

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_  
Юнаков Л. П.  
(подпись)      ФИО  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Направление/специальность подготовки	24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектная баллистика ракет и космических систем
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ 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	4	144	51	34	0	17	93	36	0	57	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ

Алексеева Ксения Сергеевна, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

### **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:

ПСК-3 — способность проводить анализ летно-технических характеристик ЛА
ПСК-6 — способность разрабатывать и исследовать алгоритмы функционирования системы управления БПЛА

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-3**

*знания:*

Знать основные принципы и методы теории автоматических систем адаптивного управления ЛА;;

*умения:*

Анализировать показатели качества движения ЛА в сравнении с заданным качеством в условиях неполной информации.;;

*навыки:*

Использовать методы адаптивного управления при синтезе автопилота ЛА.;

### **ПСК-6**

*знания:*

Знать основные принципы и методы теории автоматических систем адаптивного управления, современные средства и методы компьютерного моделирования;;

*умения:*

Уметь разрабатывать математические модели и проводить компьютерное моделирование адаптивных систем управления;;

*навыки:*

Использовать методы адаптивного управления при разработке регуляторов, позволяющих осуществить управление ЛА с заданным качеством в

условиях неполной информации о текущем состоянии объекта управления и воздействиях внешней среды;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТАУ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ТАУ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ, ТАУ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.**

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

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, навыки теоретического и экспериментального исследования для решения различных задач профессиональной деятельности
- ОПК-6 — Способен разрабатывать физические и математические модели объектов космических и ракетно-транспортных систем, и процессов их управления
- ПСК-2 — Способен разрабатывать методики исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов
- ПСК-3 — Способен проводить анализ летно-технических характеристик ЛА
- ПСК-5 — Способен разрабатывать структуры систем управления БПЛА
- ПСК-6 — Способен разрабатывать и исследовать алгоритмы функционирования системы управления БПЛА

### 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		ПСК-3	ПСК-6
5	10	Раздел 1. Общие понятия об адаптивном управлении. 1. Общие понятия об адаптивном управлении. Классификация. 2. Постановка задачи синтеза адаптивных систем управления. Гипотеза о квазистационарности. 3. Методы синтеза адаптивных систем управления.	10	6	6	0	4	20	20
5	10	Раздел 2. Поисковые адаптивные системы. 1. Системы экстремального регулирования 2. Непрямые поисковые алгоритмы адаптивного управления. 3. Системы идентификации. 4. Градиентные методы адаптации.	24	14	10	4	10	30	30
5	10	Раздел 3. Беспoisковые адаптивные системы. 1. Системы с эталонной моделью 2. Метод функций Ляпунова 3. Метод скоростного градиента.	110	31	18	13	79	50	50
Всего за 10 семестр			144	51	34	17	93	100	100
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Поисковые адаптивные системы.	1. Реализация поисковой адаптивной системы идентификации градиентным методом	4
2	Раздел 3. Беспoisковые адаптивные системы.	2. Реализация беспoisковой адаптивной системы управления методом функции Ляпунова.	4
3		3. Реализация беспoisковой адаптивной системы управления методом скоростного градиента	5
4		4. Реализация беспoisковой адаптивной системы управления методом скоростного градиента с неявной эталонной моделью	4
Всего за 10 семестр			17

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Общие понятия об адаптивном управлении.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе.	4
2	Раздел 2. Поисковые адаптивные системы.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 1. Выполнение практической работы №1	10
3	Раздел 3. Беспоисковые адаптивные системы.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 2. Выполнение практической работы №2	26
4		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 3. Выполнение практической работы №3	27
5		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 4. Выполнение практической работы №4	26
Всего за 10 семестр			93

#### 3.4. Курсовой проект

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)

