

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»  
Политехнический институт  
Кафедра автомобильного транспорта

## ТЕОРИЯ НАДЕЖНОСТИ И ОСНОВЫ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Учебный модуль по направлению подготовки  
23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов  
(уровень бакалавриат)

### Фонд оценочных средств

Принято на заседании Ученого Совета ИПТ  
Протокол № 17 от « 19 » сентября 2017 г.

Директор ИПТ

  
А. Н. Чадин  
« 11 »  2017 г.

Разработал  
Доцент кафедры АТ

  
И. И. Зубрицкас  
« 10 »  2017 г.

Принято на заседании каф. АТ  
Протокол № 1 от « 18 » сентября 2017 г.

  
А. Н. Чадин  
« 10 »  2017 г.

### Паспорт фонда оценочных средств

По учебному модулю «Теория надежности и основы работоспособности» по направлению подготовки 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов (уровень бакалавриат)

| № раздела дисциплины | ФОС – вид оценочного средства                                                                     | Контролируемые компетенции | Кол-во заданий (вопросов) |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Введение             |                                                                                                   |                            |                           |
| Раздел 1             | Опрос по теоретической части дисциплины<br>Контроль хода выполнения практических работ<br>Реферат | ПК - 14                    | 7                         |
| Раздел 2             |                                                                                                   |                            | 9                         |
| Раздел 3             |                                                                                                   |                            | 3                         |
| Раздел 4             |                                                                                                   |                            | 3                         |
| Аттестация (ДЗ)      | Вопросы к ДЗ                                                                                      |                            | 22                        |

Для оценки качества усвоения курса используются следующие **формы контроля**:

- **текущий**: контроль выполнения практических, аудиторных и домашних заданий, работы с литературой;
- **рубежный**: учет суммарных результатов по итогам текущего контроля за соответствующий период.
- **семестровый**: осуществляется посредством ДЗ.

### Характеристика оценочного средства

#### 1. Практические занятия

В рамках изучения учебной дисциплины на практических занятиях студент должен научиться решать задачи по основным законам распределения случайных величин. (нормальному, логарифмически-нормальному, экспоненциальному, распределению Вейбулла – Гнеденко.

- **Зубрицкас И.И., Лысухо П.В.** Теория надежности и основы работоспособности. УЭМ 1. Теория надежности: практикум. [Электронный ресурс]: Учебное пособие / НовГУ имени Ярослава Мудрого, - Великий Новгород, 2015. – 90 с. – Режим доступа: <https://novsu.bibliotech.ru/Account/LogOn>.

Примеры задач для практических занятий:

- Из наблюдений за партией двигателей и последующей обработки результатов получены значения  $l_{\text{ср}} = 200$  тыс. км и  $\sigma = 40$  тыс. км. Считается, что распределение отказов

подчиняется нормальному закону. Нарботки двигателей соответственно:  $l_1 = 100$  тыс. км,  $l_2 = 250$  тыс. км,  $l_3 = 300$  тыс. км. Определить показатели надежности: вероятность безотказной работы и вероятность отказа.

### Решение

Итак, требуется найти вероятность безотказной работы  $R(l_i)$ , вероятность отказа  $P(l_i)$ , где  $i = 1, 2, 3$ .

Для решения данной задачи воспользуемся формулой  $R(l_1) = 1 - P(l_1)$ , где  $P(l_1) = \Phi(z_1)$ . По формуле (3.16) получаем, что

$$z_1 = \frac{l_1 - \bar{l}}{\sigma} = \frac{100 - 200}{40} = -2,5$$

По таблице значений нормированной функции Лапласа  $\Phi(-2,5) = 0,006$  находим

$$P(l_1) = 1 - 0,006 = 0,994$$

В итоге получаем, что вероятность отказа

Если таблицы значений нормированной функции Лапласа нет, то можно воспользоваться связью функции Лапласа с нормированной функцией Лапласа:  $\Phi(-z) = 0,5 - \Phi(x)$ . Получим  $\Phi(-2,5) = 0,5 - 0,4938 = 0,0062$  тоже значение

