, либо путём анализа нескольких параметров в определённых сочетаниях.

Для обеспечения надлежащей достоверности и экономичности диагностические параметры должны обладать следующими свойствами.

1. Чувствительность диагностического параметра  $S$  – это приращение диагностического параметра  $dS$  при изменении параметра технического состояния  $dy$ .

2. Однозначность диагностического параметра означает отсутствие экстремума ( $dS/dy$ ) в диапазоне от начального значения параметра технического состояния  $y_n$  до предельного значения  $y_p$ .

3. Стабильность диагностического параметра определяется вариацией его значений при многократном измерении на объектах, имеющих одну и ту же величину соответствующего структурного параметра. Стабильность оценивается с помощью среднеквадратичного отклонения:

$$\sigma_{S(y)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [S(y) - \bar{S}(y)]^2}{n-1}}$$

4. Информативность диагностического параметра характеризует достоверность диагноза, получаемого в результате измерения значений параметра

$$I(S) \approx \frac{|\bar{S}_1 - \bar{S}_2|}{\sigma_1 + \sigma_2},$$

где  $S_1$  и  $S_2$  – значения диагностического параметра для исправного и неисправного состояний объекта соответственно;

$\sigma_1$  и  $\sigma_2$  – разброс значений параметра для исправного и неисправного состояний объекта.

Диагностические нормативы служат для количественной оценки технического состояния автомобиля. Они устанавливаются ГОСТами и руководящими техническими материалами. К диагностическим нормативам относятся: начальное  $S_n$ , предельное  $S_{\Pi}$  и допустимое  $S_{\Delta}$  значения норматива.

Начальный норматив  $S_n$  соответствует величине диагностического параметра новых, технически исправных объектов. В эксплуатации  $S_n$  используют как величину, до которой необходимо довести измеренное значение параметра путём восстановительных и регулировочных операций. Начальный диагностический норматив задаётся технической документацией.

Предельный норматив  $S_{\Pi}$  соответствует такому состоянию объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация становится невозможной или нецелесообразной по технико-экономическим соображениям. Предельный норматив диагностического параметра задают требованиями ГОСТов, технической документацией или же определяют, пользуясь установленными методиками.

Допустимый норматив  $S_{\Delta}$  является основным диагностическим нормативом при периодическом диагностировании, проводимом в рамках планово-предупредительной системы технического обслуживания автомобилей.

*Методы диагностирования* автомобилей характеризуются физической сущностью диагностических параметров. Они делятся на три группы: измерения параметров эксплуатационных свойств автомобиля; измерения параметров процессов, сопровождающих функционирование автомобиля, его агрегатов и механизмов; измерения геометрических величин, непосредственно характеризующих техническое состояние механизмов автомобиля. Первая группа методов позволяет оценить работоспособность и эксплуатационные свойства автомобиля в целом, то вторая и третья дают возможность выявить конкретные причины неисправностей. Поэтому при диагностировании сначала применяют первую группу методов, осуществляя *общее диагностирование*, а затем для конкретизации технического состояния автомобиля применяют методы второй и третьей группы, осуществляя его *локальное диагностирование*.

*Средства диагностирования* представляют собой технические устройства, предназначенные для измерения диагностических параметров тем или иным методом. Они включают: устройства, задающие тестовый режим; датчики, воспринимающие параметры в виде, удобном для обработки или непосредственного использования (как правило, в виде электрического сигнала); устройства для обработки сигнала (усиления, анализа, фильтрации), для постановки диагноза, индикации результатов, их хранения или передачи в органы управления. Средства диагностирования бывают *внешними*, то есть не входящими в конструкцию автомобиля, и *встроенными*, являющимися элементом его конструкции. Существуют также *смешанные диагностические средства*, представляющие собой комбинацию встроенных и внешних средств.

*Интерактивная форма ведения занятия – 4 час. (компьютерная презентация)*

#### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раз- дела дисци- плины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в ин- терактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Безотказность автомобиля	3	-
2	2.	Долговечность автомобиля	3	-
3	3.	Ремонтопригодность автомобиля	2	-
4	4.	Сохраняемость автомобиля	2	-
<b>ИТОГО</b>			<b>34</b>	-

#### 4.4. Практические занятия

Учебным планом не предусмотрено.

#### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Учебным планом не предусмотрено.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>Компетенции</i>  <i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>			$\Sigma$ <i>комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<b>ПК-9</b>	<b>ПК-15</b>	<b>ПК-20</b>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
1. Основные понятия, определения, свойства и показатели надежности	36	+	+	+	3	12	Лекция, лабораторные работы, СРС	Экзамен
2. Факторы, влияющие на надёжность	39	+	+	+	3	13	Лекция, лабораторные работы, СРС	Экзамен
3. Научный аппарат надёжности	42	+	+	+	3	14	Лекция, лабораторные работы, СРС	Экзамен
4. Диагностирование как метод контроля и обеспечения надёжности изделия при эксплуатации	18	+	+	+	3	6	Лекция, лабораторные работы, СРС	Экзамен
<i>всего часов</i>	<b>135</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>3</b>	<b>45</b>		



## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Острейковский, В. А. Теория надежности: учебник для вузов / В. А. Острейковский. - 2-е изд., испр. - Москва : Высшая школа, 2008. - 463 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	<u>Яхьяев, Н. Я.</u> Основы теории надежности : учебник / Н. Я. Яхьяев, А. В. Кораблин. - 2-е изд., перераб. - Москва : Академия, 2014. - 208 с.	Лк, ЛР	10	1
<b>Дополнительная литература</b>				
2.	<u>Мазур, В. В.</u> Основы теории надежности и техническая диагностика : методические указания к выполнению контрольной работы / В. В. Мазур. - Братск : БрГУ, 2006.	ЛР	80	1
3.	<u>Половко, А. М.</u> Основы теории надежности : учеб. пособие для вузов / А. М. Половко, С. В. Гуров. - 2-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : БХВ- Петербург, 2006. - 704 с.	Лк	50	1

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=)
2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog>
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru>
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru>
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

#### Лабораторная работа №1

Безотказность автомобиля.

Цель работы:

Оценить безотказность автомобиля и его конструктивных элементов.

Задание:

1. Привести примеры безотказности и наработки на отказ;

Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе на листах А4 в рукописной или печатной форме.

Задания для самостоятельной работы:

1. Описать агрегат трансмиссии и дать кратко характеристику на отказ.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе.

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

Основная литература

1. Яхьяев, Н. Я. Основы теории надежности : учебник / Н. Я. Яхьяев, А. В. Кораблин. - 2-е изд., перераб. - Москва : Академия, 2014. - 208 с.

Дополнительная литература

2. Мазур, В. В. Основы теории надежности и техническая диагностика : методические указания к выполнению контрольной работы / В. В. Мазур. - Братск : БрГУ, 2006.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Безотказность. Классификация
2. Нарботка на отказ. Виды.

**Лабораторная работа №2**

Долговечность автомобиля.

Цель работы:

Оценить долговечность автомобиля и его конструктивных элементов.

Задание:

1. Рассчитать основные показатели долговечности автомобиля;

Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе на листах А4 в рукописной или печатной форме.

Задания для самостоятельной работы:

1. Описать долговечность на конкретном агрегате.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе.

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

Основная литература

1. Яхьяев, Н. Я. Основы теории надежности : учебник / Н. Я. Яхьяев, А. В. Кораблин. - 2-е изд., перераб. - Москва : Академия, 2014. - 208 с.

Дополнительная литература

2. Мазур, В. В. Основы теории надежности и техническая диагностика : методические указания к выполнению контрольной работы / В. В. Мазур. - Братск : БрГУ, 2006.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Понятие долговечности;
2. Показатели долговечности.

### Лабораторная работа №3

Ремонтопригодность автомобиля.

#### Цель работы:

Оценить ремонтопригодность автомобиля.

#### Задание:

1. Рассчитать основные элементы;

#### Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

#### Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе на листах А4 в рукописной или печатной форме.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Рассчитать среднее время восстановления агрегата.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе.

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;
3. Оформить отчет.

#### Основная литература

1. Яхьяев, Н. Я. Основы теории надежности : учебник / Н. Я. Яхьяев, А. В. Кораблин. - 2-е изд., перераб. - Москва : Академия, 2014. - 208 с.

