

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 31

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель направления

проф., д.т.н., проф. \_\_\_\_\_

(должность, уч. степень, звание)

А.Л. Ронжин \_\_\_\_\_

(инициалы фамилия)

(подпись)

«23» июня 2021 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория автоматического управления»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	13.05.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Специальные электромеханические системы
Наименование направленности	Электромеханические системы специальных устройств и изделий
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург – 2021

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

ст.преп.

(должность, уч. степень, звание)

23.06.2021

(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 31

«23» июня 2021 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 31

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)

23.06.2021

(подпись, дата)

В.Ф. Шишлаков

(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 13.05.02(01)

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

23.06.2021

(подпись, дата)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.э.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

23.06.2021

(подпись, дата)

Г.С. Армашова-Тельник

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Теория автоматического управления» входит в образовательную программу высшего образования – программу специалитета по направлению подготовки/ специальности 13.05.02 «Специальные электромеханические системы» направленности «Электромеханические системы специальных устройств и изделий». Дисциплина реализуется кафедрой «№31».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий»

ОПК-4 «Способен использовать методы анализа, моделирования и оценки качества действующих и проектируемых образцов элементов специальных электромеханических систем»

ОПК-6 «Способен применять нормы законодательства Российской Федерации в профессиональной деятельности»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением теоретических основ и прикладных алгоритмов разработки и исследования систем автоматического управления, в том числе:

- основные положения теории управления, современные тенденции в развитии и применении систем автоматического управления.
- применение теоретических знаний к решению конкретных инженерных задач проектирования систем автоматического управления различными объектами;
- использование современных пакетов математического моделирования для решения задач анализа и синтеза систем автоматического управления.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Теория автоматического управления представляет собой научную дисциплину, имеющую важное фундаментальное и прикладное значение. Она занимает одно из центральных мест среди технических наук общего применения. Теория управления является базой для проектирования и исследования автоматических и автоматизированных систем во всех отраслях производства.

Целью преподавания дисциплины является изучение студентами основ теории автоматического управления, а также получение практических навыков, необходимых при создании, исследовании и эксплуатации систем и средств автоматизации и управления.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	ОПК-1.У.1 умеет алгоритмизировать решение задач и реализовать алгоритмы с использованием программных средств
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-4 Способен использовать методы анализа, моделирования и оценки качества действующих и проектируемых образцов элементов специальных электромеханических систем	ОПК-4.3.1 знает особенности режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования объектов электроэнергетики; назначение, конструкцию, технические параметры и принцип работы электрооборудования
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-6 Способен применять нормы законодательства Российской Федерации в профессиональной деятельности	ОПК-6.В.1 владеет навыками обеспечения оптимальных режимов и параметров технологического процесса после проведенных работ с учетом требований норм законодательства Российской Федерации и технических регламентов в сфере профессиональной деятельности

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Математика. Математический анализ»,
- «Физика».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Электропривод»,
- «Системы управления торможением летательных аппаратов».

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам	
		№5	№6
1	2	3	4
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	7/ 252	3/ 108	4/ 144
<b>Из них часов практической подготовки</b>			
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	119	51	68
в том числе:			
лекции (Л), (час)	34	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	34	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)	51	17	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
экзамен, (час)	45		45
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	88	57	31
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Дифф. Зач., Экз.	Дифф. Зач.	Экз.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

## 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5					
Раздел 1. Основные понятия теории автоматического управления.	2	-	-	-	12
Раздел 2. Преобразование Лапласа и аппарат передаточных функций	5	6	7	-	13
Раздел 3. Корневые оценки устойчивости и качества систем управления	4	-	3	-	16
Раздел 4. Частотные методы анализа и синтеза систем управления	6	11	7	-	16

Итого в семестре:	17	17	17		57
Семестр 6					
Раздел 5. Модели в пространстве состояний	3	17	-	-	10
Раздел 6. Модальное управление и наблюдающие устройства	6	-	13	-	10
Раздел 7. Оптимальное и адаптивное управление в пространстве состояний	5	-	-	-	11
Раздел 8. Нелинейные системы.	3	-	4	-	
Итого в семестре:	17	17	34		31
Итого:	34	34	51	0	88