	(недели семестра)	
Этап 1. Этап 1. Получение задания на курсовой проект (КП). Проведение анализа литературы по индивидуальному заданию на КП. 1.1 Задание на КП включает в себя: постановку задачи исследования, выбор объекта исследования, выбор для разработки вида математической модели исследуемой системы/исследуемого процесса, выбор языка программирования/среды программирования/пакета прикладных программ для программной/физической реализации модели исследуемой (проектируемой) системы, выбор методов для проведения анализа результатов проведенного математического/численного/экспериментального моделирования. 1.2 Изучение литературных источников, методических материалов, нормативных документов по индивидуальному заданию на КП. 1.3 Осуществление сбора, обработки, анализа и систематизации информации в соответствии с индивидуальным заданием на тему КП	1 - 4	6
Этап 2. Этап 2. Разработка методики и средств решения задачи. Анализ результатов. 2.1 Постановка задачи исследования в математической терминологии. 2.2 Разработка алгоритма решения задачи. 2.3 Разработка математической модели исследуемой системы/исследуемого процесса. 2.4 Разработка программного кода/методов физической реализации/настройка параметров пакета прикладных программ исследуемой системы/исследуемого процесса. 2.5 Реализация разработанной программы на ПК/проведение моделирования в пакете прикладных программ/проведение физического моделирования (испытания аппаратного макета). 2.6 Анализ результатов исследований. 2.7 Оформление отчетных материалов по результатам выполнения индивидуального задания по КП (Оформление пояснительной записки и презентации к докладу)	4 - 16	30
<b>Всего за 10 семестр</b>		<b>36</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
10			ВПЗ		ВПЗ, КП	ДР			ВПЗ	ДР		ВПЗ			Вопр.Диф.Зач, КПос	ДР	КП, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- КП – курсовой проект;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- КПос – контроль посещаемости;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- курсовой проект;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- контроль посещаемости.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. Д. П. Ким. . Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
2. К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Гаврилов. . Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002, 21 экз.
3. О. А. Толпегин. . Методы адаптивного управления летательными аппаратами. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, эл. рес.
4. О. А. Толпегин. . Методы адаптивного управления летательными аппаратами. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 25 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. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
4. <https://www.elibrary.ru/>.

### 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.

### 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.

### **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 **АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-3 способность проводить анализ летно-технических характеристик ЛА;

ПСК-6 способность разрабатывать и исследовать алгоритмы функционирования системы управления БПЛА.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами построения и методами анализа адаптивных систем автоматического управления. Задача дисциплины – научить методам синтеза АСУ и формирования их математических моделей, выбирать структуру и параметры регулятора системы управления, обеспечивающие требуемое качество и точность работы этих систем.

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;
- курсовой проект;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- контроль посещаемости.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 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.
<b>Раздел 1. Общие понятия об адаптивном управлении.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе.	О. А. Толпегин. . Методы адаптивного управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1,8) К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Гаврилов. . Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002 (часть 5 глава1) Д. П. Ким. . Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Москва: Юрайт, 2020 (11.1)	4
Итого по разделу 1		4
<b>Раздел 2. Поисковые адаптивные системы.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 1. Выполнение практической работы №1	Д. П. Ким. . Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Москва: Юрайт, 2020 (11.2-3) О. А. Толпегин. . Методы адаптивного управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2,4) К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Гаврилов. . Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002 (часть 5 глава2)	10
Итого по разделу 2		10
<b>Раздел 3. Бесписковые адаптивные системы.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 2. Выполнение практической работы №2	О. А. Толпегин. . Методы адаптивного управления летательными аппаратами: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (3,5-7)	26
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 3. Выполнение практической работы №3	К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Гаврилов. . Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002 (часть 5 глава 3-4) Д. П. Ким. . Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Москва: Юрайт, 2020 (11.2-3)	27
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по лекциям и рекомендуемой литературе. Подготовка к практической работе № 4. Выполнение практической работы №4		26
Итого по разделу 3		79

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- контроль посещаемости;
- курсовой проект;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- дифференцированный 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.

