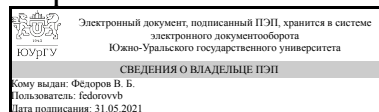


УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Аэрокосмический



В. Б. Фёдоров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** Б.1.43 Планирование эксперимента и методы обработки результатов для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

**уровень** специалист **тип программы** Специалитет

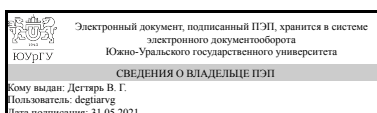
**специализация** Ракетные транспортные системы

**форма обучения** очная

**кафедра-разработчик** Летательные аппараты

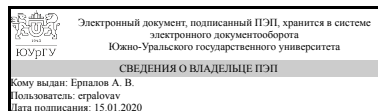
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 01.12.2016 № 1517

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



А. В. Ерпалов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: дать основные сведения о методах планирования экспериментальных исследований (испытаний) машин и механизмов, а также выработать навыки обработки экспериментально полученных данных, заложить базу для дальнейшего самостоятельного изучения этой проблемы. Задачи дисциплины: 1. Выработка навыков по определению точности проводимых экспериментальных исследований 2. Умение первичной обработки экспериментальных данных 3. Проведение анализа результатов экспериментов 4. Планирование эксперимента

## Краткое содержание дисциплины

В результате изучения дисциплины обучающиеся приобретают теоретические и практические знания в области планирования эксперимента (выбор факторов влияния, проведение полного факторного эксперимента), а так же знания в области первичной обработки данных экспериментов (основы графического и аналитического представления результатов, оценка погрешностей измерений) и их анализ (дисперсионный, корреляционный).

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-24 способностью планировать проведение эксперимента, разрабатывать техническое задание и программу проведения экспериментальных работ	Знать: методы проведения экспериментальных исследований.
	Уметь: выбирать режимы проведения испытаний.
	Владеть: методами обработки результатов экспериментов.
ПК-28 способностью сравнивать результаты экспериментов и теоретических расчетов, делать необходимые выводы и проводить верификацию математических моделей изделия для прогнозирования возможных нештатных ситуаций при его эксплуатации	Знать: методики обработки результатов эксперимента.
	Уметь: обрабатывать результаты эксперимента.
	Владеть:

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.39 Математическое моделирование систем ракетно-космической техники, В.1.07 Теория вероятностей и математическая статистика	Б.1.47 Проектно-конструкторская подготовка производства ЛА

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Б.1.39 Математическое моделирование систем	Знать: методы математического моделирования

ракетно-космической техники	систем. Уметь: использовать методы математического моделирования систем на практике.
В.1.07 Теория вероятностей и математическая статистика	Уметь: проводить статистическую обработку данных. Владеть: методами анализа данных на законы распределения

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		10	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	8	8	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	40	40	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	60	60	
Подготовка к практическим занятиям	20	20	
Проработка лекционного материала	20	20	
Подготовка к зачету	20	20	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Общие сведения о видах и погрешностях измерений. Краткие сведения из теории вероятности и математической статистики	2	2	0	0
2	Методы оценки случайных погрешностей равноточных измерений различного вида	18	2	16	0
3	Обработка экспериментальных зависимостей	10	2	8	0
4	Основные методы анализа экспериментальных результатов	6	0	6	0
5	Основы планирования эксперимента	12	2	10	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Эксперимент. Виды и погрешности измерений. Краткие сведения из теории вероятности и математической статистики	2
2	2	Методы оценки случайных погрешностей равноточных измерений различного вида	2
3	3	Обработка экспериментальных зависимостей. Получение аналитических	2

		зависимостей	
5	5	Общие положения теории планирования эксперимента	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Случайные погрешности прямых многократных измерений. Нормальное распределение случайной величины. Истинное значение и погрешность измеряемой физической величины. Распределение Стьюдента. Случайная погрешность многократных измерений (выводы)	6
2	2	Погрешность однократных измерений. Равномерное распределение случайных величин	4
3	2	Совместный учет случайной ошибки многократных и однократных измерений. Погрешность прямых равноточных измерений (выводы)	2
4	2	Ошибки косвенных измерений	4
4	3	Аналитические методы получения параметров функциональной зависимости. Способ средней. Метод наименьших квадратов	4
5	3	Графический метод получения параметров аналитической зависимости. Линеаризация функциональных зависимостей.	4
6	4	Дисперсионный анализ	2
7	4	Корреляционный анализ	2
8	4	Проверка случайности и независимости результатов измерений в выборке	2
9	5	Априорное ранжирование факторов	2
10	5	Выбор факторов, уровней их ранжирования и нулевой точки	2
11	5	Полный факторный эксперимент	4
12	5	Планирование эксперимента при отыскании экстремальной области	2

