


УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование жидкостных ракетных двигателей
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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	10	3	108	68	34	0	34	40	0	0	40	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ

Русина Алена Андреевна, старший преподаватель



Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.

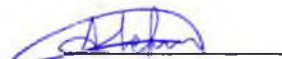


Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.



# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

### **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-4 — способность осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов авиационной и ракетно-космической техники
ПСК-4 — способность проводить работы по обработке, анализу результатов экспериментальных исследований, испытаний ракетных двигателей и их элементов
УК-1 — способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК-2 — способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ОПК-4**

*знания:*

знание принципов создания систем оценки состояния, идентификации параметров;

*умения:*

умение работать с функцией риска;

*навыки:*

расчета пороговых значений технических состояний с учетом ограничений.

## **ПСК-4**

*знания:*

знание принципов построения математических моделей реальных сложных технических систем и ограничений на них, различий модели и объекта;

*умения:*

умение принимать решение о допустимости дальнейшей эксплуатации объекта с точки зрения оценки функции риска, стоимости пропуска дефекта и ложной тревоги;

*навыки:*

навык работы с функцией риска, принятия решения в байесовской логике, при минимаксном подходе, при методе минимального числа ошибочных решений и минимальном риске.

## **УК-1**

*знания:*

на основе системного анализа знание принципов построения и структуры моделей систем мониторинга и контроля, налагаемым требованиям к априорной информации, измерениям, процедурам принятия решений;

*умения:*

умение читать представление систем в виде графа состояний;

*навыки:*

навык использования современных информационных технологий в задачах распознавания в вероятностной постановке, в пространстве параметров.

## **УК-2**

*знания:*

знание принципов построения и функционирования систем оценки состояний и параметров организационно-технических систем;

*умения:*

умение оценки последствий принятых решений;

*навыки:*

навык работы с математическими моделями сложных технических систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

### 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-4	ПСК-4	УК-1	УК-2
5	10	Раздел 1. Постановка задачи оценки состояния и параметров СТС. Введение. Понятие системы и модели системы, этапы идентификации. Структура задачи технического контроля.	18	12	8	4	6	10	15	20	20
5	10	Раздел 2. Постановка задачи распознавания состояния СТС. Методы распознавания в вероятностной постановке, в пространстве параметров.	42	32	8	24	10	50	25	20	20
5	10	Раздел 3. Теория графов в задачах оценки состояния. Граф-модели и основы теории марковских процессов. Граф диагностирования состояния СТС.	12	4	4	0	8	15	20	10	20
5	10	Раздел 4. Идентификация состояния СТС. Постановка задачи идентификации, классификация методов идентификации. Типовая схема наблюдения при идентификации объекта. Реализация процедуры оценивания разомкнутого типа и на основе настраиваемой модели.	10	4	4	0	6	10	20	25	20
5	10	Раздел 5. Метод наименьших квадратов. Метод наименьших квадратов, матричный, скалярный алгоритм.	18	12	6	6	6	10	10	15	10
5	10	Раздел 6. Фильтр Калмана. Задача оптимального оценивания и фильтрации, алгоритм Калмана.	8	4	4	0	4	5	10	10	10
Всего за 10 семестр			108	68	34	34	40	100	100	100	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	100	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Постановка задачи оценки состояния и параметров СТС.	Жидкостные ракетные двигатели как объект функционального диагностирования	4
2	Раздел 2. Постановка задачи распознавания состояния СТС.	Решение задачи о состоянии ДУ различными методами распознавания: Метод Байеса Метод минимального риска Метод минимального числа ошибочных решений Метод максимального правдоподобия Метод минимакса	8
3		Штатная СФД ЖРД (Энергомаш)	6
4		Создание модели системы	10
5	Раздел 5. Метод наименьших квадратов.	Построение линейной, квадратичной зависимости различными способами	6
Всего за 10 семестр			34

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Постановка задачи оценки состояния и параметров СТС.	Проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе и конспекту.	6
2	Раздел 2. Постановка задачи распознавания состояния СТС.	Проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе и конспекту.	10
3	Раздел 3. Теория графов в задачах оценки состояния.	Проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе и конспекту.	8

4	Раздел 4. Идентификация состояния СТС.	Проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе и конспекту.	6
5	Раздел 5. Метод наименьших квадратов.	Проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе и конспекту. Самостоятельное решение задач	6
6	Раздел 6. Фильтр Калмана.	Проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе и конспекту.	4
<b>Всего за 10 семестр</b>			<b>40</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
<b>10</b>				Вопр. Экз		ДР			ЗДЧ, Вопр. Экз	ДР						ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- ЗДЧ – задачи.

