

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Степанов Павел Иванович

Должность: Руководитель

Дата подписания: 27.02.2024 10:19:58

Уникальный программный ключ:

8c65c591e26b2d8e460927740cf752622aa3b295

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ)

**НОВОУРАЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

ОДОБРЕН

Ученым советом НТИ НИЯУ МИФИ

Протокол № 1 от 30.01.2024 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине

**«Основы надежности технических систем»**

Направление подготовки	<i>15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств</i>
Профиль подготовки	<i>Технология машиностроения</i>
Квалификация (степень) выпускника	<i>Бакалавр</i>
Форма обучения	<i>Очная, очно-заочная</i>

Новоуральск 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Паспорт фонда оценочных средств .....	3
1.1. Область применения .....	3
1.2. Контролируемые компетенции .....	3
2. Программа оценивания контролируемых компетенций .....	5
2.1. Оценочные средства результатов обучения .....	5
2.2. Критерии и шкала оценивания .....	5
3. Материалы, необходимые для оценки результатов обучения .....	7
3.1. Темы практических работ .....	7
3.2. Вопросы для подготовки к зачёту: .....	9
3.3. Задачи к зачету по дисциплине .....	10

## 1. Паспорт фонда оценочных средств

### 1.1. Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) предназначен для контроля и оценки образовательных достижений студентов, освоивших программу учебной дисциплины «Основы надежности технических систем». Содержит контрольные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, а также методические материалы, характеризующие показатели и критерии оценивания результатов обучения.

ФОС разработан на основе положений основной образовательной программы 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профиля подготовки «Технология машиностроения» (квалификация (степень) «бакалавр») и рабочей программы учебной дисциплины «Основы надежности технических систем».

### 1.2. Контролируемые компетенции

В соответствии с образовательной программой подготовки бакалавров по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль подготовки «Технология машиностроения») в результате изучения дисциплины «Основы надежности технических систем» обучающийся должен овладеть следующими результатами освоения ООП.

Компетенции	Требования профессионального стандарта	Планируемые результаты по компетенциям с учетом требований ПС
ПК-7. Способен участвовать в приемке и освоении вводимых в эксплуатацию средств и систем машиностроительных производств		<b>Знать:</b> З1 – Основные термины, определения, критерии и показатели надежности элементов и систем.

Компетенции	Требования профессионального стандарта	Планируемые результаты по компетенциям с учетом требований ПС
<p>ПК-8.1. Способен участвовать в проведении работ по обеспечению и контролю технического обслуживания и ремонта механического оборудования машиностроительных производств и объектов атомной отрасли</p>		<p>32 – Основные математические методы расчета и анализа надежности.</p> <p>33 – Методы сбора, анализа статистической обработки информации о надежности.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>У1 – Рассчитывать количественные показатели надежности элементов и систем.</p> <p>У2 – Проводить сбор и статистическую обработку данных об отказах.</p> <p>У3 – Определять вероятность появления отказа, используя график функции плотности вероятности распределения отказов во времени.</p> <p>У4 – Определять среднюю наработку до отказа.</p> <p>У5 – Определять безотказность сложных систем, состоящих из последовательно и параллельно соединенных элементов, в т.ч. с резервированием.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>В1 – Методикой построения эмпирических и теоретических функций распределения вероятностей срока службы объектов.</p> <p>В2 – Методологией корреляционного и регрессионного анализов при исследовании зависимостей факторов, влияющих на надежность.</p>
<p>В34. Формирование профессиональной ответственности, этики и культуры проектировщика изделий машиностроения и технологических процессов их изготовления</p>		

## 2. Программа оценивания контролируемых компетенций

### 2.1. Оценочные средства результатов обучения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Результат	Наименование оценочного средства	Текущий	Итоговый
				Баллы max (min)	
<b>7 семестр</b>					<b>Зачет</b>
1	Основные понятия надежности	31, 32, 33,  У1, У2, У3, У4, У5,  В1, В2			60 (36)
2	Количественные показатели безотказности				
3	Показатели надежности				
4	Характеристики безотказности				
5	Математические модели теории надежности		Практическая работа №1	10 (6)	
6	Нормальный закон распределения наработки до отказа		Практическая работа №2	10 (6)	
7	Законы распределения наработки до отказа		Практическая работа №3	10 (6)	
8	Надежность сложных систем		Практическая работа №4	10 (6)	
9	Использование законов распределения в расчетах надежности				
<b>Итого</b>				<b>40 (24)</b>	<b>100 (60)</b>

