

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_  
(подпись) Ф.И.О.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование ракетных двигателей твердого топлива
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	
4	7	3	108	68	34	0	34	40	0	0	40	диф. зач.
4	8	3	108	34	17	0	17	74	0	0	74	диф. зач.
ВСЕГО		6	216	102	51	0	51	114	0	0	114	

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: 2025

Программу составили:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ  
Русина Алена Андреевна, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ  
Мустейкис Антон Иванович, 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**  
**АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**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-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-2**

*знания:*

Знание принципов построения систем автоматического управления, оценки состояния и параметров;

*умения:*

Умеет применять современных информационных технологий для решения задач оценки показателей устойчивости и качества устройств автоматики и регулирования;

*навыки:*

Моделирования устройств автоматики.

### **ОПК-5**

*знания:*

Знание основ теории автоматического управления;

*умения:*

Умение представлять узел ДУ в форме пространства состояний в виде динамического звена;

*навыки:*

Навык использования преобразования Лапласа и линеаризации уравнений динамики.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** 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 6 з.е., 216 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-2	ОПК-5
4	7	Раздел 1. Введение. Зарождение науки автоматического управления и регулирования. Принципы управления.	7	4	4	0	3	5	5
4	7	Раздел 2. Общие принципы построения линейных САУ. Уравнения состояния систем управления. Линеаризация, преобразование Лапласа. Передаточная функция системы и типовые динамические звенья. Структурные схемы систем управления.	25	21	6	15	4	20	20
4	7	Раздел 3. Воздействия на САУ. Типовые входные воздействия. Характеристики звеньев (временные, частотные).	16	9	2	7	7	5	5
4	7	Раздел 4. Устойчивость САУ. Управляемость и наблюдаемость, алгебраические и частотные критерии устойчивости, запас устойчивости систем.	21	15	10	5	6	10	10
4	7	Раздел 5. Раздел 5. Качество систем управления. Показатели качества САУ. Корректирующие устройства.	12	4	2	2	8	10	10
4	7	Раздел 6. Нелинейные САУ. Математические модели нелинейных элементов. Устойчивость нелинейных систем.	9	4	4	0	5	5	5
4	7	Раздел 7. Дискретные САУ. Понятие дискретной САУ. Модуляция, квантование. Устойчивость дискретных САУ.	18	11	6	5	7	5	5
Всего за 7 семестр			108	68	34	34	40	60	60
4	8	Раздел 8. Задачи регулирования РДТТ. Возможные способы регулирования тяги РДТТ. Агрегаты автоматики систем регулирования модуля тяги РДУ.	35	9	6	3	26	5	5
4	8	Раздел 9. Характеристики РДТТ. Математическое регулирование рабочих процессов. Уравнение динамики, анализ динамических характеристик. Частотные характеристики.	73	25	11	14	48	35	35
Всего за 8 семестр			108	34	17	17	74	40	40
Всего по дисциплине			216	102	51	51	114	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Общие принципы построения линейных САУ.	Линеаризация	2
2		Получение передаточных функций систем, представленных в виде входного и выходного сигнала	3
3		Получение передаточных функций систем, представленных в виде уравнения состояния	3
4		Преобразование структурных схем с одним входным воздействием	3
5		Преобразование структурных схем с двумя входными воздействиями	4
6	Раздел 3. Воздействия на САУ.	Получение частотных характеристик (АЧХ, ФЧХ, МЧХ, ВЧХ)	3
7		Построение ЛАЧХ	4
8	Раздел 4. Устойчивость САУ.	Оценка устойчивости системы: теорема Ляпунова, критерий Рауса, критерий Гурвица	3
9		Частотные критерии устойчивости	2
10	Раздел 5. Раздел 5. Качество систем управления.	Показатели качества САУ. Корректирующие устройства.	2
11	Раздел 7. Дискретные САУ.	Z-преобразование	5
Всего за 7 семестр			34
12	Раздел 8. Задачи регулирования РДТТ.	Виды регуляторов тяги	3
13	Раздел 9. Характеристики РДТТ.	САР с регулятором прямого действия.	4
14		Регулирования тяги РДТТ, изменением подачи дополнительного компонента.	4
15		Анализ РДТТ с двухконтурной системой управления модулем тяги (гашением)	6
Всего за 8 семестр			17

