

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Левихин А.А.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Направление/специальность подготовки	27.05.01 Специальные организационно-технические системы
Специализация/профиль/программа подготовки	Внешнее проектирование и эффективность авиационных и ракетных организационно-технических систем
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

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	
4	8	4	144	51	17	0	34	93	0	0	93	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**27.05.01 Специальные организационно-технические системы**

год набора группы: 2025

Программу составили:

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

Бородавкин Вячеслав Александрович, д.т.н., доцент, заведующий  
кафедрой

\_\_\_\_\_

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

Зыков Сергей Александрович, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

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

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

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

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

### **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-3 — Способен самостоятельно решать задачи управления в специальных организационно-технических системах на базе последних достижений науки и техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-3**

*знания:*

методы и алгоритмы оценки и обработки информации, идентификации параметров специальных ОТС и их подсистем;

*умения:*

создавать и анализировать математические модели функционирования специальных ОТС и их подсистем;

*навыки:*

определение состояния и оценки параметров работы специальных ОТС и их подсистем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 27.05.01 *Специальные организационно-технические системы*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ЯЗЫКЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ, ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе приобретенных знаний
- ОПК-2 — Способен формулировать задачи управления в специальных организационно-технических системах и обосновывать методы их решения
- ОПК-3 — Способен самостоятельно решать задачи управления в специальных организационно-технических системах на базе последних достижений науки и техники
- ОПК-7 — Способен аргументированно выбирать и обосновывать, а также разрабатывать схемотехнические, системотехнические и аппаратно-программные решения управления сложными техническими объектами и технологическими процессами и реализовывать их на практике

### 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	Лекции	Практические занятия		ОПК-3
4	8	<b>Раздел 1. Модель динамической системы в пространстве состояний.</b> Объект управления, его состояние, управляющие и возмущающие воздействия. Структура системы управления, закон управления, обратная связь, качество управления. Свойства системы управления: наблюдаемость, управляемость, устойчивость. Математическое описание элементов системы управления: уравнения состояния, наблюдения, управления, оценивающего устройства.	12	2	2	0	10	15
4	8	<b>Раздел 2. Метод наименьших квадратов.</b> Уравнение метода наименьших квадратов. Число обусловленности. Аппроксимация экспериментальной зависимости по методу наименьших квадратов. Определение орбиты искусственного спутника Земли с использованием метода наименьших квадратов.	32	12	4	8	20	20
4	8	<b>Раздел 3. Оценка вектора состояния на основе метода модального управления.</b> Метод модального управления. Критерий управляемости и наблюдаемости системы. Теорема разделения. Оптимальная оценка вектора состояния, синтез оптимального управления. Оценивающее устройство для контура стабилизации угла крена.	28	12	4	8	16	20
4	8	<b>Раздел 4. Оптимальная линейная фильтрация.</b> Постановка задачи оптимальной линейной фильтрации. Теорема Байеса. Свойства оптимального преобразования. Интегральное уравнение Винера-Хопфа, корреляционные матрицы. Упрощения, аналитическое решение уравнения Винера-Хопфа.	12	2	2	0	10	10
4	8	<b>Раздел 5. Фильтр Калмана.</b> Непрерывный фильтр Калмана. Оценивающее устройство на основе непрерывного фильтра Калмана для контура стабилизации угла тангажа. Дискретный фильтр Калмана. Построение дискретного фильтра Калмана для системы стабилизации угла крена. Причины расходимости фильтра Калмана.	49	22	4	18	27	25
4	8	<b>Раздел 6. Общие сведения о нелинейной фильтрации.</b> Задача оценивания параметров ЛА в нелинейных системах. Фильтр Лайниотиса.	11	1	1	0	10	10
<b>Всего за 8 семестр</b>			144	51	17	34	93	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	51	17	34	93	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Метод наименьших квадратов.	Аппроксимация закона Сиаичи методом наименьших квадратов	8
2	Раздел 3. Оценка вектора состояния на основе метода модального управления.	Построение оценивающего устройства на основе модального управления.	8
3	Раздел 5. Фильтр Калмана.	Построение дискретного фильтра Калмана для системы стабилизации угла крена.	8
4		Разработка компьютерной модели динамики движения ракеты-мишени с использованием оценивающего устройства на основе непрерывного фильтра Калмана.	10
Всего за 8 семестр			34