#### Вопросы/задания по темам ПЗ

Вопросы/задания по темам практических заданий позиционируются как защита практической работы, необходим развернутый ответ на минимум три вопроса по теме практических занятий. Защита продолжается до тех пор, пока развернутый ответ не получен, при возникновении затруднений преподаватель задает наводящие вопросы, рекомендует литературу с указанием параграфа или страницы. Возможна замена вопроса. Ответы принимаются лично или удаленно в доступных чатах в любое удобное для студента и преподавателя время. Защита всех практических работ необходима для допуска к экзамену. Примеры вопросов входят в состав УМК дисциплины

#### Контроль посещаемости

Контроль посещаемости проводится на каждом занятии. Если занятие пропущено, то студенту необходимо сдать тему преподавателю и продемонстрировать знание материала. Тема сдается устно либо лично, либо при помощи аудиосообщений в доступных чатах.

#### Курсовой проект

Критерии оценки защиты КП:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КП и ответил на все вопросы комиссии, организованной на кафедре для защиты КП, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КП.
  - оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КП и ответил на 50% вопросов комиссии, организованной на кафедре для защиты КП, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КП.
  - оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он решил все задачи, поставленные перед ним в КП, но не ответил на вопросы комиссии, организованной на кафедре для защиты КП, связанные с материалами, изложенными в пояснительной записке к КП.
  - оценка «не защитил» выставляется обучающемуся, если он не решил все задачи, поставленные перед ним в КП.
- Перечень тем курсовых проектов представлен в УМК дисциплины.

#### Вопросы к дифференцированному зачету

Вопросы к дифференцированному зачету входят в состав УМК дисциплины.

#### Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет проводится в форме устных ответов на один из вопросов к дифференцированному зачету и три дополнительных вопроса преподавателя.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено-отлично» выставляется обучающемуся, если он полностью ответил на вопрос к дифференцированному зачету и правильно ответил на 3 вопроса по содержанию курса.
- оценка «зачтено-хорошо» выставляется обучающемуся, если он не полностью ответил на вопрос к дифференцированному зачету и правильно ответил на 3 вопроса по содержанию курса.
- оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если он не полностью ответил на вопрос к дифференцированному зачету и неправильно ответил на 2 вопроса по содержанию курса.
- во всех других случаях обучающемуся выставляется оценка «зачтено-удовлетворительно».

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		ПСК-3	ПСК-6	
5	10	Раздел 1. Общие понятия об адаптивном управлении.	10	6	6	0	4	20	20	Вопросы/задания по темам ПЗ, Вопросы к дифференцированному зачету, Контроль посещаемости, Курсовой проект
5	10	Раздел 2. Поисковые адаптивные системы.	24	14	10	4	10	30	30	Вопросы/задания по темам ПЗ, Вопросы к дифференцированному зачету, Контроль посещаемости, Курсовой проект
5	10	Раздел 3. Беспоисковые адаптивные системы.	110	31	18	13	79	50	50	Вопросы/задания по темам ПЗ, Вопросы к дифференцированному зачету, Контроль посещаемости, Курсовой проект
Всего за 10 семестр			144	51	34	17	93	100	100	
Всего по дисциплине			144	51	34	17	93	100	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-3

Вопросы открытого типа:

№ 1

Для того чтобы линейная стационарная система  $\dot{x} = A \cdot x$  была асимптотически устойчива, необходимо и достаточно, чтобы для любой отрицательно определенной квадратичной формы  $w(x) = x^T C x$  существовала \_\_\_\_\_ определенная квадратичная форма  $V(x) = x^T B x$  такая, что производная по времени от этой функции в силу уравнения системы была равна заданной квадратичной форме  $w(x)$ :  $\dot{V}(x) = w(x)$ .