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение.	Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе.	3
2	Раздел 2. Общие принципы построения линейных САУ.	Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе.	4
3	Раздел 3. Воздействия на САУ.	Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе. Самостоятельное решение типовых задач.	7
4	Раздел 4. Устойчивость САУ.	Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе. Самостоятельное решение типовых задач.	6
5	Раздел 5. Раздел 5. Качество систем управления.	Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе. Самостоятельное решение типовых задач.	8
6	Раздел 6. Нелинейные САУ.	Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе.	5
7	Раздел 7. Дискретные САУ.	Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе. Самостоятельное решение типовых задач.	7
Всего за 7 семестр			40
8	Раздел 8. Задачи регулирования РДТТ.	Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе.	26
9	Раздел 9. Характеристики РДТТ.	Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе.	24

10	Выполнение домашних заданий и оформление отчета.	24
Всего за 8 семестр		74

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
7	Вопр.Диф.Зач	Вопр.Диф.Зач	Вопр.Диф.Зач	ЗДЧ, Вопр.Диф.Зач	ЗДЧ, Вопр.Диф.Зач, Контр.Р.	ДР	ЗДЧ, Вопр.Диф.Зач	Вопр.Диф.Зач, Контр.Р.	ЗДЧ, Вопр.Диф.Зач	ДР	Вопр.Диф.Зач, Контр.Р.	ЗДЧ, Вопр.Диф.Зач	Во
8						ДР			Отч. по ПЗ	ДР			С

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- ЗДЧ – задачи;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- диф. зач. – дифференцированный зачет;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- задачи;
- контрольная работа;
- отчет по практическому заданию.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Ерофеев. . Теория автоматического управления. СПб.: Политехника, 2003, 135 экз.
2. В. Т. Волков, Д. А. Ягодников. . Исследование и стендовая отработка ракетных двигателей на твёрдом топливе. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007, эл. рес.
3. В. Ю. Шишмарёв. . Основы автоматического управления. Москва: Юрайт, 2021, эл. рес.
4. В. Ю. Шишмарёв. . Основы автоматического управления. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
5. И. Л. Петрова. . ТАУ дискретных и цифровых систем ЛА. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
6. Ю. С. Соломонов, А. М. Липанов, А. В. Алиев. . Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки. Москва: Машиностроение, 2011, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Авиакосмическое приборостроение.

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

1. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. <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.

### 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 **АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** 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-2 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;

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

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами и алгоритмами работы устройств автоматики и регулирования ракетных двигателей, работающих на твердом топливе.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- задачи;
- контрольная работа;
- отчет по практическому заданию.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**51 ч.**), практические занятия (**51 ч.**), самостоятельная работа студента (**114 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 102 ч. аудиторных занятий, и 114 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. Введение.</b>		
Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе.	В. Ю. Шишмарёв. . Основы автоматического управления: Москва: Юрайт, 2021 (Введение) А. А. Ерофеев. . Теория автоматического управления: СПб.: Политехника, 2003 (1)	3
Итого по разделу 1		3
<b>Раздел 2. Общие принципы построения линейных САУ.</b>		
Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе.	В. Ю. Шишмарёв. . Основы автоматического управления: Москва: Юрайт, 2021 (4) А. А. Ерофеев. . Теория автоматического управления: СПб.: Политехника, 2003 (2,3)	4
Итого по разделу 2		4
<b>Раздел 3. Воздействия на САУ.</b>		
Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе. Самостоятельное решение типовых задач.	А. А. Ерофеев. . Теория автоматического управления: СПб.: Политехника, 2003 (2)	7
Итого по разделу 3		7
<b>Раздел 4. Устойчивость САУ.</b>		
Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе. Самостоятельное решение типовых задач.	А. А. Ерофеев. . Теория автоматического управления: СПб.: Политехника, 2003 (6)	6
Итого по разделу 4		6
<b>Раздел 5. Раздел 5. Качество систем управления.</b>		
Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе. Самостоятельное решение типовых задач.	А. А. Ерофеев. . Теория автоматического управления: СПб.: Политехника, 2003 (7,8) В. Ю. Шишмарёв. . Основы автоматического управления: Москва: Юрайт, 2021 (7)	8
Итого по разделу 5		8
<b>Раздел 6. Нелинейные САУ.</b>		
Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе.	В. Ю. Шишмарёв. . Основы автоматического управления: Москва: Юрайт, 2020 (11)	5
Итого по разделу 6		5
<b>Раздел 7. Дискретные САУ.</b>		
Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе. Самостоятельное решение типовых задач.	И. Л. Петрова. . ТАУ дискретных и цифровых систем ЛА: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1)	7
Итого по разделу 7		7
<b>Раздел 8. Задачи регулирования РДТТ.</b>		
Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе.	Ю. С Соломонов, А. М. Липанов, А. В. Алиев. . Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки: Москва: Машиностроение, 2011 (2) В. Т. Волков, Д. А. Ягодников. . Исследование и стендовая отработка ракетных двигателей на твёрдом топливе: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007 (1-2)	26
Итого по разделу 8		26
<b>Раздел 9. Характеристики РДТТ.</b>		
Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе.	Ю. С Соломонов, А. М. Липанов, А. В. Алиев. . Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки: Москва: Машиностроение, 2011 (6)	24
Выполнение домашних заданий и оформление отчета.		24
Итого по разделу 9		48