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

- диагностическая работа;
- вопросы к экзамену;
- задачи.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Васильев, И. Н. Мельникова. . Методы прикладного анализа результатов натурных измерений в окружающей среде. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, эл. рес.
2. В. Г. Пименов. . Численные методы. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
3. В. Ю. Шишмарёв. . Диагностика и надёжность автоматизированных систем. М.: Академия, 2013, 8 экз.
4. И. Л. Петрова, А. В. Клочков, Н. Е. Баранов. . Стохастическая фильтрация в задачах динамики полёта. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 37 экз.
5. М. О. Асанов, В. А. Баранский, В. В. Расин. . Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы. СПб.: Лань, 2010, 8 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. И. А. Биргер. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978, 0 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

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

### 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:**

1. Проектор.

### **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 **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-4 способность осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов авиационной и ракетно-космической техники;

ПСК-4 способность проводить работы по обработке, анализу результатов экспериментальных исследований, испытаний ракетных двигателей и их элементов;

УК-1 способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

УК-2 способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с задачами контроля технического состояния сложной технической системы, качеством моделей систем мониторинга и контроля, требованиям к ним, а также математической постановкой задач распознавания состояния, идентификации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы к экзамену;
- задачи.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 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.
<b>Раздел 1. Постановка задачи оценки состояния и параметров СТС.</b>		
Проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе и конспекту.	А. В. Васильев, И. Н. Мельникова. . Методы прикладного анализа результатов натурных измерений в окружающей среде: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (1)	6
Итого по разделу 1		6
<b>Раздел 2. Постановка задачи распознавания состояния СТС.</b>		
Проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе и конспекту.	И. А. Биргер. Техническая диагностика: М.: Машиностроение, 1978 (1-5)	10
Итого по разделу 2		10
<b>Раздел 3. Теория графов в задачах оценки состояния.</b>		
Проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе и конспекту.	М. О. Асанов, В. А. Баранский, В. В. Расин. . Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы: СПб.: Лань, 2010 (1-2)	8
Итого по разделу 3		8
<b>Раздел 4. Идентификация состояния СТС.</b>		
Проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе и конспекту.	В. Ю. Шишмарёв. . Диагностика и надёжность автоматизированных систем: М.: Академия, 2013 (10)	6
Итого по разделу 4		6
<b>Раздел 5. Метод наименьших квадратов.</b>		
Проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе и конспекту. Самостоятельное решение задач	В. Г. Пименов. . Численные методы: Москва: Юрайт, 2020 (4)	6
Итого по разделу 5		6
<b>Раздел 6. Фильтр Калмана.</b>		
Проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе и конспекту.	И. Л. Петрова, А. В. Клочков, Н. Е. Баранов. . Стохастическая фильтрация в задачах динамики полёта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (5)	4
Итого по разделу 6		4

## **ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

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

- диагностическая работа
- вопросы к экзамену;
- задачи;
- 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.

#### **Вопросы к экзамену**

Содержат теоретические тестовые задачи и задачи.

Вопросы и типовые задачи представлены в УМК дисциплины.

#### **Задачи**

Оценивается правильность решения задачи и ход решения.

Типовые задачи представлены в УМК дисциплины.

#### **Экзамен**

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.

Для получения оценок "хорошо" и "отлично" проводится экзамен в виде теста, включающего в себя теоретические вопросы и задачи. Максимум за тест - 2 балла, которые суммируются к минимальной положительной оценке.

Допуском к тесту является успешное прохождение текущего контроля успеваемости.

Вопросы и задачи представлены в УМК по дисциплине.

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	Лекции	Практические занятия		ОПК-4	ПСК-4	УК-1	УК-2	
5	10	Раздел 1. Постановка задачи оценки состояния и параметров СТС.	18	12	8	4	6	10	15	20	20	Вопросы к экзамену
5	10	Раздел 2. Постановка задачи распознавания состояния СТС.	42	32	8	24	10	50	25	20	20	Вопросы к экзамену, Задачи
5	10	Раздел 3. Теория графов в задачах оценки состояния.	12	4	4	0	8	15	20	10	20	Вопросы к экзамену
5	10	Раздел 4. Идентификация состояния СТС.	10	4	4	0	6	10	20	25	20	Вопросы к экзамену
5	10	Раздел 5. Метод наименьших квадратов.	18	12	6	6	6	10	10	15	10	Вопросы к экзамену, Задачи
5	10	Раздел 6. Фильтр Калмана.	8	4	4	0	4	5	10	10	10	Вопросы к экзамену
Всего за 10 семестр			108	68	34	34	40	100	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	100	100	100	