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Модель динамической системы в пространстве состояний.	изучение лекционного материала по тематике раздела	10
2	Раздел 2. Метод наименьших квадратов.	изучение лекционного материала по тематике раздела	7
3		подготовка к практической работе № 1 «Аппроксимация закона Сиаичи методом наименьших квадратов», оформление отчёта	13

4	Раздел 3. Оценка вектора состояния на основе метода модального управления.	изучение лекционного материала по тематике раздела	5
5		подготовка к практической работе № 2 «Построение оценивающего устройства на основе модального управления», оформление отчёта	11
6	Раздел 4. Оптимальная линейная фильтрация.	изучение лекционного материала по тематике раздела	10
7	Раздел 5. Фильтр Калмана.	изучение лекционного материала по тематике раздела	5
8		подготовка к практической работе № 3 «Построение дискретного фильтра Калмана для системы стабилизации угла крена», оформление отчёта	11
9		подготовка к практической работе № 4 «Разработка компьютерной модели динамики движения ракеты-мишени с использованием оценивающего устройства на основе непрерывного фильтра Калмана», оформление отчёта	11
10	Раздел 6. Общие сведения о нелинейной фильтрации.	изучение лекционного материала по тематике раздела	10
<b>Всего за 8 семестр</b>			<b>93</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
8				ВПЗ		ДР		ВПЗ		ДР		ВПЗ			ВПЗ	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022, 26 экз.
2. В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022, эл. рес.
3. 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.
4. И. Л. Петрова, А. В. Клочков, Н. Е. Баранов. . Стохастическая фильтрация в задачах динамики полёта. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, эл. рес.
5. С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, 71 экз.

### 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://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
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:

1. Matlab 2015a SP1;
2. Microsoft Office.

### 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;
2. Matlab 2015a SP1;
3. Microsoft Office.

### **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 ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 27.05.01 *Специальные организационно-технические системы*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-3 Способен самостоятельно решать задачи управления в специальных организационно-технических системах на базе последних достижений науки и техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами и подходами к определению оценки состояния и параметров летательных аппаратов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 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. Модель динамической системы в пространстве состояний.		
изучение лекционного материала по тематике раздела	И. Л. Петрова, А. В. Клочков, Н. Е. Баранов. . Стохастическая фильтрация в задачах динамики полёта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1) И. Л. Петрова, А. В. Клочков, Н. Е. Баранов. . Стохастическая фильтрация в задачах динамики полёта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1) В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (1) В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (1) С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (1)	10
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Метод наименьших квадратов.		
изучение лекционного материала по тематике раздела	С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (1)	7
подготовка к практической работе № 1 «Аппроксимация закона Сиаичи методом наименьших квадратов», оформление отчёта		13
Итого по разделу 2		20
Раздел 3. Оценка вектора состояния на основе метода модального управления.		
изучение лекционного материала по тематике раздела	С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (4) И. Л. Петрова, А. В. Клочков, Н. Е. Баранов. . Стохастическая фильтрация в задачах динамики	5
подготовка к практической работе № 2 «Построение оценивающего устройства на основе модального управления», оформление отчёта		11

	<p>полёта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (3)</p> <p>И. Л. Петрова, А. В. Клочков, Н. Е. Баранов. . Стохастическая фильтрация в задачах динамики полёта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (3)</p> <p>В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (1)</p> <p>В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (1)</p>	
Итого по разделу 3		16
<b>Раздел 4. Оптимальная линейная фильтрация.</b>		
изучение лекционного материала по тематике раздела	С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (2)	10
Итого по разделу 4		10
<b>Раздел 5. Фильтр Калмана.</b>		
изучение лекционного материала по тематике раздела	С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (3)	5
подготовка к практической работе № 3 «Построение дискретного фильтра Калмана для системы стабилизации угла крена», оформление отчёта	В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (1)	11
подготовка к практической работе № 4 «Разработка компьютерной модели динамики движения ракеты-мишени с использованием оценивающего устройства на основе непрерывного фильтра Калмана», оформление отчёта	В. А. Бородавкин, С. А. Зыков, И. Л. Петрова. . Исследование ракетных систем на компьютерных моделях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (1)	
	И. Л. Петрова, А. В. Клочков, Н. Е. Баранов. . Стохастическая фильтрация в задачах динамики полёта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (4)	11
Итого по разделу 5		27
<b>Раздел 6. Общие сведения о нелинейной фильтрации.</b>		
изучение лекционного материала по тематике раздела	С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (5, 6)	10
Итого по разделу 6		10