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к дифференцированному зачету;
- задачи;
- контрольная работа;
- отчет по практическому заданию;
- дифференцированный зачет;
- 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 к дифференцированному зачету

Вопросы формулируются в тестовой форме. Оценивается верный ответ.

Вопросы представлены в УМК дисциплины.

#### Задачи

Оценивается ход решения задачи и правильность полученных результатов.

Задачи представлены в УМК дисциплины.

#### Контрольная работа

В течение 7-го семестра предполагается 4 контрольные работы. Каждая контрольная оценивается в 15 баллов.

#### Отчет по практическому заданию

Отчет по практическому заданию представляется в электронном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета.

Прием отчета проходит в форме проверки отчета преподавателем на предмет соответствия следующим критериям:

- верное задание системы уравнений – 5 баллов;
- верное определение конечного результата – 10 баллов;
- оформление задания в соответствии с шаблоном отчета – 5 баллов.

За каждое задание не более 20 баллов.

Перечень заданий и шаблон отчета входит в состав УМК дисциплины.

#### Дифференцированный зачет

Применяется балльно-рейтинговая система по дисциплине. В течение семестра проводятся диагностические работы, выполняются контрольные работы.

Диф. зачет проводится в виде теста в ЭИОС Moodle, включает в себя теоретические вопросы и решение задач.

Вопросы представлены в УМК по дисциплине.

Баллы переводятся по следующей шкале:

0-51 - не зачтено

51 - 74 - зачтено-удовлетворительно

75-84 - зачтено-хорошо

85+ - зачтено-отлично

#### Дифференцированный зачет

Предусматривается два сценария проведения дифференцированного зачета.

1. Дифференцированный зачет выставляется по количеству баллов, заработанными обучающимся в течении семестра. Суммарный балл выставляется по результатам написания диагностических работ, посещаемости аудиторных занятий и баллов за выполнение практического задания.

Критерии оценивания:

менее 51 балла - не зачтено;

51 - 74 балла - зачтено-удовлетворительно;

75 - 84 балла - зачтено-хорошо;

85 и более баллов - зачтено-отлично.

2. Дифференцированный зачет проводится в форме устного ответа студента на три вопроса по тематике дисциплины.

Критерии оценивания:

отсутствие ответа на все вопросы - не зачтено;

развернутый ответ хотя бы на один вопрос - удовлетворительно;

развернутый ответ хотя бы на два вопроса - зачтено-хорошо;

развернутый ответ на все три вопроса - зачтено-отлично.