№ 2

Чему равен ранг матрицы  $A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

№ 3

Степень сглаживания по параметру адаптации  $\Theta$  целевой функции  $q(\Theta) = 0.5\Theta$  равна

№ 4

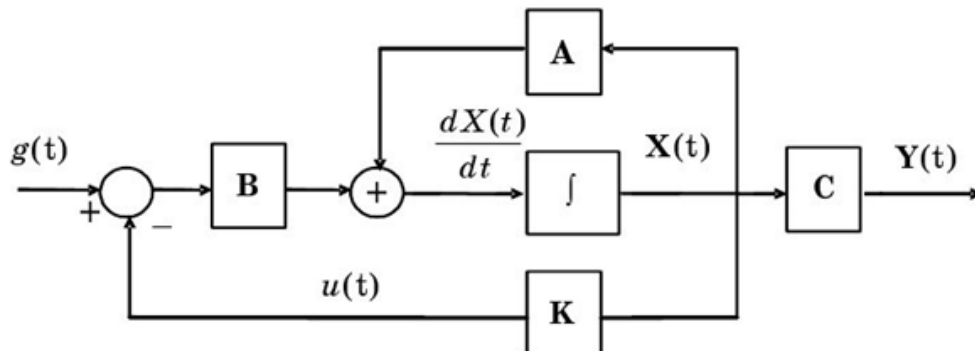
Степень сглаживания по параметру адаптации  $\Theta$  целевой функции  $q(\Theta) = 0.5\Theta^2$  равна

№ 5

Невозмущенное движение  $y(t)$  называется \_\_\_\_\_ по Ляпунову, если для любого положительного числа  $\varepsilon$  найдется такое положительное число  $\delta$ , что расстояние между изображающими точками невозмущенной траектории  $y(t)$  и какой-либо возмущенной траектории  $y_*(t)$  в любой момент времени  $t > t_0$  меньше  $\varepsilon$ , если только расстояние между этими траекториями в начальный момент  $t = t_0$  меньше  $\delta$ , т.е. если выполняется условие  $|y(t) - y_*(t)| < \varepsilon$  при  $|y(t_0) - y_*(t_0)| < \delta$

№ 6

Составьте уравнение математической модели  $\dot{X} = \dots$ , используя структурную схему



№ 7 Дайте определение эталонной модели

№ 8 Дайте определение идентификации системы

№ 9 Робастность системы - это...

№ 10 Перечислите способы, которыми можно задать неявную эталонную модель.

Вопросы закрытого типа:

№ 1

Сопоставьте параметр и его название для системы, заданной в пространстве состояний

$$\dot{x} = A \cdot x + B \cdot u$$

$$y = C \cdot x$$

1. x
2. y
3. A
4. u

A- матрица динамики системы или матрица состояния

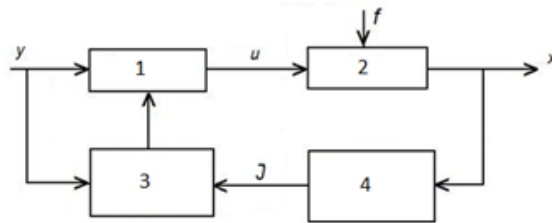
B- выходной вектор или вектор измерений

B- фазовый вектор или вектор состояний

Г- вектор управления

№ 2

Сопоставьте блоки и их названия



A- объект управления

B- вычисление критерия оптимальности

B- регулятор

Г- устройство организации поиска

№ 3

Изменение адаптивного коэффициента по алгоритму  $\dot{K} = -c \cdot \frac{\partial J}{\partial K}$

обеспечивает спуск в локальный минимум J

обеспечивает спуск в локальный минимум k

обеспечивает достижение локального максимума k

обеспечивает достижение локального максимума J

№ 4 Задачей алгоритма адаптивной поисковой идентификации является...

-максимизация целевой функции невязки;

-минимизация целевой функции невязки;

-изменение параметров модели таким образом, чтобы максимизировать целевую функцию невязки;

-изменение управления модели таким образом, чтобы минимизировать целевую функцию невязки.