### 2.2. Критерии и шкала оценивания

Для оценки достижений студента используется рейтинговая система оценок. Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в

рамках текущего и промежуточного контроля, и выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 5- балльной шкале	Сумма баллов по дисциплине	Оценка (ECTS)	Градация
5 <i>отлично</i>	90-100	A	<i>Отлично</i> – блестящие результаты с незначительными недочётами
4 <i>хорошо</i>	85-89	B	<i>Очень хорошо</i> – выше среднего уровня, с некоторыми недочётами
	75-84	C	<i>Хорошо</i> – в целом серьезная работа, но с рядом замечаний
	70-74	D	<i>Удовлетворительно</i> – неплохо, однако имеются серьезные недочёты
65-69			
3 <i>удовлетворительно</i>	60-64	E	<i>Посредственно</i> – результаты удовлетворяют минимальным требованиям (проходной балл)
2 <i>неудовлетворительно</i>	Ниже 60	F	<i>Неудовлетворительно</i> – требуется выполнение значительного объёма работы (либо повтор курса в установленном порядке, либо основание для отчисления)

#### Критерии оценки практической работы:

- балл 10 выставляется студенту, если сформированы необходимые практические навыки, правильно решено задание, все этапы выполнены максимально качественно.
- балл 8 выставляется студенту, если необходимые практические навыки в основном сформированы, правильно решено задание, все этапы расчёта выполнены с качеством, близким к максимальному.
- балл 6 выставляется студенту, если некоторые практические навыки сформированы недостаточно, задание решено, все этапы выполнены, ни одно из них не оценено минимально, имеются ошибки.
- ниже 6 баллов выставляется студенту, если практические навыки не сформированы, задание содержит множество ошибок.

### 3. Материалы, необходимые для оценки результатов обучения

#### 3.1. Темы практических работ

##### **ПР1 – Использование «вероятностной бумаги» для определения параметров распределения и прогноз надежности**

При испытании 10 образцов материала на разрыв получены значения  $F_n$  (кН), где  $n = 10$ . Наименьшее из  $F_n$  положено в основу при определении допустимого напряжения. При проектировании изделия из этого материала конструктор взял запас прочности 1,2. Какова вероятность безотказной работы изделия?

Для определения основных параметров распределения воспользоваться вероятностной бумагой. Значения, полученные графически, сравнить с аналитическими и сделать заключение о точности построения графика распределения.

##### **ПР2 – Прогноз надежности при нормальном распределении случайной величины наработки до отказа**

###### **Задание №1**

Средний срок службы изделия  $T_{ср}$ , коэффициент вариации срока службы  $\beta$ . Распределение изделий по сроку службы считается нормальным. Какова вероятность, что изделие будет работать в течение времени  $T$ ?

###### **Задание №2**

Средняя прочность стержней  $N_{ср}$ , среднее квадратичное отклонение от среднего значения  $\sigma$ . Распределение стержней по прочности можно считать нормальным. Какова вероятность, что стержень выдержит нагрузку  $N$ ?

##### **ПР3 – Определение вероятности безотказной работы при испытаниях по схеме Нагрузка – Прочность**

Образцы имеют прочность  $F_{нр}^{сп}$  и вариацию прочности  $\beta_{нр}$ . Им предстоит работать при нагрузке  $F_n^{сп}$  и вариации нагрузки  $\beta_n$ . Какова надежность?

##### **ПР4 – Корреляционный анализ испытаний образцов**

Какую нагрузку необходимо дать на материал, чтобы: а) время его службы было не менее 100 часов; б) удлинение образца не превысило 10 мм? (Уровень доверия принять равным 95%)

- испытываемый материал: Al; - вид нагружения: растяжение; - температура образца указана в таблице условий.