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Основные понятия теории автоматического управления (ТАУ). История развития ТАУ. классификация объектов и систем управления (СУ); этапы синтеза системы управления; примеры СУ техническими, экономическими и организационными объектами; задачи теории управления. Разомкнутые и замкнутые системы; компенсация возмущений; системы с компенсацией параметрических возмущений; идентификация, адаптивное управление. Классификации СУ: по типу сигналов; по типу алгоритма.
2	Преобразование Лапласа и аппарат передаточных функций. Линейные СУ и их свойства. Принципы и примеры линеаризации. Линеаризация системы со многими входами. Операторная форма записи уравнений СУ. Преобразование Лапласа. Передаточная функция. Нули и полюса. Типовые динамические звенья. Единичная ступенчатая функция и дельта-функция. Переходная функция и функция веса. Правила преобразования структурных схем систем автоматического управления. Использование графовой модели: формула Мейсона. Преимущества и недостатки введения обратной связи. Частные передаточные функции. Чувствительность систем управления. Точность в установившихся режимах. Инвариантные системы.
3	Корневые оценки устойчивости и качества систем управления. Показатели качества переходного процесса во временной области. Корневые оценки качества переходного процесса. Влияние нулей. Интегральные оценки качества переходного процесса. Установившаяся ошибка системы управления с обратной связью. Статические и астатические системы. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Алгебраический критерий устойчивости. Структурно неустойчивые системы. Корневые показатели качества переходного процесса. Корневой годограф. Прямой синтез параметров регулятора.
4	Частотные методы анализа и синтеза систем управления. Частотная характеристика динамического звена. Полоса пропускания и

	частота среза. Логарифмические частотные характеристики: ЛАЧХ и ЛФЧХ. Алгоритм построения ЛАЧХ разомкнутой системы. Критерий устойчивости Михайлова. Формулировка частотного критерия устойчивости Найквиста. Критерий Найквиста для систем с запаздыванием. Оценка запасов устойчивости по ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы. Частотные критерии качества. Запасы устойчивости. Точность при гармоническом воздействии. Оценка качества следящей системы по виду ЛАЧХ разомкнутой системы. Коррекция с помощью дифференцирующего устройства и интегро-дифференцирующей цепи. Частотный синтез последовательного корректирующего устройства общего вида. Типовые аналоговые корректирующие звенья.
5	Модели в пространстве состояний. Метод пространства состояний. Общие понятия. Модели систем в переменных состояния в виде сигнального графа. Временные характеристики и переходная матрица состояния. Линеаризация в пространстве состояний. Структурные преобразования в пространстве состояний. Переходная матрица состояния. Решение уравнений состояния. Матричные передаточные функции. Каноническая форма управляемости; наблюдаемости; идентифицируемости. Диагональная каноническая форма. Уравнения состояния и сигнальный граф. Преобразование подобия
6	Модальное управление и наблюдающие устройства. Критерий управляемости. Устойчивость линейной системы в пространстве состояний. Собственные значения и собственные векторы. Модальное управление. Синтез модального регулятора в канонической форме управляемости. Выбор полюсов желаемой замкнутой системы. Формула Аккермана. Устранение статической ошибки расширением вектора состояния. Критерий наблюдаемости. Наблюдатель полного порядка. Редуцированные наблюдающие устройства.
7	Оптимальное и адаптивное управление в пространстве состояний. Оптимальное управление в пространстве состояний. Критерии оптимальности. Линейные квадратичные регуляторы. Прямое и не прямое адаптивное управление. Принципы адаптивного управления с эталонной моделью. Адаптивный регулятор с эталонной моделью в пространстве состояний. Критерий идентифицируемости. Методы идентификации. Адаптивная система с идентификатором в пространстве состояний.
8	Нелинейные системы. Необходимость в нелинейных моделях. Безынерционные нелинейные элементы. Динамические нелинейные элементы. Расчетные формы нелинейных моделей. Метод фазовой плоскости. Анализ поведения СУ на фазовой плоскости. Особенности фазовых портретов нелинейных систем. Связь фазовых траекторий со временем. Системы с переменной структурой. Первый и второй методы Ляпунова. Гармоническая линеаризация нелинейного элемента. Определение параметров периодических режимов.

