

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 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-космическая техника |
| 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: 2026

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 Саваровский А.А., к.т.н.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н.

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. | Регулирования тяги РДТТ изменением площади критического сечения сопла. | 4 |
| 14 | | Регулирования тяги РДТТ изменением подачи дополнительного компонента. | 4 |
| 15 | | Анализ РДТТ с гашением тяги. | 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.rflbr.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 - 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-космическая техника 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. |
|--|--|--------------------|
| Раздел 1. Введение. | | |
| Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе. | А. А. Ерофеев. . Теория автоматического управления: СПб.: Политехника, 2003 (1) В. Ю. Шишмарёв. . Основы автоматического управления: Москва: Юрайт, 2021 (Введение) | 3 |
| Итого по разделу 1 | | 3 |
| Раздел 2. Общие принципы построения линейных САУ. | | |
| 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 |
| Раздел 3. Воздействия на САУ. | | |
| 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 |
| Раздел 4. Устойчивость САУ. | | |
| 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 |
| Раздел 5. Раздел 5. Качество систем управления. | | |
| 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 |
| Раздел 6. Нелинейные САУ. | | |
| Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе. | В. Ю. Шишмарёв. . Основы автоматического управления: Москва: Юрайт, 2020 (11) | 5 |
| Итого по разделу 6 | | 5 |
| Раздел 7. Дискретные САУ. | | |
| 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 |
| Раздел 8. Задачи регулирования РДТТ. | | |
| Самостоятельная углубленная проработка раздела дисциплины по рекомендуемой литературе. | 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) Ю. С Соломонов, А. М. Липанов, А. В. Алиев. . Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки: Москва: Машиностроение, 2011 (2) | 26 |
| Итого по разделу 8 | | 26 |
| Раздел 9. Характеристики РДТТ. | | |
| 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 (семестр 7)

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:

0-59 - не зачтено

60 - 74 - зачтено-удовлетворительно

75 - 84 - зачтено-хорошо

85+ - зачтено-отлично

Дифференцированный зачет (семестр 8)

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 60 балла - не зачтено;

60 - 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 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
- № 2 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
- № 3 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
- № 4 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
- № 5 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
- № 6 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
- № 7 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Охарактеризуйте влияние динамики исполнительных механизмов сопла на общую устойчивость системы автоматического регулирования РДТТ.
- № 8 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?
- № 9 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 (Kd)
 4. Чрезмерно высокий Кр
 - А. Сохранение постоянной ошибки
 - Б. Устранение статической ошибки
 - В. Подавление резких пиков сигнала
 - Г. Возможные автоколебания
 - Д. Уменьшение времени регулирования
- № 10 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
- № 11 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
- № 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 и запишите развернутый обоснованный ответ
- Опишите процесс построения математической модели динамики системы регулирования отклонения сопла РДТТ с учетом нелинейных эффектов и внешних возмущений.
- № 2 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.
- № 3 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
- № 4 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
- № 5 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
- № 6 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
- № 7 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
- № 8 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
- № 9 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
- № 10 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
- № 11 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
- № 12 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