T = 100 °C			
№	σ, кг/мм <sup>2</sup>	a	б
		lgτ, ч	lgε, мм
1	2,188	6,324	-7,528
2	2,234	5,052	-6,341
3	2,291	4,321	-5,046
4	2,375	3,974	-4,659
5	2,482	3,728	-4,914
6	2,583	3,200	-4,274
7	2,691	2,486	-3,585
8	2,801	2,013	-3,008
9	2,989	1,672	-2,982
10	2,983	1,359	-2,996
11	3,206	0,749	-2,063
12	3,425	-0,445	-0,675
13	3,747	-1,411	0,193
14	3,892	-1,676	0,717

T = 200 °C			
№	σ, кг/мм <sup>2</sup>	a	б
		lgτ, ч	lgε, мм
1	1,284	6,746	-7,672
2	1,397	6,112	-7,010
3	1,685	4,618	-6,060
4	1,766	4,696	-5,552
5	1,799	4,700	-4,873
6	1,889	4,246	-5,398
7	1,777	3,520	-4,223
8	1,994	2,798	-3,288
9	1,876	2,367	-4,726
10	1,943	2,024	-4,488
11	2,073	2,349	-3,646
12	2,184	2,079	-3,382
13	2,296	1,801	-2,555
14	2,392	1,418	-2,569
15	2,430	1,057	-1,850
16	2,601	0,777	-1,729
17	2,936	-1,032	-0,451
18	3,028	-1,224	0,254
19	3,010	-1,589	0,086
20	3,284	-1,267	1,130
21	3,394	-1,710	1,029

T = 500 °C			
№	σ, кг/мм <sup>2</sup>	a	б
		lgτ, ч	lgε, мм
1	0,157	5,825	-7,724
2	0,156	5,606	-6,734
3	0,171	5,096	-6,298
4	0,205	4,938	-5,820
5	0,249	3,977	-4,811
6	0,301	3,686	-4,568
7	0,354	2,940	-3,442
8	0,404	3,011	-4,098
9	0,407	2,617	-3,013
10	0,507	2,345	-2,933
11	0,597	1,467	-1,958
12	0,703	1,205	-1,812
13	0,811	1,148	-1,858
14	1,100	0,560	-0,983
15	1,223	-0,448	-0,302
16	1,499	-0,475	-0,124
17	1,602	-1,446	0,853
18	1,701	-1,730	0,902
19	1,820	-1,948	1,060

T = 300 °C			
№	σ, кг/мм <sup>2</sup>	a	б
		lgτ, ч	lgε, мм
1	0,590	6,285	-5,397
2	0,669	5,296	-5,917
3	0,683	5,075	-6,123
4	0,784	4,944	-4,831
5	0,898	4,472	-5,034
6	1,184	3,867	-3,840
7	1,161	3,589	-4,164
8	1,281	3,424	-4,153
9	1,385	2,579	-3,579
10	1,474	2,155	-2,912
11	1,610	1,335	-2,901
12	1,508	1,480	-3,046
13	1,697	0,975	-2,356
14	1,795	0,888	-1,729
15	2,088	0,772	-1,218
16	2,184	0,055	-1,512

T = 400 °C			
№	σ, кг/мм <sup>2</sup>	a	б
		lgτ, ч	lgε, мм
1	0,220	6,451	-8,339
2	0,282	5,083	-6,300
3	0,375	4,400	-5,162
4	0,472	3,458	-4,761
5	0,496	4,036	-4,029
6	0,587	3,167	-3,910
7	0,825	2,515	-3,369
8	0,982	2,367	-2,849
9	0,989	2,108	-2,557
10	1,201	1,499	-2,841
11	0,990	1,661	-2,156
12	1,254	1,030	-1,688
13	1,317	1,105	-1,768
14	1,597	0,673	-1,323
15	1,768	0,081	-0,921
16	1,904	-0,729	-0,223

17	2,270	-0,484	-0,295
18	2,487	-0,906	-0,132
19	2,889	-1,740	1,211

17	2,046	-1,487	0,501
18	2,096	-1,007	0,824
19	2,121	-1,683	0,662
20	2,155	-1,498	1,034
21	0,581	2,916	-3,516
22	2,212	-2,042	0,864