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
-------	---------------------------	----------------------------	---------------------	---------------------------------------	----------------------

Семестр 5					
1	Линеаризация нелинейных систем	Решение задач	3	-	2
2	Сигнальные графы и формула Мейсона	Решение задач	3	-	2
3	Частотные характеристики	Решение задач	3	-	4
4	Логарифмические частотные характеристики	Решение задач	4	-	4
5	Критерии устойчивости	Решение задач	4	-	4
Семестр 6					
6	Передаточная функция и уравнения состояния	Решение задач	6	-	5
7	Линеаризация в пространстве состояний	Решение задач	7	-	5
8	Матричная экспонента и матричная передаточная функция	Решение задач	8	-	5
9	Преобразования подобия и канонические формы	Решение задач	9	-	5
10	Диагональная каноническая форма	Решение задач	10	-	5
11	Модальный синтез системы 2 порядка	Решение задач	11	-	5
Всего			34	-	

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 5				
1	Динамические звенья и их характеристики во временной области	3	-	2
2	Исследование преобразований структурных схем	4	-	2
3	Исследование ПИД-регуляторов	3	-	3
4	Частотный синтез корректирующего устройства	4	-	4

5	Синтез регулятора двигателя постоянного тока	3	-	4
Семестр 6				
6	Цикл работ «Синтез модального регулятора с помощью формулы Аккермана»			
	6.1 Синтез системы для достижения перерегулирования 0%	3	-	6
	6.2 Синтез системы для достижения перерегулирования 30%	2	-	6
7	Цикл работ «Синтез модального регулятора с наблюдающим устройством»			
	7.1 Синтез наблюдающего устройства при достижении перерегулирования 0%	2	-	6
	7.2 Синтез наблюдающего устройства при достижении перерегулирования 30%	2	-	6
8	Синтез модального регулятора с расширенным вектором состояния	4	-	6
9	Исследование статических нелинейностей и методов их компенсации	4	-	8
Всего		34		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы  
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся  
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 5, час	Семестр 6, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	45	30	15
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	16	10	6
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	27	17	10
Всего:	88	57	31

5. Перечень учебно-методического обеспечения  
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий  
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.  
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров
--------------------	--------------------------	------------------------

		в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	Теория автоматического управления : учебное пособие. Ч. 1 / М. В. Бураков ; С.-Петербур. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2013. - 254 с.	
	Теория автоматического управления : учебное пособие. Ч. 2 / М. В. Бураков ; С.-Петербур. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2015. - 143 с.	
	Теория автоматического управления. Нелинейные системы : учебное пособие. Ч.3 / М. В. Бураков ; С.-Петербур. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2018. - 178 с.	
681.5 Е 78	Ерофеев, А. А. Теория автоматического управления [Текст] : учебник для вузов / А. А. Ерофеев. - 2-е изд., доп. и перераб. - СПб. : Политехника, 2005. - 302 с.	99
681.5 Б 53	Бесекерский, Виктор Антонович (проф., лауреат Гос. премии). Теория систем автоматического управления [Текст] / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. - 4-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Профессия, 2007. - 752 с.	10
<a href="https://new.znaniium.com/catalog/product/548433">https://new.znaniium.com/catalog/product/548433</a>	Панкратов, В. В. Избранные разделы современной теории автоматического	

	управления/ПанкратовВ.В., НосО.В., ЗимаЕ.А. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 223 с.: ISBN 978-5-7782- 1810-9. - Текст : электронный.	
--	--	--

7. Перечень электронных образовательных ресурсов  
информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
	Не предусмотрено

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Matlab

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	
2	Компьютерный класс	

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Тесты.
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты;