$$R(l_2) = 1 - P(l_2) = 1 - \Phi(z_2)$$

$$1 - \Phi\left(\frac{l_2 - \bar{l}}{\sigma}\right) = 1 - \Phi\left(\frac{250 - 200}{40}\right) = 1 - \Phi(1,25) = 1 - 0,8944 = 0,1056$$

$$R(l_3) = 1 - P(l_3) = 1 - \Phi(z_3)$$

$$1 - \Phi\left(\frac{l_3 - \bar{l}}{\sigma}\right) = 1 - \Phi\left(\frac{300 - 200}{40}\right) = 1 - \Phi(1,5) = 1 - 0,9332 = 0,0668$$

$$P(l_1) = 0,0062 \quad P(l_2) = 0,8944 \quad P(l_3) = 0,9332$$

Ответ:

$$R(l_1) = 0,994 \quad R(l_2) = 0,1056 \quad R(l_3) = 0,0668$$

- Найти наработки:  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  при которых вероятность отказа  $P_1 = F(l_1) = 0,9$ ,  $P_2 = F(l_2) = 0,006$ ,  $P_3 = F(l_3) = 0,5$  соответственно. Считается, что распределение отказов подчиняется нормальному закону. Параметры распределения:  $l_{cp} = 200$  тыс. км;  $\sigma = 40$  тыс. км.

Решение

$$P(l_1) = \Phi(z_1) = 0.9$$

Так как  $z_1$ , то найдем из таблицы значений нормированной

$$z_1 = 1,29$$

функции Лапласа:

$$z_1 = \frac{l_1 - \bar{l}}{\sigma}$$

В свою очередь, откуда

$$l_1 = z_1 \sigma + \bar{l} = 1,29 \cdot 40 + 200 = 251,6 \text{ тыс.км.}$$

$$l_2 \quad l_3$$

Аналогично находим

$$P(l_2) = \Phi(z_2) = 0,006$$

, по таблице значений нормированной функции Лапласа

$$z_2 = -2,52 \quad l_2 = z_2 \sigma + \bar{l} = -2,52 \cdot 40 + 200 = 99,2$$

, тогда

тыс.км.

$$P(l_3) = \Phi(z_3) = 0,5$$

$$z_2 = 0$$

, по таблице значений нормированной функции Лапласа, тогда

$$l_3 = z_3 \sigma + \bar{l} = 0 \cdot 40 + 200 = 200$$

тыс.км.

Таблица – Параметры оценочного средства (практические занятия)

| Предел длительности контроля | 10 минут – защита практической задачи и ответы на вопросы                                                                                          |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Критерии оценки:             |                                                                                                                                                    |
| 7 – 10 баллов, если          | демонстрирует всестороннее и глубокое знание теоретического материала, не допускает неточностей и не испытывает трудностей при выполнении и защите |
| 4 – 6 баллов, если           | допускает неточности при выполнении и защите                                                                                                       |
| 1 – 3 балла, если            | испытывает трудности при выполнении и защите                                                                                                       |

## 2. Опрос

Опрос студентов проводится на каждом практическом занятии по разделам 1 – 4.

- **Зубрицкас И.И., Лысухо П.В.** Теория надежности и основы работоспособности. Курс лекций. [Электронный ресурс]: Учебное пособие / НовГУ имени Ярослава Мудрого, - Великий Новгород, 2017. – 88 с. – Режим доступа: <https://novsu.bibliotech.ru/Account/LogOn>

### Вопросы по разделам теоретического курса по дисциплине:

1. Теория надежности и основы работоспособности. Общие понятия и терминология;
2. Классификация отказов;
3. Долговечность;
4. Ремонтпригодность;
5. Сохраняемость;

6. Комплексные показатели надежности;
7. Выбор показателей надежности;
8. Основные понятия теории вероятностей;
9. Формула Бернулли;
10. Предельные теоремы, локальная и интегральная теоремы Муавра-Лапласа;
11. Случайные величины и их характеристики;
12. Виды случайных величин;
13. Задание дискретной и непрерывной случайной величины;
14. Числовые характеристики случайных величин;
15. Законы распределения случайных величин;
16. Элементы математической статистики;
17. Плотность распределения времени безотказной работы;
18. Интенсивность отказов;
19. Параметр потока отказов;
20. Требования к системе сбора и обработки информации о надежности;
21. Общие положения по организации сбора и обработки информации о надежности;
22. Организация работ по сбору и обработке информации о надежности.