### 3.2. Вопросы для подготовки к зачёту

1. Основные понятия и определения надежности.
2. Значение проблемы надежности для современной техники.
3. Классификация отказов и причины их возникновения.
4. Составляющие и экономическая целесообразность надежности.
5. Основные показатели надежности.
6. Количественные показатели безотказности. Статистические и вероятностные оценки.
7. Основные понятия теории вероятностей.
8. Основные правила теории вероятностей: теоремы сложения и умножения вероятностей, гипотеза Байеса (формула вероятностей гипотез).
9. Показатели безотказности: вероятность безотказной работы (статистическая оценка и вероятностное определение).
10. Показатели безотказности: плотность распределения отказов (статистическая оценка и вероятностное определение).
11. Показатели безотказности: интенсивность отказов (статистическая оценка и вероятностное определение).
12. Уравнение связи показателей надежности.
13. Числовые характеристики безотказности невосстанавливаемых объектов.
14. Общие понятия о моделях надежности.
15. Статистическая обработка результатов испытаний: постановка задачи, формирование статистического ряда.
16. Статистическая обработка результатов испытаний: расчет эмпирических функций.
17. Статистическая обработка результатов испытаний: расчет статистических оценок числовых характеристик.
18. Статистическая обработка результатов испытаний: выбор закона распределения, расчет критерия согласия.
19. «Вероятностная бумага»: построение и использование.
20. Нормальный закон распределения наработки до отказа. Нормированное распределение.
21. Экспоненциальное распределение наработки до отказа.
22. Логарифмически нормальное распределение наработки до отказа.
23. Гамма-распределение наработки до отказа.
24. Распределение Стьюдента и  $\chi^2(m)$ .
25. Испытания по схеме «Нагрузка – Прочность».
26. Испытания по схеме «Успех – Отказ».
27. Статистика многомерных зависимостей: уравнение регрессии, коэффициент корреляции, доверительные границы.
28. Классификация сложных систем и определение их надежности.
29. Виды резервирования, их характеристика и эффективность.

30. Постоянное резервирование систем.
31. Резервирование систем замещением.
32. Резервирование систем путем применения накопителей.
33. Физика отказов: законы изменения свойств материалов, виды взаимодействия процессов старения.
34. Физика отказов: классификация процессов старения.
35. Изнашивание: классификация, основные закономерности и составляющие процесса.
36. Методы повышения износостойкости машин.
37. Испытания на надежность: классификация видов и методов.
38. Испытания на надежность: объекты испытаний.
39. Ускоренные испытания на надежность.
40. Основные пути повышения надежности.

### 3.3. Задачи к зачету по дисциплине

#### Задание №1

По техническим требованиям размер детали  $51_{-1}^{+2}$  мм. Какова надежность технологии изготовления деталей, если при проверке были получены следующие величины размера деталей, мм:

52,38	49,98	48,89	54,02	51,62	50,84	55,11
52,00	48,15	52,76	53,16	50,43	56,93	51,24
49,48	54,52	55,84	53,57	47,07		

Какие мероприятия следует предпринять для повышения надежности технологии?

#### Задание №2

Срок службы ламп по ТУ не менее 20 часов. Выборочная проверка показала следующие результаты, ч:

22,77	17,71	7,12	39,62	56,62	13,66	20,09
5,58	25,88	29,53	11,89	104,05	15,59	8,66
46,60	72,35	33,39	3,88	10,23		

Какова надежность ламп?

#### Задание №3

Для строительства годятся доски длиной 2...3,5 м. Выборочная проверка показала, что имеются доски длиной, м:

3,13	2,87	3,67	2,61	4,04	3,00	1,72
3,25	3,38	2,48	4,64	2,75	2,16	3,84
4,28	3,52	1,36	1,96	2,33		

Какой процент досок надо закупить в запас, чтобы с 95% достоверностью закончить стройку?

#### Задание №4

Для балансировки железнодорожных колес в них высверливают отверстия на разном расстоянии от оси. Масса удаленного материала должна составлять  $9.5 \pm 1$  г. Пробные взвешивания стружки дали результаты, г:

9,75	10,85	9,25	8,73	11,57	9,50	6,94
10,01	10,27	8,45	12,79	8,99	7,82	11,18
12,06	10,55	6,21	7,43	8,15		

Какова надежность технологии балансировки?

#### Задание №5

Содержание связующего в пластике определяют по плотности. Нормальным считают материал с  $\rho=3,1 \pm 0,3$  кг/см<sup>3</sup>. Выборочные измерения показали результаты, кг/см<sup>3</sup>:

3,063	3,337	2,937	2,807	3,518	3,000	2,359
3,127	3,193	2,738	3,822	2,873	2,579	3,421
3,641	3,262	2,178	2,482	2,663		

Какой ожидается выход годной продукции?

#### Задание №6

Для спекания годятся порошки, у которых не менее 70% частиц имеют размер, не превышающий 20 мкм. Измерения размера частиц на электронном микроскопе показали, мкм:

21,39	28,14	18,86	16,57	33,72	20,09	10,58
22,80	24,35	15,45	45,71	17,70	13,19	30,19
38,12	26,11	8,82	11,96	14,34		

Возьмете ли такой порошок?

#### Задание №7

Для проверки отсутствия пустот в материале, полученном методами порошковой металлургии, измеряют его плотность. Годными считаются изделия с  $\rho=5,8$  кг/см<sup>3</sup>. Выборочные измерения дали результаты, кг/см<sup>3</sup>:

6,12	6,67	5,87	5,61	7,03	6,00	4,72
6,25	6,39	5,47	6,64	5,75	5,16	6,84
7,28	6,52	4,36	4,96	5,53		

Какой ожидать выход годной продукции?

#### Задание №8

Для строительства используется брус длиной 2,2...3,2 м. Выборочная проверка показала, что имеется брус длиной, м:

3,25	3,38	2,48	4,64	2,75	2,16	3,84
3,13	2,87	3,67	2,61	4,04	3,00	1,72
4,28	3,52	1,36	1,96	2,33		

Какой процент бруса надо закупить в запас, чтобы с 95% достоверностью закончить стройку?

#### Задание №9

По техническим требованиям диаметр детали 51<sup>+3</sup> мм. Какова надежность технологии изготовления деталей, если при проверке были получены следующие величины размера деталей, мм:

52,00	48,15	52,76	53,16	50,43	56,93	51,24
52,38	49,98	48,89	54,02	51,62	50,84	55,11
49,48	54,52	55,84	53,57	47,07		

Какие мероприятия следует предпринять для повышения надежности технологии?

#### Задание №10

Срок службы ламп по ТУ не менее 18 часов. Выборочная проверка показала следующие результаты, ч:

5,58	25,88	29,53	11,89	104,05	15,59	8,66
22,77	17,71	7,12	39,62	56,62	13,66	20,09
46,60	72,35	33,39	3,88	10,23		

Какова надежность ламп?

#### Задание №11

Для строительства годятся доски длиной 1,8...3,0 м. Выборочная проверка показала, что имеются доски длиной, м:

4,28	3,52	1,36	1,96	2,33	3,13	2,87
3,67	2,61	4,04	3,00	1,72	3,25	3,38
2,48	4,64	2,75	2,16	3,84		

Какой процент досок надо закупить в запас, чтобы с 90% достоверностью закончить стройку?

### Задание №12

Для балансировки маховиков в них высверливают отверстия на разном расстоянии от оси. Масса удаленного материала должна составлять  $9 \pm 1$  г. Пробные взвешивания стружки дали результаты, г:

9,75	10,85	9,25	8,73	11,57	9,50	6,94
10,01	10,27	8,45	12,79	8,99	7,82	11,18
12,06	10,55	6,21	7,43	8,15		

Какова надежность технологии балансировки?

### Задание №13

Содержание связующего в пластике определяют по плотности. Нормальным считают материал с  $\rho = 3,0 \pm 0,5$  кг/см<sup>3</sup>. Выборочные измерения показали результаты, кг/см<sup>3</sup>:

3,127	3,193	2,738	3,822	2,873	2,579	3,421
3,063	3,337	2,937	2,807	3,518	3,000	2,359
3,641	3,262	2,178	2,482	2,663		

Какой ожидается выход годной продукции?

### Задание №14

Для спекания годятся порошки, у которых не менее 60% частиц имеют размер, не превышающий 17 мкм. Измерения размера частиц на электронном микроскопе показали, мкм:

22,80	24,35	15,45	45,71	17,70	13,19	30,19
21,39	28,14	18,86	16,57	33,72	20,09	10,58
38,12	26,11	8,82	11,96	14,34		

Возьмете ли такой порошок?

### Задание №15

Для проверки отсутствия пустот в материале, полученном методами порошковой металлургии, измеряют его плотность. Годными считаются изделия с  $\rho = 5,6$  кг/см<sup>3</sup>. Выборочные измерения дали результаты, кг/см<sup>3</sup>:

6,25	6,39	5,47	6,64	5,75	5,16	6,84
6,12	6,67	5,87	5,61	7,03	6,00	4,72
7,28	6,52	4,36	4,96	5,53		

Какой ожидать выход годной продукции?

### Задание №16

Для строительства забора годятся доски длиной 2...4 м. Выборочная проверка показала, что имеются доски длиной, м:

4,28	3,52	1,36	1,96	2,33	3,25	3,38
2,48	4,64	2,75	2,16	3,84	3,13	2,87
3,67	2,61	4,04	3,00	1,72		

Какой процент досок надо закупить в запас, чтобы с 90% достоверностью закончить возведение забора?