

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 Юнаков Л. П.
 (подпись) ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПЛАНИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ КА И ИХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

Направление/специальность подготовки	24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование и конструкция космических аппаратов
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А3 КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А3 КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	9	4	144	34	0	0	34	110	0	0	110	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика

год набора группы: 2023

Программу составил:

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Ходосов Владимир Викторович, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПЛАНИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ
КА И ИХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — способность самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте

ОПК-5 — способность использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, включая управление проектами создания новых образцов техники и утилизации устаревших

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

знания:

понятий о множестве неконтролируемых факторов в процессе испытаний, приводящих к погрешности измерений и требующих учета при планировании эксперимента;

способов составления математических моделей поиска и принятия решений, методы рационализации планов эксперимента;

умения:

составлять математические модели, позволяющие проводить идентификацию объекта и поиск оптимальных решений;;

навыки:

владеть методами статистического исследования полученных результатов, методами составления и анализа моделей функционирования.

ОПК-5

знания:

понятий о множестве неконтролируемых факторов в процессе испытаний, приводящих к погрешности измерений и требующих учета при планировании эксперимента;

способов составления математических моделей поиска и принятия решений, методы рационализации планов эксперимента;

умения:

понятий о множестве неконтролируемых факторов в процессе испытаний, приводящих к погрешности измерений и требующих учета при планировании эксперимента;

способов составления математических моделей поиска и принятия решений, методы рационализации планов эксперимента;

навыки:

владеть методами статистического исследования полученных результатов, методами составления и анализа моделей функционирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПЛАНИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ КА И ИХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания физико-математической подготовки бакалавра и служит основой для освоения дисциплин: **НАЗЕМНАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ИХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ**

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Практические занятия		ОПК-1	ОПК-5
5	9	Раздел 1. Статистический анализ результатов экспериментов. Виды погрешностей преобразования сигналов. Проверка статистических гипотез. Выявление грубых ошибок. Точечные и интервальные оценки. Метод наименьших квадратов. Погрешности косвенных измерений. Основы регрессионного и дисперсионного анализа.	66	16	16	50	50	50
5	9	Раздел 2. Планирование эксперимента. Методы рационализации однофакторного эксперимента. Планирование многофакторного эксперимента. Кодирование факторов, составление плана, оценка однородности результатов, определение коэффициентов модели, проверка адекватности модели. Планирование эксперимента для поиска оптимальных условий. Поиск области оптимума; градиентные методы, симплекс-методы. Описание области: композиционные планы.	46	12	12	34	40	40
5	9	Раздел 3. Анализ результатов эксперимента. Оценка однородности результатов, определение коэффициентов модели и оценка их значимости, проверка адекватности модели.	32	6	6	26	10	10
Всего за 9 семестр			144	34	34	110	100	100
Всего по дисциплине			144	34	34	110	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Статистический анализ результатов экспериментов.	Описание сигнала с помощью полиномов Лагранжа и Чебышева с расчетом погрешности интерполирования	5
2		Статистическая оценка наличия «грубой» ошибки.	5
3		Проверка статистических гипотез о подтверждении экспериментальных данных расчетного значения; о равенстве результатов измерений, проведенных разными группами; об однородности (воспроизводимости) измерений.	4
4		Построение гистограммы; проверка статистической гипотезы о форме закона распределения.	2
5	Раздел 2. Планирование эксперимента.	Составление плана однофакторного эксперимента с использованием полинома Чебышева и рандомизации	4
6		Составление моделей и планов полного и дробного экспериментов. Анализ результатов факторного эксперимента: выявление выбросов, оценка однородности модели. Расчет коэффициентов модели факторного плана, определение коэффициентов модели с натуральными факторами.	4
7		Поиск области оптимума градиентным методом; построение модели идентификации области оптимума и формирование композиционного плана; расчет коэффициентов оптимизационной модели	4
8	Раздел 3. Анализ результатов эксперимента.	Расчет коэффициентов модели планов 2к и оценка их значимости; расчет коэффициентов оптимизационной модели и оценка их значимости; проверка адекватности модели.	6
Всего за 9 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Статистический анализ результатов экспериментов.	Подготовка к практическим занятиям	15