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Подготовка к зачету	Основная и дополнительная литература	20
Проработка лекционного материала	Основная и дополнительная литература	20
Подготовка к практическим занятиям	Основная и дополнительная литература	20

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Использование проблемно-ориентированного междисциплинарного подхода к изучению наук	Практические занятия и семинары	Широкое применение данных и разработок по темам дисциплины	10

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

### 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

#### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНЫ	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Общие сведения о видах и погрешностях измерений. Краткие сведения из теории вероятности и математической статистики	ПК-24 способностью планировать проведение эксперимента, разрабатывать техническое задание и программу проведения экспериментальных работ	Письменный опрос	Список контрольных вопросов-1
Методы оценки случайных погрешностей равноточных измерений различного вида	ПК-28 способностью сравнивать результаты экспериментов и теоретических расчетов, делать необходимые выводы и проводить верификацию математических моделей изделия для прогнозирования возможных нештатных ситуаций при его эксплуатации	Письменный опрос	Список контрольных вопросов-2
Обработка экспериментальных зависимостей	ПК-28 способностью сравнивать результаты экспериментов и теоретических расчетов, делать необходимые выводы и проводить верификацию математических моделей изделия для прогнозирования возможных нештатных ситуаций при его эксплуатации	Письменный опрос	Список контрольных вопросов-3
Основные методы анализа экспериментальных результатов	ПК-28 способностью сравнивать результаты экспериментов и теоретических расчетов, делать необходимые выводы и проводить верификацию математических моделей изделия для прогнозирования возможных нештатных ситуаций при его эксплуатации	Решение задачи	Задачи 1 и 2
Основы планирования эксперимента	ПК-24 способностью планировать проведение эксперимента, разрабатывать техническое задание и программу проведения экспериментальных работ	Решение задачи	Задачи 3 и 4
Все разделы	ПК-24 способностью планировать проведение эксперимента, разрабатывать техническое задание и программу проведения	зачет	Список контрольный вопросов для зачета

## 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Письменный опрос	<p>Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 1 вопрос из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос - 15 минут При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 2. Весовой коэффициент мероприятия – 0,1.</p>	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %                      Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>
Решение задачи	<p>Решение задач осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. Решение задач должно быть выполнено и оформлено в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Критерии начисления баллов (Задачи 1-3): - последовательное описание решения задачи, алгоритм решения задачи правильный, ошибка в расчетах - 1 балл - последовательное описание решения задачи, расчеты выполнены верно - 2 балла - работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 2. Весовой коэффициент мероприятия (за каждую задачу) – 0,1. Критерии начисления баллов (Задача 4): - последовательное описание решения задачи, алгоритм решения задачи правильный, ошибка в расчетах - 1 балл - последовательное описание решения задачи, расчеты выполнены верно - 2 балла - работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 2. Весовой коэффициент мероприятия – 0,2.</p>	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %                      Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>
зачет	<p>На зачете происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) В случае недостаточного рейтинга обучающегося предлагается получения дополнительных баллов за промежуточное испытание, которые включает письменный ответ на контрольные вопросы по всем разделам курса. Студенту задаются 2 вопроса из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос - 15 минут При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос</p>	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %                      Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>

	соответствует 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 4. Весовой коэффициент мероприятия – 0,25.	
--	---	--