Вопросы представлены в УМК дисциплины

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-2	ОПК-5	
4	7	Раздел 1. Введение.	7	4	4	0	3	5	5	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 2. Общие принципы построения линейных САУ.	25	21	6	15	4	20	20	Задачи, Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольная работа
4	7	Раздел 3. Воздействия на САУ.	16	9	2	7	7	5	5	Задачи, Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольная работа
4	7	Раздел 4. Устойчивость САУ.	21	15	10	5	6	10	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Задачи, Контрольная работа
4	7	Раздел 5. Раздел 5. Качество систем управления.	12	4	2	2	8	10	10	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 6. Нелинейные САУ.	9	4	4	0	5	5	5	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 7. Дискретные САУ.	18	11	6	5	7	5	5	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 7 семестр			108	68	34	34	40	60	60	
4	8	Раздел 8. Задачи регулирования РДТТ.	35	9	6	3	26	5	5	Вопросы к дифференцированному зачету
4	8	Раздел 9. Характеристики РДТТ.	73	25	11	14	48	35	35	Вопросы к дифференцированному зачету, Отчет по практическому заданию
Всего за 8 семестр			108	34	17	17	74	40	40	
Всего по дисциплине			216	102	51	51	114	100	100	

**Оценочные материалы по дисциплине АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**ОПК-2 - Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности**

- № 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какова основная задача системы автоматического регулирования РДТТ?
1. Повышение температуры горения топлива
  2. Снижение массы двигателя
  3. Поддержание требуемого давления в камере сгорания
  4. Увеличение степени расширения сопла
- № 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
**Почему регулирование в РДТТ часто сложнее, чем в ЖРД?**
1. Из-за невозможности изменять геометрию соплового блока
  2. Из-за отсутствия возможности изменять подачу топлива
  3. Из-за большего количества датчиков
  4. Из-за меньшей температуры сгорания
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
**Почему в РДТТ предпочтительно использовать простые алгоритмы регулирования?**
1. Из-за большого числа датчиков
  2. Из-за высокой температуры
  3. Из-за ограниченного времени работы двигателя
  4. Из-за наличия связи между скоростью горения топлива и давлением в камере сгорания
- № 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Охарактеризуйте влияние динамики исполнительных механизмов сопла на общую устойчивость системы автоматического регулирования РДТТ.
- № 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Опишите возможные алгоритмы управления отклоняемым соплом РДТТ при наличии значительных временных задержек в приводах. Как обеспечить устойчивость и точность управления?
- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие  
При проектировании контуров автоматического регулирования РДТТ важно понимать, как параметры регулятора влияют на характеристики системы. Установите соответствие между параметрами ПИД-регулятора и их влиянием.
1. Нулевая  $K_i$
  2. Интегральная составляющая ( $K_i$ )
  3. Дифференциальная составляющая ( $K_d$ )
  4. Чрезмерно высокий  $K_p$
- А. Сохранение постоянной ошибки  
Б. Устранение статической ошибки  
В. Подавление резких пиков сигнала  
Г. Возможные автоколебания  
Д. Уменьшение времени регулирования
- № 7 Прочитайте текст и установите соответствие  
Для разработки и тестирования систем управления РДТТ применяются разные модели. Соотнесите виды моделей с их назначением.
1. Физико-математическая модель
  2. Идентификационная модель
  3. Аппроксимационная модель
  4. Статическая модель
- А. Анализ влияния параметров конструкции на характеристики  
Б. Обратная связь для настройки алгоритмов управления  
В. Быстрая оценка поведения системы на основе экспериментальных данных  
Г. Анализ стационарных режимов работы  
Д. Описание переходных процессов и временных характеристик
- № 8 Прочитайте текст и установите последовательность

При работе системы регулирования сопла РДТТ необходимо учитывать воздействие динамических возмущений, вызванных резкими изменениями давления в камере сгорания.

Действия:

1. Регистрация параметров давления и динамических изменений в камере сгорания
2. Анализ влияния резких изменений давления на отклонение положения сопла
3. Моделирование динамических возмущений и их компенсация в системе управления
4. Настройка регуляторов для быстрого реагирования на возмущения
5. Проведение испытаний с имитацией резких изменений давления

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Для повышения точности регулирования сопла РДТТ необходимо провести комплексное тестирование с включением новых датчиков и алгоритмов фильтрации шумов.

Действия:

1. Интеграция новых датчиков в систему управления
2. Анализ характеристик шумов и помех в сигналах
3. Разработка алгоритмов фильтрации шумов
4. Проведение испытаний системы с новыми алгоритмами
5. Оценка эффективности фильтрации и подготовка отчёта

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

**В каких случаях система регулирования РДТТ может перейти в режим автоколебаний?**

1. При наличии положительной обратной связи
2. При чрезмерном демпфировании сигнала
3. При наличии запаздывания в контуре управления
4. При отсутствии регулятора

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

**Какие стратегии управления наиболее эффективны при переходных режимах работы РДТТ с нестабильным горением?**

1. Использование модели предиктивного управления (МРС)
2. Применение классического П-регулятора
3. Добавление корректора на основе адаптивной фильтрации
4. Использование фиксированных жёстких ограничений на тягу

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

При разработке системы регулирования РДТТ, склонного к акустической неустойчивости, какие действия следует предпринять?