2		Подготовка к контрольной работе	20
3		Подготовка к лекциям	15
4	Раздел 2. Планирование эксперимента.	Подготовка к лекциям	17
5		Подготовка к практическим занятиям	17
6	Раздел 3. Анализ результатов эксперимента.	Подготовка к практическим занятиям	26
Всего за 9 семестр			110

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9				ТекК		ДР		Контр.Р.		ДР		ТекК				ДР	ТекК

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Контр.Р. – контрольная работа.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- контрольная работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Баранов. . Оценка погрешностей измерения при испытаниях ракетно-космической техники. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 41 экз.
2. А. А. Баранов. . Планирование и проведение экспериментального исследования. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
3. Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
4. С. В. Бочкарёв, Н. Н. Васильева, А. Л. Галиновский. . Планирование и обработка результатов эксперимента. Старый Оскол: ТНТ, 2020, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <https://urait.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Практические занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ПЛАНИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ КА И ИХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 способность самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте;
ОПК-5 способность использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, включая управление проектами создания новых образцов техники и утилизации устаревших.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с экспериментальным обеспечением процесса исследований. Рассматривается концепция многофакторного эксперимента: кодирование факторов, составление плана, оценка однородности результатов, определение коэффициентов модели, проверка адекватности модели. Также изучаются наиболее эффективные стратегии получения оптимальных результатов: градиентные методы, симплекс-методы и др., применение композиционных планов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- контрольная работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч**. Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**110 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 110 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Статистический анализ результатов экспериментов.		
Подготовка к практическим занятиям	С. В. Бочкарёв, Н. Н. Васильева, А. Л. Галиновский. . Планирование и обработка результатов эксперимента: Старый Оскол: ТНТ, 2020 (9) А. А. Баранов. . Оценка погрешностей измерения при испытаниях ракетно-космической техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (4) Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: Москва: Юрайт, 2020 (2) А. А. Баранов. . Планирование и проведение экспериментального исследования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1)	15
Подготовка к контрольной работе		20
Подготовка к лекциям		15
Итого по разделу 1		50
Раздел 2. Планирование эксперимента.		
Подготовка к лекциям	А. А. Баранов. . Планирование и проведение экспериментального исследования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2)	17
Подготовка к практическим занятиям		17
Итого по разделу 2		34
Раздел 3. Анализ результатов эксперимента.		
Подготовка к практическим занятиям	А. А. Баранов. . Планирование и проведение экспериментального исследования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3)	26
Итого по разделу 3		26

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- контрольная работа;
- вопросы для текущего контроля;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Контрольная работа

Решение всех задач, правильные численные результаты, аккуратное и грамотное оформление – «отлично»;
Решение 3-х задач, аккуратное и грамотное оформление – «хорошо»;
Наличие ошибок в численных результатах – «удовлетворительно»;
Неправильный ход решения, неверные численные результаты – «неудовлетворительно».
Задачи входят в состав УМК дисциплины.

Вопросы для текущего контроля

Ответы на три вопроса:

- три правильных ответа - "отлично"
- два правильных ответа - "хорошо"
- один правильный ответ - "удовлетворительно"

Вопросы входят в состав УМК дисциплины

Экзамен

Допуском к сдаче экзамена является выполнение всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий рабочей программы дисциплины. Экзамен проводится в форме устных ответов на вопросы экзаменационного билета.

Оценка за экзамен выставляется по результатам ответов на вопросы билета:

«отлично» - при полных ответах на экзаменационные и дополнительные вопросы,
«хорошо» - при наличии несущественных ошибок в ответах на экзаменационные и дополнительные вопросы,
«удовлетворительно» - при наличии существенных ошибок в ответах, которые были исправлены после наводящих вопросов,
«неудовлетворительно» - при наличии существенных ошибок в ответах, которые обучающийся не смог исправить после наводящих вопросов.

Перечень вопросов к экзамену содержится в УМК дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Практические занятия		ОПК-1	ОПК-5	
5	9	Раздел 1. Статистический анализ результатов экспериментов.	66	16	16	50	50	50	Контрольная работа
5	9	Раздел 2. Планирование эксперимента.	46	12	12	34	40	40	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 3. Анализ результатов эксперимента.	32	6	6	26	10	10	Вопросы для текущего контроля
Всего за 9 семестр			144	34	34	110	100	100	
Всего по дисциплине			144	34	34	110	100	100	