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Письменный опрос	<p>Вопросы по 1 разделу (список контрольных вопросов-1):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виды и погрешности измерений</li> <li>2. Понятие случайной величины. Математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратическое отклонение. Плотность распределения</li> </ol> <p>Вопросы по 2 разделу (список контрольных вопросов-1):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Алгоритм оценки случайной погрешности многократных измерений</li> <li>2. Алгоритм оценки погрешности однократных измерений</li> <li>3. Алгоритм оценки ошибки косвенных измерений</li> </ol> <p>Вопросы по 3 разделу (список контрольных вопросов-1):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Графические методы получения аналитических зависимостей (2 способа)</li> <li>2. «Способ средней» для определения параметров функциональной зависимости</li> <li>3. Метод наименьших квадратов для определения параметров функциональной зависимости</li> </ol>
Решение задачи	2 задание.PNG; 4 задание.jpg; 1 задание.PNG; 3 задание.jpg; Текст к заданиям.txt
зачет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виды измерений (с пояснением каждого)</li> <li>2. Виды погрешностей измерений (с пояснением каждого)</li> <li>3. Понятие случайной величины. Математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратическое отклонение. Плотность распределения.</li> <li>4. Нормальный закон распределения, закон распределения Стьюдента</li> <li>5. Алгоритм оценки случайной погрешности при прямых многократных измерениях</li> <li>6. Алгоритм оценки погрешности однократных измерений</li> <li>7. Алгоритм оценки погрешность прямых равноточных измерений (комплексный учет погрешностей многократных и однократных измерений)</li> <li>8. Алгоритм оценки ошибок косвенных измерений</li> <li>9. Графические методы получения аналитических зависимостей (2 метода)</li> <li>10. Основные принципы линеаризации функциональных зависимостей</li> <li>11. «Способ средней» для определения параметров функциональной зависимости</li> <li>12. Метод наименьших квадратов для определения параметров функциональной зависимости</li> <li>13. Дисперсионных анализ (назначение, алгоритм выполнения)</li> <li>14. Расчет коэффициента корреляции (назначение, алгоритм расчета)</li> <li>15. Алгоритм проверки случайности и независимости результатов измерений в выборке</li> <li>16. Априорное ранжирование факторов (назначение, алгоритм выполнения)</li> <li>17. Основные принципы планирования эксперимента. Модель «черный ящик»</li> <li>18. Выбор факторов, уровней их варьирования и нулевой точки при планировании эксперимента</li> <li>19. Полный факторный эксперимент. Общие сведения. Алгоритм планирования эксперимента</li> </ol>

### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Левшина, Е. С. Электрические измерения физических величин: Измерительные преобразователи Учеб. пособие для вузов. - Л.: Энергоатомиздат, 1983. - 320 с. ил.
2. Грановский, В. А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. - Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1990. - 287,[1] с. ил.
3. Степнов, М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний Справ. М. Н. Степнов, А. В. Шаврин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Машиностроение, 2005. - 399 с. ил.
4. Степнов, М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний Справочник. - М.: Машиностроение, 1985. - 231 с. ил.

*б) дополнительная литература:*

1. Бастль, В. Измерения в промышленности Кн. 1 Теоретические основы Справочник: В 3 кн. Под ред. П. Профоса; Пер. с нем. под ред. Д. И. Агейкина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Metallurgiya, 1990. - 491 с. ил.
2. Бастль, В. Измерения в промышленности Кн. 2 Способы измерения и аппаратура Справочник: В 3 кн. Под ред. П. Профоса; Пер. с нем. под ред. Д. И. Агейкина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Metallurgiya, 1990. - 383 с. ил.
3. Бастль, В. Измерения в промышленности Кн. 3 Способы измерения и аппаратура Справочник: В 3 кн. Под ред. П. Профоса; Пер. с нем. под ред. Д. И. Агейкина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Metallurgiya, 1990. - 343 с. ил.
4. Шевцов, Е. К. Электрические измерения в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1989. - 166,[1] с. ил.
5. Хейфец, М. И. Обработка результатов испытаний: Алгоритмы, номограммы, таблицы. - М.: Машиностроение, 1988. - 168 с. ил.
6. Борисов, В. И. Общая методология конструирования машин. - М.: Машиностроение, 1978. - 120 с. Ил.
7. Хилл, П. Наука и искусство проектирования: Методы проектирования, научное обоснование решений Под ред. В. Ф. Венды; Пер. с англ. Е. Г. Коваленко. - М.: Мир, 1973. - 262, [1] с. ил.

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

1. «Измерительная техника». М.: ИПК. Изд-во стандартов. ISSN 0368-1025.

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Евстигнеев, С.Л. Основы экспериментальных исследований машин и механизмов: учебное пособие. / С.Л. Евстигнеев, С.П. Масленников. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*



2. Евстигнеев, С.Л. Основы экспериментальных исследований машин и механизмов: учебное пособие. / С.Л. Евстигнеев, С.П.Масленников. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Голованов, А.Н. Планирование эксперимента. Учебное пособие. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Томск : ТГУ, 2011. — 76 с.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный

### 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

### 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	010 (2)	Электро-динамическая испытательная установка