1. Внедрить элементы подавления колебаний в регулятор
2. Перейти на программную реализацию регулятора с высокой частотой обновления
3. Исключить обратную связь
4. Игнорировать колебания, если среднее давление стабильно

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

№ 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Для оценки переходного процесса при отклонении сопла РДТТ используют следующий входной сигнал:

1. Шумовой
2. Пилообразный
3. Ступенчатый
4. Гармонический

№ 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

При моделировании системы управления вектором тяги РДТТ для анализа устойчивости методом Ляпунова необходимо:

1. Использовать преобразование Фурье
2. Определить фазовый сдвиг
3. Построить функцию Ляпунова
4. Осуществить цифровую фильтрацию сигнала

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что происходит с фазовой устойчивостью системы управления соплом при увеличении запаздывания сигнала?

1. Увеличивается

2. Уменьшается
  3. Остаётся постоянной
  4. Повышается скорость отклика
- № 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Опишите процесс построения математической модели динамики системы регулирования отклонения сопла РДТТ с учетом нелинейных эффектов и внешних возмущений.
- № 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Объясните, каким образом можно использовать метод анализа устойчивости по корням характеристического уравнения для оценки работы системы автоматического регулирования РДТТ.
- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие  
В процессе разработки математической модели системы регулирования РДТТ необходимо соотнести физические параметры конструкции с соответствующими элементами модели.
1. Масса подвижного сопла
  2. Жесткость подвеса сопла
  3. Момент инерции сопла
  4. Демпфирующий элемент привода
- А. Коэффициент сопротивления
- Б. Дифференциальное уравнение второго порядка
- В. Амплитуда колебаний системы
- Г. Постоянная времени колебательного звена
- Д. Угловое ускорение сопла
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность  
Для оценки устойчивости автоматической системы регулирования сопла РДТТ используется комплексный метод. Установите правильную последовательность действий:
1. Составление характеристического уравнения системы
  2. Определение коэффициентов уравнения
  3. Применение критерия Рауса–Гурвица
  4. Анализ результатов и вывод об устойчивости
  5. Построение корневого локуса
- № 8 Прочитайте текст и установите последовательность  
Для разработки алгоритма адаптивного регулирования сопла РДТТ требуется установить последовательность действий по построению и проверке модели с самонастройкой.
- Действия:
1. Формулировка исходной математической модели с параметрами
  2. Внедрение адаптивного закона изменения параметров регулятора
  3. Проведение численного моделирования адаптивной системы
  4. Анализ устойчивости системы с адаптацией параметров
  5. Оптимизация алгоритма на основе анализа результатов
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие основные элементы учитываются при построении физической модели системы управления соплом РДТТ?
1. Масса и жесткость конструкции
  2. Степень расширения сопла по давлению
  3. Тип используемого топлива
  4. Температура воспламенения
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
При разработке модели исполнительного механизма регулирования сопла, какие компоненты оказывают наибольшее влияние на поведение модели?
1. Коэффициент усиления
  2. Длина сверхзвуковой части сопла
  3. Запаздывание сигнала
  4. Скорость выгорания топлива
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
В каких случаях при моделировании САР сопла используется аппроксимация линейной моделью?
1. При анализе переходного процесса



2. При малых отклонениях от равновесия
  3. При критических перегрузках
  4. При нестационарном расходе топлива
- № 12 Прочитайте текст и установите соответствие
- Математическая модель отклонения сопла РДТТ учитывает различные типы входных воздействий. Установите соответствие типа входного сигнала и цели применения.
1. Ступенчатый
  2. Гармонический
  3. Импульсный
  4. Шумовой
- А. Исследование точности стабилизации
- Б. Оценка частотной характеристики
- В. Определение переходной характеристики
- Г. Анализ устойчивости к помехам
- Д. Оценка инерционности привода