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код
-------	--	-----

		индикатора
1.	Метод пространства состояний. Общие понятия. Примеры	ОПК-1.У.1
2.	Уравнения состояния и сигнальный граф	
3.	Модальное управление. Основная теорема	
4.	Первый и второй методы Ляпунова	
5.	Частотный метод исследования абсолютной устойчивости	
6.	Необходимое и достаточное условия абсолютной устойчивости	
7.	Прямое и не прямое адаптивное управление	
8.	Адаптивный регулятор с эталонной моделью в пространстве состояний	
9.	Переход от уравнений состояния к передаточной функции для RLC-цепи	
10.	Анализ поведения СУ на фазовой плоскости	
11.	Условия возникновения и уравнения скользящего режима	
12.	Анализ и синтез линейных стохастических систем при стационарных случайных воздействиях	
13.	Анализ нелинейных замкнутых систем методом статистической линеаризации	
14.	Линейные квадратичные регуляторы	ОПК-6.В.1
15.	Критерии управляемости и наблюдаемости	
16.	Критерий идентифицируемости	
17.	Наблюдающие устройства	
18.	Основные положения метода гармонического баланса	
19.	Нелинейный фильтр с фазовым опережением	
20.	Нелинейный фильтр с амплитудным ослаблением	
21.	Оптимальное управление в пространстве состояний	

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.  
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
1.	Этапы синтеза системы управления	ОПК-1.У.1
2.	Линеаризация: системы со многими входами	
3.	Корневые оценки качества переходного процесса. Влияние нулей	
4.	Интегральные оценки качества переходного процесса	
5.	Частотные критерии качества	
6.	Правила преобразования структурных схем систем автоматического управления	
7.	Сигнальные графы и метод Мейсона	
8.	Корневой годограф	
9.	Оценка запасов устойчивости по ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы	
10.	Частотный синтез последовательного корректирующего устройства	
11.	Частотная характеристика динамического звена. Полоса пропускания и частота среза	ОПК-4.3.1
12.	Логарифмические частотные характеристики	
13.	Анализ систем управления в частотной области. Получение частотных характеристик по передаточным функциям	
14.	ПИД-регуляторы	ОПК-6.В.1
15.	Необходимое условие устойчивости систем управления	

16.	Прямой синтез параметров регулятора	
-----	-------------------------------------	--

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
Семестр 5		
1.	Амплитудной частотной характеристикой является: 1) модуль частотной передаточной функции 2) аргумент частотной передаточной функции 3) вещественная часть частотной передаточной функции 4) мнимая часть частотной передаточной функции	ОПК-1.У.1
2.	В устойчивой системе самое большое отношение мнимой части характеристического корня к его действительной части характеризует: 1) колебательность 2) статическую точность 3) запас устойчивости по фазе 4) быстродействие	
3.	Дано дифференциальное уравнение $\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{3dy}{dt} + y = \frac{10dx}{dt}$ , какая передаточная функция ему соответствует? 1) $W = \frac{10s}{s^2 + 3s + 1}$ 2) $W = \frac{10s^2}{s^2 + 3s + 1}$ 3) $W = \frac{10}{s^2 + 3s + 1}$ 4) $W = \frac{10}{3s^2 + s + 1}$	
4.	Дано дифференциальное уравнение $\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{3dy}{dt} + y = 10x$ , какая передаточная функция ему соответствует? 1) $W = \frac{10s}{s^2 + 3s + 1}$ 2) $W = \frac{10s^2}{s^2 + 3s + 1}$ 3) $W = \frac{10}{s^2 + 3s + 1}$	