№ 5 Принцип квазистационарности адаптивных систем применяется при условии ...

быстрого изменения неизвестных (нечетких) параметров по сравнению с управлением;

медленного изменения неизвестных (нечетких) параметров по сравнению с изменением фазовых координат;

быстрого изменения неизвестных (нечетких) параметров по сравнению с возмущениями.

№ 6 Робастные системы

имеют высокую чувствительность к возмущениям и неизменные коэффициенты регулятора

имеют высокую чувствительность к возмущениям и изменяемые коэффициенты регулятора

имеют низкую чувствительность к возмущениям и неизменные коэффициенты регулятора

имеют низкую чувствительность к возмущениям и изменяемые коэффициенты регулятора

№ 7 Выберите два основных элемента фазового детектора:

сумматор

умножитель

фильтр высоких частот

полосовой фильтр

фильтр низких частот

экстраполятор нулевого порядка

экстраполятор первого порядка

№ 8

Уравнение Ляпунова для исследования устойчивости линейной системы  $\dot{x} = A \cdot x$  при помощи функции Ляпунова  $V(x) = x^T B x$ :

$$-x^T C x = B A$$

$$\dot{x} = A \cdot x + B u$$

$$A^T B + B A = -C$$

№ 9 сопоставьте размерности матриц системы в пространстве состояния, в которой размерность вектора состояния равна  $n$ , размерность вектора управления равна  $m$  и размерность вектора выходного сигнала (наблюдения) равна  $k$

1. Размерность матрицы наблюдения

2. Размерность матрицы динамики системы

3. Размерность матрицы управления

A-  $m \times n$

B-  $k \times k$

B-  $n \times n$

Г-  $k \times n$

Д-  $n \times m$

Е-  $m \times k$

№ 10

Алгоритмом скоростного градиента называется правила изменения вектора  $\Theta$ , задаваемого уравнением адаптера вида:

$$\dot{\Theta} = -\Gamma \frac{\partial q}{\partial \Theta}$$

$$\Theta = -\Gamma \frac{\partial q}{\partial \Theta}$$

$$\dot{\Theta} = -\Gamma \frac{\partial}{\partial \Theta} \left( \frac{dq}{dt} \right)$$

$$\Theta = -\Gamma \frac{\partial}{\partial \Theta} \left( \frac{dq}{dt} \right)$$

где  $q$  - целевой функционал,  $\Gamma$  - коэффициент усиления

### ПСК-6

Вопросы открытого типа:

№ 1 Сколько уровней (контуров структурной схемы) в обобщенной структуре адаптивных систем управления?

№ 2 В \_\_\_\_\_ адаптивных системах выбор направления настройки параметров, обеспечивающих экстремальное значение меры качества (функционала), осуществляется на основе специальных поисковых сигналов.

№ 3 Алгоритм изменения настраиваемых параметров строится в направлении \_\_\_\_\_ целевой функции от ошибки рассогласования

№ 4 Для применения алгоритма скоростного градиента, необходимо, чтобы степень сглаживания была равна ...

№ 5



Линейный объект  $\dot{x} = A \cdot x + B \cdot u$  вполне \_\_\_\_\_, если, каково бы ни было конечное состояние  $x(t_k) = x_k$ , существует допустимое управление, определенное на конечном интервале  $[t_0, t_k]$  и переводящее объект из начального состояния  $x(t_0) = 0$ , т. е. из начала координат, в конечное состояние  $x(t_k) = x_k$

№ 6

Дана квадратичная форма, где  $Q$  – симметричная матрица

$$V(x) = x^T Q x = (x_1 \ x_2 \ x_3) \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = x_1^2 + 5x_2^2 + 3x_3^2 + 4x_1x_2 -$$

$$2x_2x_3, x \in R^3$$

Исследовать, является ли эта форма положительно определенной функцией.