#### **Вопросы по разделам для самостоятельной работы студентов:**

- **Зубрицкас И.И.** Теория надежности и основы работоспособности. УЭМ 1. Теория надежности: самостоятельная работа студентов. [Электронный ресурс]: Учебное пособие / НовГУ имени Ярослава Мудрого, - Великий Новгород, 2015. – 87 с. – Режим доступа: <https://novsu.bibliotech.ru/Account/LogOn>
  - **Зорин В. А.** Надежность механических систем : учеб. для вузов / В. А. Зорин. - М. : Инфра-М, 2015. - 378, [2] с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 375. - ISBN 978-5-16-010252-8. - ISBN 978-5-16-102158-3 : (в пер.);
  - **Долгин В. П.** Надежность технических систем : учеб. пособие для вузов / В. П. Долгин, А. О. Харченко ; Севастопол. гос. ун-т. - М. : Вузовский учебник : Инфра-М, 2015. - 165, [2] с. : ил. - (Вузовский учебник). - Библиогр.: с. 160-162. - ISBN 978-5-9558-0430-9. - ISBN 978-5-16-010840-7. - ISBN 978-5-16-102844-5 : (в пер.).
23. Проблема обеспечения работоспособности технических систем;
  24. Технический прогресс и надежность машин;
  25. История формирования и развития триботехники;
  26. Роль триботехники в системе обеспечения работоспособности машин;
  27. Трибоанализ технических систем;
  28. Причины снижения работоспособности машин в эксплуатации;
  29. Свойства рабочих поверхностей деталей машин;
  30. Параметры профиля рабочей поверхности детали;
  31. Вероятностные характеристики параметров профиля;
  32. Контакт рабочих поверхностей деталей сопряжения;
  33. Структура и физико-механические свойства материала поверхностного слоя детали;
  34. Основные положения теории трения, понятия и определения;
  35. Взаимодействие рабочих поверхностей деталей;
  36. Тепловые процессы, сопровождающие трение;
  37. Влияние смазочного материала на процесс трения;
  38. Факторы, определяющие характер трения;
  39. Изнашивание элементов машин;
  40. Общая закономерность изнашивания;
  41. Виды изнашивания;
  42. Абразивное изнашивание;

43. Усталостное изнашивание;
44. Изнашивание при заедании;
45. Коррозионно-механическое изнашивание;
46. Факторы, влияющие на характер и интенсивность изнашивания элементов машин;
47. Влияние смазочных материалов на работоспособность технических систем;
48. Назначение и классификация смазочных материалов;
49. Механизм смазочного действия масел;
50. Свойства жидких и пластичных смазочных материалов;
51. Требования, предъявляемые к маслам и пластичным смазочным материалам;
52. Изменение свойств жидких и пластичных смазочных материалов в процессе работы;
53. Формирование комплексного критерия оценки состояния элементов машин;
54. Восстановление эксплуатационных свойств масел;
55. Восстановление работоспособности машин с помощью масел;
56. Усталость материалов элементов машин;
57. Условия развития усталостных процессов;
58. Механизм усталостного разрушения материала;
59. Математическое описание процесса усталостного разрушения материала;
60. Расчет параметров усталости;
61. Оценка параметров усталости материала детали методами ускоренных испытаний;
62. Коррозионное разрушение деталей машин;
63. Классификация коррозионных процессов;
64. Механизм коррозионного разрушения материалов;
65. Влияние коррозионной среды на характер разрушения деталей;
66. Условия протекания коррозионных процессов;
67. Виды коррозионного разрушения деталей;
68. Факторы, влияющие на развитие коррозионных процессов, защиты элементов машин от коррозии;
69. Обеспечение работоспособности машин;
70. Понятия о работоспособности машин;
71. Планирование показателей надежности машин;
72. Программа обеспечения надежности машин;
73. Жизненный цикл машин;
74. Оценка работоспособности элементов машин;
75. Представление результатов трибоанализа элементов машин;
76. Определение показателей работоспособности элементов машин;
77. Модели оптимизации долговечности машин;
78. Работоспособность основных элементов технических систем;
79. Работоспособность силовой установки;
80. Работоспособность элементов трансмиссии;
81. Работоспособность элементов ходовой части;
82. Работоспособность электрооборудования машин;
83. Методика определения оптимальной долговечности машин.