	4) $W = \frac{10}{3s^2 + s + 1}$	
5.	<p>Для параллельного соединения <math>N</math> динамических звеньев справедлива формула:</p> <p>1) <math>W(s) = \sum_{i=1}^N W_i(s)</math></p> <p>2) <math>W(s) = \prod_{i=1}^N W_i(s)</math></p> <p>3) <math>W(s) = \frac{1}{N} \prod_{i=1}^N W_i(s)</math></p> <p>4) <math>W(s) = N \sum_{i=1}^N W_i(s)</math></p>	
6.	<p>Для последовательного соединения <math>N</math> динамических звеньев справедлива формула:</p> <p>1) <math>W(s) = \sum_{i=1}^N W_i(s)</math></p> <p>2) <math>W(s) = \prod_{i=1}^N W_i(s)</math></p> <p>3) <math>W(s) = \frac{1}{N} \prod_{i=1}^N W_i(s)</math></p> <p>4) <math>W(s) = N \sum_{i=1}^N W_i(s)</math></p>	
7.	<p>Алгебраический критерий устойчивости Рауса-Гурвица позволяет:</p> <p>1) Судить об абсолютной устойчивости по коэффициентам характеристического уравнения</p> <p>2) Судить об устойчивости по полюсам системы</p> <p>3) Судить об устойчивости по корням характеристического уравнения</p> <p>4) Судить о запасах устойчивости по коэффициентам характеристического уравнения</p>	ОПК-4.3.1
8.	<p>Если ЛАЧХ и ЛФЧХ звена представляют собой горизонтальные прямые, то это звено:</p> <p>1) пропорциональное</p> <p>2) интегрирующее</p> <p>3) дифференцирующее</p> <p>4) апериодическое первого порядка</p>	
9.	<p>В каком случае замкнутая система будет устойчива при единственном достижении ЛФЧХ значения <math>-\pi</math>?</p> <p>1) при достижении ЛФЧХ значения <math>-\pi</math> ЛАЧХ будет отрицательной</p> <p>2) при достижении ЛФЧХ значения <math>+\pi</math> ЛАЧХ будет отрицательной</p> <p>3) при достижении ЛФЧХ значения <math>-\pi</math> ЛАЧХ будет положительной</p> <p>4) при достижении ЛФЧХ значения <math>+\pi</math> ЛАЧХ будет положительной</p>	
10.	<p>Если на вход линейной динамической системы подать гармоническое воздействие, то выходной сигнал будет представлять собой:</p> <p>1) гармоническую функцию той же частоты, но с измененной амплитудой и фазой</p> <p>2) гармоническую функцию, но с измененной частотой, амплитудой и фазой</p>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>3) гармоническую функцию с той же амплитудой, но с измененной частотой и фазой</li> <li>4) гармоническую функцию с той же фазой, но с измененной амплитудой и частотой</li> </ul>	
11.	<p>Если у инерционного звена уменьшить постоянную времени <math>T</math> до нуля, звено преобразуется в:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) пропорциональное</li> <li>2) интегрирующее</li> <li>3) дифференцирующее</li> <li>4) апериодическое первого порядка</li> <li>5) консервативное</li> </ul>	
12.	<p>К каким последствиям приводит введение отрицательной обратной связи?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Уменьшаются коэффициент усиления и чувствительность системы</li> <li>2) Увеличиваются коэффициент усиления и чувствительность системы</li> <li>3) Коэффициент усиления увеличивается, а чувствительность уменьшается</li> <li>4) Коэффициент усиления уменьшается, а чувствительность увеличивается</li> </ul>	ОПК-6.В.1
13.	<p>Какие эффекты вызывает увеличение дифференциального коэффициента в ПИД- регуляторе?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Уменьшение перерегулирования</li> <li>2) Рост времени нарастания и статической ошибки, уменьшение перерегулирования</li> <li>3) Уменьшение времени нарастания и статической ошибки, рост перерегулирования</li> <li>4) Уменьшение времени нарастания, рост статической ошибки и перерегулирования</li> </ul>	
14.	<p>В каком случае система имеет склонность к колебаниям?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Характеристическое уравнение содержит комплексные корни</li> <li>2) Характеристическое уравнение содержит только вещественные корни</li> <li>3) Система неустойчива</li> <li>4) Характеристическое уравнение содержит только комплексные корни</li> </ul>	
15.	<p>Выходной сигнал будет монотонно возрастать, если ступенчатый входной сигнал подать на звено с передаточной функцией:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) <math>W = \frac{k}{s}</math></li> <li>2) <math>W = \frac{k}{s^2 + 0,02s + 1}</math></li> <li>3) <math>W = \frac{k}{s^2 + 1}</math></li> <li>4) <math>W = ks</math></li> </ul>	
16.	<p>Если <math>\eta</math> – степень устойчивости системы, то время переходного процесса можно оценить по формуле:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) <math>t \approx \frac{3}{\eta}</math></li> </ul>	