№ 7

Дана квадратичная форма, где  $Q$  – симметричная матрица

$$V(x) = x^T Q x = (x_1 \ x_2 \ x_3) \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = 4x_1^2 + 7x_2^2 + 2x_3^2 + 6x_1x_2 -$$

$$2x_1x_3, x \in R^3$$

Исследовать, является ли эта форма положительно определенной функцией.

№ 8

Дана квадратичная форма, где  $Q$  – симметричная матрица

$$V(x) = x^T Q x = (x_1 \ x_2 \ x_3) \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = x_1^2 + x_2^2 + 2x_3^2 - 4x_1x_3 -$$

$$2x_2x_3, x \in R^3$$

Исследовать, является ли эта форма положительно определенной функцией.

№ 9 Чем характеризуется поисковая адаптивная система, сформулируйте основное отличие от беспоисковых.

№ 10 Продолжите определение:

Процесс (вектор-функция) называется квазистационарным, если ...

№ 11 Неявную эталонную модель можно задать...

Выберите один или несколько ответов:

реальным динамическим звеном;

требуемыми показателями качества системы;

эталонным управлением;

системой дифференциальных уравнений.

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Способ управления, основанный на размещении корней характеристического уравнения определенным образом, называют...

1. корневым управлением

2. робастным управлением

3. модальным управлением

4. адаптивным управлением

№ 2 Адаптивной системой называется управляющая система автоматически определяющая нужный закон управления посредством анализа поведения объекта при отсутствии ограничения на управление.

верно

- неверно
- № 3 Адаптивной системой называется управляющая система автоматически определяющая нужный закон управления посредством анализа поведения объекта при текущем управлении.
- верно
- неверно
- № 4 Адаптивной системой называется управляющая система с заранее заданным законом управления.
- верно
- неверно
- № 5 Обобщенный настраиваемый объект включает в себя неизменяемую часть системы и алгоритм адаптации
- верно
- неверно
- № 6 Для того, чтобы система была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы все корни ее характеристического уравнения имели
- положительную вещественную часть
- положительную мнимую часть
- отрицательную мнимую часть
- отрицательную вещественную часть
- № 7
- Для того, чтобы линейная система  $\dot{x} = A \cdot x$  была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы все собственные числа матрицы  $A$  имели
- положительную вещественную часть
- положительную мнимую часть
- отрицательную мнимую часть
- отрицательную вещественную часть
- № 8
- Система глобально асимптотически устойчива по Ляпунову, если у исследуемой системы существует функция  $V(x)$ , такая что
- $$V(x) < 0, \frac{dV(x)}{dt} < 0$$
- $$V(x) > 0, \frac{dV(x)}{dt} < 0$$
- $$V(x) < 0, \frac{dV(x)}{dt} > 0$$
- $$V(x) > 0, \frac{dV(x)}{dt} > 0$$
- № 9
- Функцией Ляпунова динамической системы называется
- вектор  $V(x)$ , возрастающий вдоль траектории  $x(t)$
- скалярная функция  $V(x)$ , равная нулю вдоль траектории  $x(t)$
- скалярная функция  $V(x)$ , убывающая вдоль траектории  $x(t)$
- скалярная функция  $V(x)$ , возрастающая вдоль траектории  $x(t)$
- скалярная функция  $V(x)$ , не изменяющаяся вдоль траектории  $x(t)$
- вектор  $V(x)$ , убывающий вдоль траектории  $x(t)$
- вектор  $V(x)$ , неизменный вдоль траектории  $x(t)$
- № 10 Передаточная функция называется минимально-фазовой, если
- все ее нули располагаются в левой полуплоскости
- все ее нули и полюса располагаются в правой полуплоскости
- все ее нули и полюса располагаются в левой полуплоскости

все ее полюса располагаются в правой полуплоскости

все ее нули располагаются в правой полуплоскости