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к экзамену;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- 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

1. Объект управления, его состояние, управляющие и возмущающие воздействия.
2. Структура системы управления ЛА.
3. Законы управления ЛА.
4. Обратная связь, качество управления ЛА.
5. Свойства системы управления: наблюдаемость, управляемость, устойчивость.
6. Модель динамической системы в пространстве состояний.
7. Уравнение метода наименьших квадратов.
8. Число обусловленности.
9. Аппроксимация экспериментальной зависимости по методу наименьших квадратов.
10. Определение орбиты искусственного спутника Земли с использованием метода наименьших квадратов.
11. Метод модального управления.
12. Критерий управляемости и наблюдаемости системы.
13. Теорема разделения.
14. Оптимальная линейная фильтрация.
15. Теорема Байеса.
16. Свойства оптимального преобразования.
17. Интегральное уравнение Винера-Хопфа, корреляционные матрицы.
18. Аналитическое решение уравнения Винера-Хопфа.
19. Непрерывный фильтр Калмана.
20. Оценивающее устройство на основе непрерывного фильтра Калмана для контура стабилизации угла тангажа.
21. Дискретный фильтр Калмана.
22. Построение дискретного фильтра Калмана для системы стабилизации угла крена.
23. Причины расходимости фильтра Калмана.
24. Общие сведения о нелинейной фильтрации.
25. Задача оценивания параметров ЛА в нелинейных системах.
26. Фильтр Лайниотиса.

#### Вопросы/задания по темам ПЗ

Текущий контроль студентов производится в дискретные временные интервалы преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- оценивание освоения темы практических занятий в форме собеседования;
- отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски.

Отчет по практической работе представляется в печатном виде. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Критерии оценивания: в случае если оформление отчета, доклад студента по выполненной работе и ответы на вопросы преподавателя во время защиты соответствуют требованиям, предъявляемым к знаниям студента по данной практической работе, отчет по практической работе считается принятым. Основаниями для дополнительной доработки отчета являются:

- небрежное выполнение;
- отсутствие необходимых разделов,
- отсутствие необходимого графического материала или низкое его качество (например, отсутствие указания единиц измерения на графиках),
- некорректная обработка результатов.

Отчет по практической работе должен содержать основные разделы:

- 1) цель работы и задачи работы;
- 2) разработка математической модели;
- 3) разработка компьютерной модели;
- 4) проверка адекватности компьютерной модели;
- 5) исходные данные и начальные условия для моделирования;
- 6) планирование и проведение компьютерного моделирования;
- 7) анализ результатов моделирования.

Варианты заданий представлены в УМК дисциплины.

### **Экзамен**

Промежуточный контроль: по результатам семестра по дисциплине проходит в форме экзамена, который включает ответы на теоретические и практические вопросы (билеты) и вопросы в тестовой форме.

Критерии оценивания:

- «неудовлетворительно» – студент ответил менее 60% вопросов в тестовой форме и дал неправильные и неполные ответы на вопросы билета;
- «удовлетворительно» – студент ответил на 60% и более вопросов в тестовой форме;
- «хорошо» – студент ответил на 60% и более вопросов в тестовой форме и дал правильные, но недостаточно полные и четкие ответы на вопросы билета;
- «отлично» – студент ответил на 60% и более вопросов в тестовой форме и дал правильные, полные и четкие ответы на все вопросы билета.

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-3	
4	8	Раздел 1. Модель динамической системы в пространстве состояний.	12	2	2	0	10	15	Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 2. Метод наименьших квадратов.	32	12	4	8	20	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 3. Оценка вектора состояния на основе метода модального управления.	28	12	4	8	16	20	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 4. Оптимальная линейная фильтрация.	12	2	2	0	10	10	Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 5. Фильтр Калмана.	49	22	4	18	27	25	Вопросы/ задания по темам ПЗ, Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 6. Общие сведения о нелинейной фильтрации.	11	1	1	0	10	10	Вопросы к экзамену
Всего за 8 семестр			144	51	17	34	93	100	
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100	

**Оценочные материалы по дисциплине ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

**ОПК-3 - Способен самостоятельно решать задачи управления в специальных организационно-технических системах на базе последних достижений науки и техники**

- № 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какая размерность у матрицы  $A$  в представленном уравнении (контур стабилизации угла крена)?  
$$\begin{bmatrix} d y/dt ; d w_x/dt \end{bmatrix} = A \cdot \begin{bmatrix} y ; w_x \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 ; c_{23} \end{bmatrix} \cdot b_e$$
- 1)  $\begin{bmatrix} 1 \times 1 \end{bmatrix}$
  - 2)  $\begin{bmatrix} 1 \times 2 \end{bmatrix}$
  - 3)  $\begin{bmatrix} 2 \times 1 \end{bmatrix}$
  - 4)  $\begin{bmatrix} 2 \times 2 \end{bmatrix}$
- № 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какое минимальное число экспериментальных точек  $N$  требуется для их аппроксимации методом наименьших квадратов полиномом порядка  $n$ ?
- 1)  $N=n-1$
  - 2)  $N=n$
  - 3)  $N=n+1$
  - 4)  $N=n+2$
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие.
1. Оценка называется несмещенной, если:
  2. Оценка называется состоятельной, если:
  3. Оценка называется эффективной, если:
- А – математические ожидания оценки и искомой величины равны
- Б – ее дисперсия минимальна на множестве всех возможных методов обработки измерений
- В – ее дисперсия минимальна на множестве всех возможных методов обработки измерений
- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие.
1. Уравнение состояния:
  2. Уравнение управления:
  3. Уравнение измерения:
  4. Уравнение оценивающего устройства:
- А –  $\frac{dX}{dt} = A \cdot X + K \cdot (Z - C \cdot X)$
- Б –  $Z = C \cdot X + E_z$
- В –  $\frac{dX}{dt} = A \cdot X + B \cdot U + n_x$
- Г –  $U = -L \cdot X$

- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность нахождения обратной матрицы:
- 1) Составляется союзная матрица, элементами которой являются алгебраические дополнения элементов исходной матрицы.
  - 2) Находится определитель матрицы. Если он отличен от нуля, то обратная матрица существует.
  - 3) Союзную матрицу транспонируем, делим на определитель исходной матрицы и получаем обратную матрицу.
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность построения оценивающего устройства на основе метода модального управления:
- 1) составление уравнения оценивающего устройства
  - 2) проверка системы на управляемость и наблюдаемость
  - 3) определение корней характеристического полинома контура управления
  - 4) задание корней характеристического полинома контура наблюдения
  - 5) определение элементов матрицы оценивающего устройства
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
У каких матриц ранг равен 2:
- 1)  $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0.5; & 0 & 0 & -3; & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ .
  - 2)  $B = \begin{bmatrix} 1.5 & 0; & 0 & -0.7 \end{bmatrix}$ .
  - 3)  $C = \begin{bmatrix} 0 & 5 & -4.5; & 0 & 0 & -1; & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ .
  - 4)  $D = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0; & 0 & 0 & -1; & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ .
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Из перечисленных уравнений выберите уравнение метода наименьших квадратов:
- 1)  $X_{oc} = (C^T W^* C)^2 C^T W^* z$
  - 2)  $X_{oc} = (C^T W^* C)^{-1} C^T W^* z$
  - 3)  $z = (C^T W^* C)^2 C^T W^* X_{oc}$
  - 4)  $z = (C^T W^* C)^{-1} C^T W^* X_{oc}$
- № 9 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
На лекции по теме «Метод модального управления» употреблялась фраза: «ехать тише, чем думаешь». О чем была речь?
- № 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Продолжите фразу: «Задача наблюдения состоит в том, чтобы ошибку оценивания свести к ... »
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Размерность вектора измерения может быть:
- 1) равна размерности вектора состояния
  - 2) меньше размерности вектора состояния
  - 3) больше размерности вектора состояния
  - 4) больше или равна размерности вектора состояния
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор

ответов

Для построения оценивающего устройства на основе метода модального управления необходимо задаться расположением корней характеристического уравнения контура наблюдения на комплексной плоскости. Корни должны располагаться?

- 1) все в правой полуплоскости
- 2) все в левой полуплоскости
- 3) левее корней характеристического уравнения контура управления
- 4) правее корней характеристического уравнения контура управления