#### Дополнительная литература

2. Мазур, В. В. Основы теории надежности и техническая диагностика : методические указания к выполнению контрольной работы / В. В. Мазур. - Братск : БрГУ, 2006.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Понятие ремонтопригодности;
2. Показатели ремонтопригодности.

### Лабораторная работа №4

Сохраняемость автомобиля.

#### Цель работы:

Оценить сохраняемость автомобиля и его конструктивных элементов.

#### Задание:

1. Рассчитать основные элементы;

#### Порядок выполнения:

1. Получить задание;
2. Консультация по выполнению работы;
3. Выполнить и оформить отчет в рукописной или печатной форме;
4. Защита отчета по работе.

#### Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе на листах А4 в рукописной или печатной форме.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Оценить сохраняемость агрегатов трансмиссии в зимнее время.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе.

1. Ознакомиться с заданием;
2. Ознакомиться со специальной и учебной литературой;

### 3. Оформить отчет.

#### Основная литература

1. Яхьяев, Н. Я. Основы теории надежности : учебник / Н. Я. Яхьяев, А. В. Кораблин. - 2-е изд., перераб. - Москва : Академия, 2014. - 208 с.

#### Дополнительная литература

2. Мазур, В. В. Основы теории надежности и техническая диагностика : методические указания к выполнению контрольной работы / В. В. Мазур. - Братск : БрГУ, 2006.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Понятие сохраняемости;
2. Основные факторы, отвечающие за сохраняемость.

### **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Microsoft Imagine Premium: Microsoft Windows Professional 7.
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level.
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
4. Adobe Reader.

### **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР</i>
1	2	3	4
Лк	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	№1-4
ЛР	Лаборатория рабочих процессов АТ	1. Стенд для проверки углов установки колес и рулевого управления грузовых автомобилей; 2. Шинный стенд ШС-77; 3. Гидропульсационный стенд; 4. Шинный стенд СКН; 5. Стенд «Тормозной гидропривод легкового автомобиля»; 6. Стенд «Тормозной пневмопривод автомобиля КамАЗ»; 7. Стенд «Рессора легкового автомобиля»; 8. Стенд «Тормозной пневмопривод автопоезда»; 9. Стенд «Вариатор легковго автомобиля»; 10. Стенд «Рулевой механизм грузового автомобиля»; 11. Стенд «Сцепление грузового автомобиля»; 12. Разрезные агрегаты сцеплений, коробок передач, гидротрансформаторов, карданных шарниров, главных передач, дифференциалов, ведущих мостов, подвесок, элементов тормозных и рулевых систем управления; 13. Стенды поворотные с разрезными образцами двигателей внутреннего сгорания; 14. Стенды планшетные с образцами электрооборудования автомобилей; 15. Учебная мебель.	
СР	Читальный зал № 1	10-ПК i5-2500/H67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D; Учебная мебель.	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-9	Способность к участию в составе коллектива исполнителей в проведении исследования и моделирования транспортных и транспортно-технологических процессов и их элементов	1. Основные понятия, определения, свойства и показатели надежности	1.1. Качество и технико-эксплуатационные свойства автомобиля. Надёжность как показатель качества автомобиля. Комплексные показатели надёжности.	Вопрос к экзамену № 1-10
		2. Факторы, влияющие на надёжность	Взаимосвязь и её влияние на надёжность конструктивных параметров автомобиля и технологии его изготовления. Качество эксплуатационных материалов. Условия эксплуатации	Вопрос к экзамену № 11-16
		3. Научный аппарат надёжности	автомобилей. Классификация параметров технического состояния. Отказы и их классификация. Виды закономерностей. Закономерности изменения технического состояния	Вопрос к экзамену № 17-22
ПК-15	Владение знаниями технических условий и правил рациональной эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, причин и последствий прекращения их работоспособности			
ПК-20	Способность к выполнению в составе коллектива исполнителей лабораторных, стендовых, полигонных, приемосдаточных и иных видов испытаний систем и средств, находящихся в эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования	4. Диагностирование как метод контроля и обеспечения надёжности изделия при эксплуатации	автомобилей. Техническая диагностика. Диагностические параметры. Классификация диагностических параметров. Свойства диагностических параметров	Вопрос к экзамену № 23-36

машин и оборудования

## 2. Вопросы к экзамену

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наимено- вание раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ПК-9	Способность к участию в составе коллектива исполнителей в проведении исследования и моделирования транспортных и транспортно-технологических процессов и их элементов	<p>1. Надёжность как показатель качества автомобиля. Комплексные показатели надёжности.</p> <p>2. Диагностические параметры. Классификация диагностических параметров.</p> <p>3. Диагностические параметры. Свойства диагностических параметров.</p> <p>4. Положительные и отрицательные свойства автомобиля как сложной системы.</p> <p>5. Физико-химические и температурные изменения. Естественное старение.</p> <p>6. Безотказность и её оценочные параметры.</p> <p>7. Основные показатели качества бензинов и их влияние на надёжность.</p> <p>8. Зависимость надёжности автомобиля от надёжности его элементов при последовательном, параллельном и смешанном их соединениях. Резервирование и дублирование.</p> <p>9. Основные факторы и мероприятия, влияющие на надёжность автомобиля.</p> <p>10. Сохраняемость и её оценочные параметры.</p>	1. Основные понятия, определения, свойства и показатели надёжности
2.	ПК-15	Владение знаниями технических условий и правил рациональной эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, причин и последствий прекращения их работоспособности	<p>11. Пластическая деформация и разрушение.</p> <p>12. Безотказность и её оценочные параметры.</p> <p>13. Методы сбора и обработки информации по надёжности.</p> <p>14. Изнашивание. Виды изнашивания.</p> <p>15. Основные показатели качества дизельного топлива и их влияние на надёжность.</p> <p>16. Методы испытаний автотранспортных средств на надёжность. Объекты и организация испытаний.</p>	2. Факторы, влияющие на надёжность

1	2	3	4	5
3.	ПК-20	Способность к выполнению в составе коллектива исполнителей лабораторных, стендовых, полигонных, приемосдаточных и иных видов испытаний систем и средств, находящихся в эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования	<p>17. Техническая диагностика. Диагностические нормативы.</p> <p>18. Долговечность и её оценочные параметры.</p> <p>19. Классификация методов диагностирования. Средства диагностирования технического состояния автомобиля.</p> <p>20. Диагностические нормативы.</p> <p>21. Долговечность и её оценочные параметры.</p> <p>22. Коррозия. Виды коррозии.</p> <p>23. Методы определения надёжности автомобиля.</p> <p>24. Ремонтпригодность и её оценочные параметры.</p> <p>25. Моделирование надёжности автомобиля. Структурные схемы надёжности автомобиля.</p> <p>26. Основные показатели качества масел и их влияние на надёжность.</p> <p>27. Основные показатели технических жидкостей и их влияние на надёжность.</p> <p>28. Пластическая деформация и разрушение. Усталостное разрушение.</p> <p>29. Основные показатели качества консистентных смазок и их влияние на надёжность.</p> <p>30. Ремонтпригодность и её оценочные параметры.</p> <p>31. Классификация методов диагностирования. Средства диагностирования технического состояния автомобиля.</p> <p>32. Основные показатели качества консистентных смазок и их влияние на надёжность.</p> <p>33. Условия эксплуатации и их влияние на надёжность.</p> <p>34. Диагностические параметры. Свойства диагностических параметров.</p> <p>35. Диагностические нормативы.</p> <p>36. Моделирование надёжности автомобиля. Структурные схемы надёжности автомобиля.</p>	<p>3. Научный аппарат надёжности</p> <p>4. Диагностирование как метод контроля и обеспечения надёжности изделия при эксплуатации</p>

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> ПК-9: – принципы работы, технические характеристики и основные конструктивные решения узлов и агрегатов транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования отрасли;</p> <p>– принципиальные компоновочные схемы, теорию движения, рабочие процессы агрегатов и систем, основные показатели эксплуатационных свойств транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования отрасли;</p>	<b>отлично</b>	<p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен с использованием современной терминологии по дисциплине. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные обучающимся самостоятельно в процессе ответа.</p>
<p>– уметь выполнять графические построения деталей и узлов, использовать конструкторскую и технологическую документацию в объёме достаточном для решения эксплуатационных задач;</p> <p>– организовывать испытания машин на надёжность и использовать графические методы обработки исходной опытной инфор-</p>	<b>хорошо</b>	<p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком с использованием современной терминологии по дисциплине. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные обучающимся с помощью преподавателя.</p>
<p>– уметь выполнять графические построения деталей и узлов, использовать конструкторскую и технологическую документацию в объёме достаточном для решения эксплуатационных задач;</p> <p>– организовывать испытания машин на надёжность и использовать графические методы обработки исходной опытной инфор-</p>	<b>удовлетворительно</b>	<p>Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучающийся не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.</p>



<p>мации для определения показателей надежности; ПК-20: - выполнять испытания на надёжность транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования;</p> <p><b>Владеть</b> ПК-9: - навыками организации технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования;</p> <p>ПК-15: - навыками планирования и проведения испытаний машин на надежность;</p> <p>ПК-16: - навыками определения показателей надежности графическими методами;</p> <p>ПК-20: - владение навыками планирования и проведения испытаний транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования на надежность</p>	<p><b>неудовлетворительно</b></p>	<p>Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология по дисциплине не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося.</p>
--	-----------------------------------	---

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности**

Дисциплина «Основы теории надёжности» направлена на получение теоретических знаний и практических навыков технической эксплуатации подвижного состава автомобильного транспорта для их дальнейшего использования в практической деятельности. Методические материалы дисциплины «Основы теории надёжности» предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы;
- самостоятельную работу;
- экзамен.

В ходе освоения разделов обучающийся познаёт и раскрывает всю полноту изучаемой дисциплины. В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание на объекты профессиональной деятельности. В процессе проведения лабораторных работ происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков. Самостоятельную работу необходимо начинать с умения пользоваться библиотечным фондом вуза. В процессе консультации с преподавателем уметь четко и корректно формулировать заданные вопросы. Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

## **АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины**

### **Основы теории надежности**

#### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является: дать представление о старении и восстановлении автомобиля и его элементов, а также основных законах теории надежности и причинах изменения качества автомобиля для оценки технического состояния и работоспособности.

Задачей изучения дисциплины является: дать представление о надежности, как основном показателе качества автомобиля; выявить причины изменения технического состояния и надежности автомобиля; дать представление о системе технической диагностики и ознакомить с методами и средствами диагностирования; ознакомить с методами сбора и обработки информации по надежности автомобиля.

#### **2. Структура дисциплины**

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: ЛК - 6 час; ЛР – 10 час; СР – 119 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часов, 4 зачетных единицы.

##### 2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1 - Основные понятия, определения, свойства и показатели надежности;
- 2 - Факторы, влияющие на надёжность;
- 3 - Научный аппарат надёжности;
- 4 - Диагностирование как метод контроля и обеспечения надёжности изделия при эксплуатации.

#### **3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-9 - способность к участию в составе коллектива исполнителей в проведении исследования и моделирования транспортных и транспортно-технологических процессов и их элементов способность использовать основы правовых знаний в различных сферах жизнедеятельности;

ПК-15 - владение знаниями технических условий и правил рациональной эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, причин и последствий прекращения их работоспособности.

ПК-20 - владение навыками планирования и проведения испытаний транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования на надежность

#### **4. Вид промежуточной аттестации: экзамен.**

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_ - 20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

---

Протокол заседания кафедры МиТ №\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,

И.о. заведующего кафедрой МиТ \_\_\_\_\_ Е.А. Слепенко

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов от «14» декабря 2015 года № 1470.

**для набора 2015 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413.

**для набора 2016 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «25» февраля 2016 г. № 128.

**для набора 2017 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125.

**для набора 2018 года** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «12» марта 2018 г. № 130.

**Программу составил (и):**

Мазур В.В., доцент кафедры МиТ

\_\_\_\_\_ (подпись)

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры МиТ

от «11» декабря 2018 г., протокол № 6

И.о. заведующего кафедрой МиТ

\_\_\_\_\_ Е.А. Слепенко

СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего выпускающей кафедрой МиТ

\_\_\_\_\_ Е.А. Слепенко

Директор библиотеки

\_\_\_\_\_ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией механического факультета

от « 14 » декабря 2018 г., протокол № 4.

Председатель методической комиссии факультета

\_\_\_\_\_ Г.Н. Плеханов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник

учебно-методического управления

\_\_\_\_\_ Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_