	2) $t \approx \frac{1}{\eta}$ 3) $t \approx 2\eta$ 4) $t \approx 5\eta$	
Семестр 6		
17.	Метод пространства состояния подразумевает, что состояние системы это: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Совокупность таких переменных, знание которых позволяет, при известном выходе и известных уравнениях динамики, описать прошлое состояние системы и значение ее входа</li> <li>2) Совокупность таких переменных, знание которых позволяет описать характеристики переходного процесса в системе</li> <li>3) Совокупность таких переменных, знание которых позволяет, при известном входе и известных уравнениях динамики, описать будущее состояние системы и значение ее выхода</li> <li>4) Совокупность таких переменных, знание которых позволяет описать расположение корней замкнутой системы</li> </ol>	ОПК-1.У.1
18.	Каким должно быть количество переменных состояния? <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Должно быть равно количеству входов объекта.</li> <li>2) Должно быть равно количеству выходов объекта</li> <li>3) Количество переменных состояния должно быть равно порядку системы</li> <li>4) Количество зависит от критериев качества управления</li> </ol>	
19.	Управляемость системы описывается условием: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>\text{rank} \begin{bmatrix} A &amp; BA &amp; B^2A &amp; \dots &amp; B^{n-1}A \end{bmatrix} = n</math></li> <li>2) <math>\text{rank} \begin{bmatrix} B &amp; AB &amp; A^2B &amp; \dots &amp; A^{n-1}B \end{bmatrix} = n</math></li> <li>3) <math>\text{rank} \begin{bmatrix} A; CA; CA^2; \dots; CA^{n-1} \end{bmatrix}^T = n</math></li> <li>4) <math>\text{rank} \begin{bmatrix} A; AC; AC^2; \dots; AC^{n-1} \end{bmatrix}^T = n</math></li> </ol>	
20.	Наблюдаемость системы описывается условием: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>\text{rank} \begin{bmatrix} A &amp; BA &amp; B^2A &amp; \dots &amp; B^{n-1}A \end{bmatrix} = n</math></li> <li>2) <math>\text{rank} \begin{bmatrix} B &amp; AB &amp; A^2B &amp; \dots &amp; A^{n-1}B \end{bmatrix} = n</math></li> <li>3) <math>\text{rank} \begin{bmatrix} A; CA; CA^2; \dots; CA^{n-1} \end{bmatrix}^T = n</math></li> <li>4) <math>\text{rank} \begin{bmatrix} A; AC; AC^2; \dots; AC^{n-1} \end{bmatrix}^T = n</math></li> </ol>	
21.	Идентифицируемость системы описывается условием: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>\text{rank} \begin{bmatrix} A &amp; BA &amp; B^2A &amp; \dots &amp; B^{n-1}A \end{bmatrix} = n</math></li> <li>2) <math>\text{rank} \begin{bmatrix} X_0; AX_0; A^2X_0; \dots; A^{n-1}X_0 \end{bmatrix} = n</math></li> <li>3) <math>\text{rank} \begin{bmatrix} A; CA; CA^2; \dots; CA^{n-1} \end{bmatrix}^T = n</math></li> <li>4) <math>\text{rank} \begin{bmatrix} A; AC; AC^2; \dots; AC^{n-1} \end{bmatrix}^T = n</math></li> </ol>	
22.	Какая из следующих систем не является управляемой? <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>A = \begin{bmatrix} 0 &amp; 1 \\ 0 &amp; -2 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix}; C = [1 \quad 1].</math></li> </ol>	ОПК-4.3.1