Таблица – Параметры оценочного средства (опрос)

| Предел длительности контроля                       | 10 минут                         |
|----------------------------------------------------|----------------------------------|
| Предлагаемое количество вопросов из одного раздела | 1                                |
| Критерии оценки:                                   |                                  |
| 7 – 10 баллов, если                                | дан правильный ответ на 90-100 % |
| 4 – 6 баллов, если                                 | дан правильный ответ на 70-80 %  |
| 1 – 3 балла, если                                  | дан правильный ответ на 50-69%   |

### 3. Реферат

- **Зубрицкас И.И.** Теория надежности и основы работоспособности. УЭМ 1. Теория надежности: самостоятельная работа студентов. [Электронный ресурс]: Учебное пособие / НовГУ имени Ярослава Мудрого, - Великий Новгород, 2015. – 87 с. – Режим доступа: <https://novsu.bibliotech.ru/Account/LogOn>

Примерная тематика рефератов:

- Система сбора и обработки информации;
- Определение числа объектов наблюдений;
- Методы оценки аномальности результатов наблюдений;
- Критерий оценки аномальности результатов наблюдений при неизвестном генеральном среднем квадратическом отклонении и неизвестном генеральном среднем;
- Критерий оценки аномальности результатов наблюдений при известном генеральном среднем квадратическом отклонении и неизвестном генеральном среднем;
- Критерий оценки аномальности результатов наблюдений при известном генеральном среднем квадратическом отклонении и известном генеральном среднем;
- Критерий оценки аномальности результатов наблюдений по модулю их отклонения от среднего;
- Обработка результатов наблюдений по многим выборкам;
- Методы проверки согласия опытного распределения значений параметра технического состояния с теоретическим;
- Критерий Колмогорова;
- Специальный критерий  $W$  для малых объемов выборки;
- Методы обработки малых выборок;
- Методы проверки случайного процесса на стационарность;
- Метод определения информативности диагностических параметров;
- Метод определения достоверности диагностической информации и оценки вероятностных ошибок диагностирования;
- Методы определения предельно-допустимых значений параметров технического состояния автомобилей;
- Методы определения вида закона изменения параметров технического состояния автомобилей;
- Методы принятия решения в условиях дефицита информации;
- Априорное ранжирование;
- Применение метода Дельфи при выработке решений.

Таблица – Параметры оценочного средства (Реферат)

| Предел длительности контроля                       | 10 минут                         |
|----------------------------------------------------|----------------------------------|
| Предлагаемое количество вопросов из одного раздела | 1                                |
| Критерии оценки:                                   |                                  |
| 12 – 20 баллов, если                               | дан правильный ответ на 90-100 % |
| 6 – 11 баллов, если                                | дан правильный ответ на 70-80 %  |
| 1 – 5 балла, если                                  | дан правильный ответ на 50-69%   |

#### 4. Дифференцированный зачет

Для ДЗ предлагается **один** вопрос. В качестве вопросов используются вопросы из раздела «Опрос».

Критерии оценивания ДЗ:

- Качество выполнения практических работ – **20** баллов максимум;

Критерии оценки ответа на теоретический вопрос – **10** баллов максимум:

- уверенное владение терминологией – **2** баллов максимум;
- глубина знаний по теме вопроса – **2** баллов максимум;
- полнота ответа – **2** баллов максимум;
- логическая связность – **2** баллов максимум;
- аргументированность ответа – **2** баллов максимум;

Таблица – Параметры оценочного средства (ДЗ)

| Предел длительности контроля      | 50 минут – подготовка                                                 |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|                                   | 20 минут – ответы на вопросы                                          |
| Предлагаемое количество вопросов: | 1                                                                     |
| Критерии оценки:                  |                                                                       |
| <b>26 – 30</b> баллов, если       | демонстрирует всестороннее и глубокое знание теоретического материала |
| <b>17 – 25</b> баллов, если       | допускает неточности при ответе на теоретические вопросы              |
| <b>8 – 16</b> баллов, если        | испытывает трудности при ответе на теоретические вопросы              |