


УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

  
Юнаев Л. П.  
(подпись) ФИО  
«31» 05 2022

## 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                        | БА32 Информационные космические системы (ИСС Решетнева) |
| Кафедра-разработчик рабочей программы      | АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ                     |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ<br>(ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) |                    |        |                           |                         |                        |                 |                 |                               | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО<br>КОНТРОЛЯ |
|------|---------|---|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
|      |         |   | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ              | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ |        |                           |                         | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА |                 |                 |                               |                                |
|      |         |   |                                 | ВСЕГО              | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ<br>ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ<br>ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО                  | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ<br>САМОСТ. РАБОТЫ |                                |
| 5    | 9       | 3                                       | 108                             | 34                 | 17     | 0                         | 17                      | 74                     | 0               | 0               | 74                            | зач.                           |

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

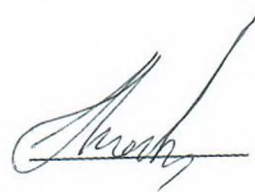
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

### 24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика

год набора группы: 2022

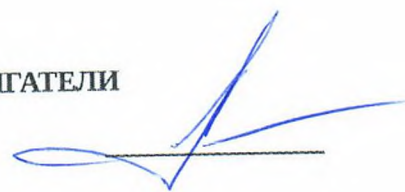
Программу составил:

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ  
Матвеев Николай Константинович, старший преподаватель



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

**БА32 Информационные космические системы(ИСС Решетнева)**

Заведующий кафедрой Тестоедов Н.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

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:*

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

*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: **МАТСТАТИСТИКА ПРИ ИСПЫТАНИИ РКТ, НАЗЕМНАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ИХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ**

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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                                 | Лекции | Практические занятия |                                  | ОПК-1                      |
| 5                          | 9       | <b>Раздел 1. Статистический анализ результатов экспериментов.</b> 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.  | 56    | 16                                    | 8      | 8                    | 40                               | 50                         |
| 5                          | 9       | <b>Раздел 2. Планирование эксперимента.</b> 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. | 36    | 12                                    | 6      | 6                    | 24                               | 40                         |
| 5                          | 9       | <b>Раздел 3. Анализ результатов эксперимента.</b> Оценка однородности результатов, определение коэффициентов модели и оценка их значимости, проверка адекватности модели.  | 16    | 6                                     | 3      | 3                    | 10                               | 10                         |
| <b>Всего за 9 семестр</b>  |         |  | 108   | 34                                    | 17     | 17                   | 74                               | 100                        |
| <b>Всего по дисциплине</b> |         |  | 108   | 34                                    | 17     | 17                   | 74                               | 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  | 2                 |
| 2                         |  | Статистическая оценка наличия «грубой» ошибки.  | 2                 |
| 3                         |  | Проверка статистических гипотез о подтверждении экспериментальных данных расчетного значения; о равенстве результатов измерений, проведенных разными группами; об однородности (воспроизводимости) измерений.   | 2                 |
| 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   | 2                 |
| 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. | 2                 |
| 7                         |  | Поиск области оптимума градиентным методом; построение модели идентификации области оптимума и формирование композиционного плана; расчет коэффициентов оптимизационной модели  | 2                 |
| 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.   | 3                 |
| <b>Всего за 9 семестр</b> |  |   | 17                |

#### 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    | 10        |
| 3                         |  | Подготовка к лекциям               | 15        |
| 4                         | Раздел 2. Планирование эксперимента.       | Подготовка к лекциям               | 12        |
| 5                         |  | Подготовка к практическим занятиям | 12        |
| 6                         | Раздел 3. Анализ результатов эксперимента. | Подготовка к практическим занятиям | 10        |
| <b>Всего за 9 семестр</b> |  |                                    | <b>74</b> |

#### 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, зач. |

Условные обозначения:

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

**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:

- зачет.

## 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»;
- <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](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. Лекционные занятия:**

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

### **6.2. Практические занятия:**

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

### **6.3. 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.

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:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 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<br>работы                                     | Рекомендуемая литература   | Трудоемкость,<br>час. |
|--|--|-----------------------|
| Раздел 1. Статистический анализ результатов экспериментов. |  |                       |
| Подготовка к<br>практическим<br>занятиям                   | А. А. Баранов. . Оценка погрешностей измерения при испытаниях ракетно-космической техники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (4)   | 15                    |
| Подготовка к<br>контрольной<br>работе                      | Н. И. Сидняев. . Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: Москва: Юрайт, 2020 (2)<br>А. А. Баранов. . Планирование и проведение экспериментального исследования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1) | 10                    |
| Подготовка к<br>лекциям                                    | С. В. Бочкарёв, Н. Н. Васильева, А. Л. Галиновский. . Планирование и обработка результатов эксперимента: Старый Оскол: ТНТ, 2020 (9)   | 15                    |
| Итого по разделу 1   |  | 40                    |
| Раздел 2. Планирование эксперимента.                       |  |                       |
| Подготовка к<br>лекциям                                    | А. А. Баранов. . Планирование и проведение экспериментального исследования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2)  | 12                    |
| Подготовка к<br>практическим<br>занятиям                   |  | 12                    |
| Итого по разделу 2   |  | 24                    |
| Раздел 3. Анализ результатов эксперимента.                 |  |                       |
| Подготовка к<br>практическим<br>занятиям                   | А. А. Баранов. . Планирование и проведение экспериментального исследования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3)  | 10                    |
| Итого по разделу 3   |  | 10                    |

## **ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

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

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

### **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

#### **Зачет**

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Оценка за зачет может быть поставлена по результатам выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий.

Паспорт фонда оценочных средств

| КУРС                | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц               | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме |        |                      | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % |                               | НАИМЕНОВАНИЕ<br>ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА |
|---------------------|---------|--|-------|---------------------------------------|--------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
|                     |         |  |       | ВСЕГО                                 | Лекции | Практические занятия |                                  | ОПК-1                      |                               |                                     |
| 5                   | 9       | Раздел 1. Статистический анализ результатов экспериментов. | 56    | 16                                    | 8      | 8                    | 40                               | 50                         | Контрольная работа            |                                     |
| 5                   | 9       | Раздел 2. Планирование эксперимента.                       | 36    | 12                                    | 6      | 6                    | 24                               | 40                         | Вопросы для текущего контроля |                                     |
| 5                   | 9       | Раздел 3. Анализ результатов эксперимента.                 | 16    | 6                                     | 3      | 3                    | 10                               | 10                         | Вопросы для текущего контроля |                                     |
| Всего за 9 семестр  |         |  | 108   | 34                                    | 17     | 17                   | 74                               | 100                        |                               |                                     |
| Всего по дисциплине |         |  | 108   | 34                                    | 17     | 17                   | 74                               | 100                        |                               |                                     |