	<p>2) <math>A = \begin{bmatrix} 0 &amp; 1 \\ 1 &amp; -2 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}; C = [1 \ 0].</math></p> <p>3) <math>A = \begin{bmatrix} -2 &amp; 0 \\ 0 &amp; -2 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}; C = [0 \ 1].</math></p> <p>4) <math>A = \begin{bmatrix} 2 &amp; 1 \\ 2 &amp; -2 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}; C = [1 \ 1].</math></p>	
23.	<p>Какая из следующих систем не является наблюдаемой?</p> <p>1) <math>A = \begin{bmatrix} 0 &amp; 1 \\ 0 &amp; -2 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix}; C = [1 \ 1].</math></p> <p>2) <math>A = \begin{bmatrix} 0 &amp; 1 \\ 1 &amp; -2 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}; C = [1 \ 0].</math></p> <p>3) <math>A = \begin{bmatrix} -2 &amp; 0 \\ 0 &amp; -2 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}; C = [0 \ 1].</math></p> <p>4) <math>A = \begin{bmatrix} 2 &amp; 1 \\ 2 &amp; -2 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}; C = [1 \ 1].</math></p>	
24.	<p>Дано описание нелинейной системы <math>\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 = f_1 \\ \dot{x}_2 = -x_1x_2 - x_2 + u = f_2 \end{cases}</math>.</p> <p>Какой будет матрица <math>A</math> при линеаризации в рабочей точке <math>X(0)=[-1 \ 1]</math>?</p> <p>1) <math>A = \begin{bmatrix} 0 &amp; 1 \\ -1 &amp; 0 \end{bmatrix}</math></p> <p>2) <math>A = \begin{bmatrix} 0 &amp; 1 \\ 1 &amp; 0 \end{bmatrix}</math></p> <p>3) <math>A = \begin{bmatrix} 0 &amp; 1 \\ 0 &amp; 1 \end{bmatrix}</math></p>	
25.	<p>Дано описание нелинейной системы <math>\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + u = f_1 \\ \dot{x}_2 = -x_1x_2 - x_2 + 2u = f_2 \end{cases}</math>.</p> <p>Какой будет матрица <math>B</math> при линеаризации в рабочей точке <math>X(0)=[-2 \ 1]</math>?</p> <p>1) <math>B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}</math></p> <p>2) <math>B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}</math></p> <p>3) <math>B = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}</math></p> <p>4) <math>B = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix}</math></p>	
26.	<p>В чем заключается цель модального синтеза системы управления?</p> <p>1) В обеспечении заданного расположения полюсов разомкнутой системы.</p> <p>2) В обеспечении заданного расположения полюсов замкнутой системы.</p>	ОПК-6.В.1

	3) В обеспечении заданного состояния системы. 4) В поиске оптимального управления для перемещения системы в заданное состояние	
27.	В чем заключается достоинство изображения фазовых траекторий на плоскости? 1) В виде единого фазового портрета представляется вся совокупность возможных движений в системе управления. 2) При помощи фазового портрета можно наблюдать за движением системы в рабочей точке (0,0). 3) При помощи фазового портрета можно наблюдать за движением системы в одной рабочей точке системы.	

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

### Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

#### Структура предоставления лекционного материала:

- Методы и средства ТАУ, связь с задачами реального мира;
- Разделы ТАУ, классификация решаемых задач и соответствующих им моделей;
- Классическая ТАУ, использование аппарата передаточных функций;
- Современная ТАУ, методы линейной алгебры;
- Нелинейные системы, особенности описания, методы анализа и синтеза.

#### 11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

#### Требования к проведению практических занятий

Методические указания и требования к проведению практических занятий приведены в следующих источниках:

1. Теория автоматического управления : практикум. ч. 1 / М. В. Бураков ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2016. - 76 с.

Теория автоматического управления : практикум. ч. 2 / М. В. Бураков ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2017. - 67 с.

#### 11.3. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;

- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задания и требования к проведению лабораторных работ приведены в следующих источниках:

1. Теория автоматического управления : методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-9 / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост.: М. В. Бураков, Т. Г. Полякова, А. В. Подзорова. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2006. - 62 с.

2. Теория автоматического управления : методические указания по выполнению лабораторных работ № 1 - 4 / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост. М. В. Бураков. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2016. - 26 с.

3. Теория автоматического управления. Нелинейные системы : методические указания к выполнению лабораторных работ / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост. М. В. Бураков. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2018. - 48 с.

#### Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе имеет форму гипертекстового документа, содержащего задание на лабораторную работу, краткие теоретические сведения по теме работы, описание схем и алгоритмов, использованных при выполнении работы, результаты вычислительных экспериментов в виде графиков (диаграмм), а также выводы по итогам проделанной работы.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет должен содержать титульный лист, а его содержание должно быть оформлено согласно ГОСТ 7.32 – 2017.

Нормативная документация, необходимая для оформления, приведена на электронном ресурсе ГУАП: <https://guap.ru/standart/doc>

#### 11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

#### 11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится путем мониторинга результатов выполнения лабораторных и практических работ, контрольным вопросам на защите практических и лабораторных работ, путем получения обратной связи во время проведения лекций.

Своевременная сдача отчетов по лабораторным и практическим заданиям и положительный результат на защите этих работ может учитываться при проведении промежуточной аттестации.

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

- дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Промежуточная аттестация проводится по ФОС, приведенному в п.10.3 данной рабочей программы дисциплины.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой