

«

»

“ ”

“ ”

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Методы обработки результатов прочностного эксперимента**

: 15.03.03

: 2, : 4

		<b>4</b>
<b>1</b>	( )	3
<b>2</b>		108
<b>3</b>	, .	61
<b>4</b>	, .	36
<b>5</b>	, .	0
<b>6</b>	, .	18
<b>7</b>	, .	0
<b>8</b>	, .	2
<b>9</b>	, .	5
<b>10</b>	, .	47
<b>11</b>	( , , )	
<b>12</b>		

( ): 15.03.03

220 12.03.2015 ., : 16.04.2015 .

: 1, ,

( ): 15.03.03

, 5/1 20.06.2017

, 5 21.06.2017

:

, . . . . .

:

, . . . . .

:

. . .

# 1.

1.1

<b>Компетенция ФГОС: ОПК.3</b> способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
2.	,
<b>Компетенция ФГОС: ОПК.5</b> умением обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
1.	,
2.	
3.	
<b>Компетенция ФГОС: ПК.5</b> способность составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
3.	,
<b>Компетенция ФГОС: ПК.8</b> готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
2.	
<b>Компетенция НГТУ: ПК.33.В/РЭ</b> готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
6.	

## 2.

2.1

		(	
		,	
		,	
		)	
<b>.3. 2</b>		,	
1.уметь планировать и организовывать простейшие эксперименты, обрабатывать и анализировать полученные результаты			;
<b>.5. 1</b>		,	
2.уметь проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать полученные результаты			;
<b>.5. 2</b>			
3.уметь представлять результаты экспериментальных исследований			;
<b>.5. 3</b>			
4.уметь обрабатывать данные экспериментальных исследований			;
<b>.5. 3</b>		,	
-			

5.знать методы обработки и анализа результатов, полученных в процессе научно-экспериментальных исследований	;	;
<b>.8. 2</b>		
6.знать основные виды экспериментального исследования НДС авиаконструкций	;	;
<b>.33. / . 6</b>		
7.уметь проводить статистическую обработку экспериментальных данных	;	;

**3.**

3.1

	,	.	
<b>: 4</b>			
:			
1.	0	4	5
:			
2.	0	2	5
3.	0	2	5
4.	0	2	5
:			
5.	0	6	4, 5, 7
6.	0	6	4, 5, 7
:			
7.	0	4	5, 6, 7



<p>4  , 2013. - 83,  : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000181911  [ ]:  , [2014]. -  : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185604. -</p>				
5		1, 2, 3, 4	10	2
<p>[ ]:  , [2014]. -  : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185604. -  4  , [2014]. -  : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000181911</p>				

**5.**

( . 5.1).

5.1

	e-mail; ;
	e-mail; ;

**6.**

( ),

15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

<b>: 4</b>		
<i>Лекция:</i> Посещение лекций (не более одного пропуска)	5	10
<i>Лабораторная:</i>	15	30
<i>РГЗ:</i> Статистическая обработка данных	20	40
<p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185604. - [ ]:  , [2014]. -</p>		
<i>Зачет:</i> Все темы курса	10	20
<p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185604. - [ ]:  , [2014]. -</p>		

.3	2.	+	
.5	1.	+	
	2.	+	+
	3.	+	
.5	3.	+	+
.8	2.	+	+
	.33. / 6.	+	

1

## 7.

1. Письменный Д. Т. Конспект лекций по высшей математике : полный курс / Дмитрий Письменный. - М., 2008. - 602, [1] с. : ил., табл.

2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для вузов / В. Е. Гмурман. - М., 2008. - 478, [1] с. : ил.

1. Спиридонов И.Н. Автоматизированная обработка экспериментальных данных [Электронный ресурс]: учебное пособие/ И.Н. Спиридонов— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2009.— 40 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30906.html>.— ЭБС «IPRbooks»

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

5. :

## 8.

8.1

1. Статистические методы и надежность технических систем : методические указания для 4 курса ФЛА дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. А. Поздеев]. - Новосибирск, 2013. - 83, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000181911](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000181911)

2. Поздеев А. А. Статистические методы и надежность технических систем [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. А. Поздеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000185604](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185604). - Загл. с экрана.

## 8.2

1 MATLAB

2 Microsoft Office

## 9.

-

1	( - , , )	

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФЛА  
д.т.н., профессор С.Д. Саленко  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ \_\_\_\_ г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Методы обработки результатов прочностного эксперимента**

Образовательная программа: 15.03.03 Прикладная механика, профиль: Динамика и прочность

### 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Методы обработки результатов прочностного эксперимента приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.3 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат	у2. уметь планировать и организовывать простейшие эксперименты, обрабатывать и анализировать полученные результаты	Статистическая обработка экспериментальных данных	РГЗ, "Статистическая обработка"	
ОПК.5 умением обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований	у1. уметь проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать полученные результаты	Статистическая обработка экспериментальных данных	РГЗ, "Статистическая обработка"	
ОПК.5	у2. уметь представлять результаты экспериментальных исследований	Статистическая обработка экспериментальных данных	РГЗ, "Статистическая обработка"	Зачет, вопросы 1-31
ОПК.5	у3. уметь обрабатывать данные экспериментальных исследований	Метод максимального правдоподобия. Доверительные интервалы. Проверка гипотез о типе распределения. Основные понятия мат. статистики: выборка, вариационный ряд, мода, относительная частота, статистическое распределение, интервальный ряд, гистограмма, эмпирическая функция распределения. Статистическая обработка экспериментальных данных	РГЗ, "Статистическая обработка"	
ПК.33.В/РЭ готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и	уб. уметь проводить статистическую обработку экспериментальных данных	Корреляционная функция случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Спектральные представления случайных процессов. Соотношения Винера-Хинчина. Многомерные случайные процессы. Стационарные и стационарно связанные случайные процессы, их спектральное представление.	РГЗ, "Статистическая обработка"	

<p>технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям</p>		<p>Метод максимального правдоподобия. Доверительные интервалы. Проверка гипотез о типе распределения. Основные понятия мат. статистики: выборка, вариационный ряд, мода, относительная частота, статистическое распределение, интервальный ряд, гистограмма, эмпирическая функция распределения. Понятие случайной функции. Классификация случайных функций. Методы описания случайных функций. Свойства функций распределения, согласованность распределений. Числовые характеристики случайных процессов. Процессы с независимыми приращениями. Марковские цепи. Уравнение Маркова. Диффузионные марковские процессы. Уравнения Колмогорова. Понятие эргодического случайного процесса: в широком и узком смысле. Графы эргодических процессов. Стационарные случайные процессы. Статистическая обработка экспериментальных данных</p>		
<p>ПК.5/НИ способность составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации</p>	<p>з3. знать методы обработки и анализа результатов, полученных в процессе научно-экспериментальных исследований</p>	<p>Корреляционная функция случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Спектральные представления случайных процессов. Соотношения Винера-Хинчина. Многомерные случайные процессы. Стационарные и стационарно связанные случайные процессы, их спектральное представление. Метод максимального правдоподобия. Доверительные интервалы. Проверка гипотез о типе распределения. Основные понятия мат. статистики: выборка, вариационный ряд, мода, относительная частота, статистическое распределение, интервальный ряд, гистограмма, эмпирическая функция распределения. Понятие надежности. Безотказность, долговечность, ремонтпригодность. Классификация отказов. Показатели безотказности и долговечности. Резервирование. Типы резервирования. Оценка</p>	<p>РГЗ, "Статистическая обработка"</p>	<p>Зачет, вопросы 1-31</p>

		<p>показателей надежности по результатам испытаний. Планы испытаний. Понятие случайной функции. Классификация случайных функций. Методы описания случайных функций. Свойства функций распределения, согласованность распределений. Числовые характеристики случайных процессов. Процессы с независимыми приращениями. Марковские цепи. Уравнение Маркова. Диффузионные марковские процессы. Уравнения Колмогорова. Понятие эргодического случайного процесса: в широком и узком смысле. Графы эргодических процессов. Стационарные случайные процессы. Системы случайных величин. Ковариация, корреляционный момент. Регрессия. Линейная регрессия. Статистическая обработка экспериментальных данных Теория случайных событий: несовместные случайные события, невозможные, достоверные, определение вероятности случайного события, условная вероятность, независимость случайных событий, формула полной вероятности, формула Байеса, схема повторных испытаний. Понятие случайной величины. Функция распределения. Плотность распределения. Основные законы распределения теории вероятностей. Числовые характеристики.</p>		
<p>ПК.8/РЭ готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового</p>	<p>з2. знать основные виды экспериментального исследования НДС авиаконструкций</p>	<p>Корреляционная функция случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Спектральные представления случайных процессов. Соотношения Винера-Хинчина. Многомерные случайные процессы. Стационарные и стационарно связанные случайные процессы, их спектральное представление. Понятие случайной функции. Классификация случайных функций. Методы описания случайных функций. Свойства функций распределения, согласованность распределений. Числовые характеристики случайных процессов. Процессы с независимыми</p>	<p>РГЗ, "Статистическая обработка"</p>	<p>Зачет, вопросы 1-31</p>

уровня		приращениями. Марковские цепи. Уравнение Маркова. Диффузионные марковские процессы. Уравнения Колмогорова. Понятие эргодического случайного процесса: в широком и узком смысле. Графы эргодических процессов. Стационарные случайные процессы. Статистическая обработка экспериментальных данных		
--------	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.3, ОПК.5, ПК.33.В/РЭ, ПК.5/НИ, ПК.8/РЭ.

Зачет проводится в устной форме, по вопросам, приведенным в паспорте зачета.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (РГЗ). Требования к выполнению РГЗ, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.3, ОПК.5, ПК.33.В/РЭ, ПК.5/НИ, ПК.8/РЭ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### Общая характеристика уровней освоения компетенций.

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

## Паспорт зачета

по дисциплине «Методы обработки результатов прочностного эксперимента», 8 семестр

### 1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме по вопросам, список которых приведен ниже. В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) и задачи на понимание этих вопросов.

### 2. Критерии оценки

- Ответ на вопрос считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 10 баллов*.
- Ответ на вопрос засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *10-12 баллов*.
- Ответ на вопрос засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *13-18 баллов*.
- Ответ на вопрос засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при проведении сравнительного анализа подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *более 19-20 баллов*.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. **Вопросы к зачету по дисциплине «Методы обработки результатов прочностного эксперимента»**

**Теория вероятностей**

1. **Функция распределения и ее свойства.**
2. **Функция плотности вероятности и ее свойства.**
3. **Числовые характеристики случайных величин.**
4. **Квантили. Обратная функция распределения. Доверительный интервал.**
5. **Дискретные распределения: биномиальное, Пуассона.**
6. **Равномерное распределение.**
7. **Экспоненциальное распределение.**
8. **Нормальное распределение. Сравнение с нормальным распределением**

**Математическая статистика**

9. **Вариационный ряд и его характеристики.**
10. **Статистический ряд распределения. Полигон частот и относительных частот.**
11. **Статистический ряд и основные выборочные числовые характеристики**
12. **Точечные оценки математического ожидания, дисперсии и стандартного отклонения.**
13. **Теоремы об оценках.**
14. **Эмпирическая функция распределения.**
15. **Интервальный ряд.**
16. **Гистограмма.**
17. **Проверка гипотез.**
18. **Метод максимального правдоподобия (ММП).**
19. **Критерий согласия "хи-квадрат" (Пирсона).**

**Теория надежности**

20. **Общие определения теории надёжности. Функция надёжности.**
21. **Теоретические показатели надёжности.**
22. **Статистические показатели надёжности.**

**Случайные процессы**

23. **Основные понятия случайных процессов.**
24. **Математическое ожидание случайного процесса**
25. **Дисперсия случайного процесса**
26. **Корреляционная функция. Нормированная корреляционная функция.**
27. **Взаимная корреляционная функция.**
28. **Стационарный случайный процесс.**
29. **Спектральное разложение стационарного случайного процесса.**
30. **Спектральная плотность.**
31. **Марковские случайные процессы.**

## Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Методы обработки результатов прочностного эксперимента», 8 семестр

### 1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны решить задания в соответствии с методическими указаниями.

Обязательные структурные части РГЗ:

- Титульный лист
- Задание
- Решение, теоретическое обоснование решения
- Выводы

Оцениваемые позиции:

- Правильность решения
- Подробность теоретического обоснования
- Аккуратность и грамотность выполнения работы

### 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ, решение формальное, студент не продемонстрировал знание основных определений, оценка составляет менее 0,5 максимального балла, указанного в БРС (табл. 6.1).
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ выполнены формально: задачи решены с отдельными недочетами, оценка составляет менее 0,6 максимального балла.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, имеются отдельные недочеты в решении, нет достаточного теоретического обоснования оценка составляет менее 0,8 максимального балла.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все задачи решены, оформление отчета соответствует требованиям, продемонстрировано понимание необходимого теоретического материала, оценка составляет 0,8 максимального балла или более.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Примерный перечень тем РГЗ

По данным, полученным экспериментально, определить тип распределения. Вычислить статистические и теоретические показатели надёжности для двух моментов и двух интервалов времени:  $[t_1, t_1 + \Delta t_1]$ ,  $[t_2, t_2 + \Delta t_2]$ ,  $t_2 > t_1$ . Сравнить полученные теоретические и статистические показатели надёжности.

Первая часть выполнения задания: расчет статистических показателей надёжности.

1. Импортировать файлы с данными, в которых содержатся моменты отказов технической системы (выборки разного объёма из одной и той же генеральной совокупности).
2. Преобразовать выборку в вариационный ряд, вычислить его характеристики (первичная обработка экспериментальных данных).
3. Определить по вариационному ряду моменты времени и интервалы  $[t_1, t_1 + \Delta t_1]$  и  $[t_2, t_2 + \Delta t_2]$ :  $t_1$  – на расстоянии  $1/3$  размаха вариационного ряда;  $t_2$  –  $2/3$  размаха; интервалы  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$  выбираются из такого расчёта, чтобы в них попадало не менее 5 элементов выборки.
4. Найти по каждой выборке для двух интервалов по времени:
  - $n(t)$  (число изделий, не отказавших на момент времени  $t$ );
  - $N$  (число изделий, поставленных на испытания);
  - $\Delta n(t)$  (число отказов на интервале  $[t, t + \Delta t]$ ).
5. Вычислить статистические показатели надёжности для двух интервалов по времени (для каждой выборки).
6. Сравнить показатели надёжности для разных моментов времени.

Вторая часть выполнения задания: проверка гипотезы о типе распределения и расчет теоретических показателей надёжности.

1. Найти несмещённые оценки основных числовых характеристик по выборке.
2. Построить эмпирические функции распределения и плотности. Сравнить эмпирические функции распределения и плотности с теоретическими функциями распределения и плотности нормального распределения; вычислить коэффициенты асимметрии и эксцесса; проверить с помощью стандартных процедур гипотезу о нормальности распределения.

3. Сравнить графики эмпирических функций с графиками теоретических функций других известных типов распределений. Сделать предположение о типе распределения: в качестве гипотетических рассматривать распределения, описание которых можно найти в методических указаниях.
4. Найти оценки параметров распределения с помощью метода максимального правдоподобия. Найти доверительные интервалы для параметров распределения, выбрать значения параметров из доверительных интервалов. Выдвинуть гипотезу о типе распределения и его параметрах.
5. Проверить гипотезу о типе распределения с помощью критериев согласия  $\chi^2$  (хи-квадрат) и Колмогорова-Смирнова.
6. Сделать вывод о типе распределения.
7. Вычислить теоретические показатели надёжности. Результаты представить в виде сводной таблицы показателей надёжности:

	Статистические				Теоретические	
	$V_1$		$V_2$		$t_1$	$t_2$
Объём выборки	$t_1$	$t_2$	$t_1$	$t_2$		
Момент времени						
Надёжность						
Вероятность отказа						
Интенсивность отказа						
Среднее время безотказной работы						

8. Сравнить вычисленные статистические и теоретические показатели надёжности.