

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

Кафедра № 31

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

Ст. преп.

(должность, уч. степень, звание)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«4» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория дискретных систем управления»
(Наименование дисциплины)

| | |
|---|---|
| Код направления подготовки/ специальности | 27.03.04 |
| Наименование направления подготовки/ специальности | Управление в технических системах |
| Наименование направленности | Управление и информатика в технических системах |
| Форма обучения | очная |
| Год приема | 2025 |

Санкт-Петербург– 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Ст. преп.

(должность, уч. степень, звание)


(подпись, дата)

04.02.2025

М.С. Брунов

(инициалы, фамилия)

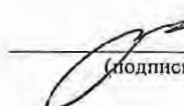
Программа одобрена на заседании кафедры № 31

«4» февраля 2025 г, протокол № 3

Заведующий кафедрой № 31

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)


(подпись, дата)

04.02.2025

В.Ф. Шишлаков

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

Ст. преп.

(должность, уч. степень, звание)


(подпись, дата)

04.02.2025

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Теория дискретных систем управления» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 27.03.04 «Управление в технических системах» направленности «Управление и информатика в технических системах». Дисциплина реализуется кафедрой «№31».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

УК-2 «Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений»

ПК-2 «Способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления»

ПК-3 «Способность к созданию математических и информационных моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной деятельности»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с математическим описанием, анализом и синтезом дискретных систем управления.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа студента, курсовое проектирование, консультации.

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Теория дискретных систем управления находит широкое применение в связи с повсеместным использованием вычислительной техники, как в процессе проектирования систем, так и в качестве управляющих средств. Этим обусловлена целесообразность углубленного изучения дисциплины «Теория дискретных систем управления» в рамках подготовки по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах».

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, 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 |
|--------------------------------|--|---|
| Универсальные компетенции | УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | УК-2.3.3 знать возможности и ограничения применения цифровых инструментов для решения поставленных задач |
| Профессиональные компетенции | ПК-2 Способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления | ПК-2.У.1 умеет получать математические модели объектов профессиональной деятельности ПК-2.В.1 владеет навыками проведения вычислительных экспериментов при помощи стандартных программных средств |
| Профессиональные компетенции | ПК-3 Способность к созданию математических и информационных моделей исследуемых | ПК-3.3.1 знает принципы построения математических и информационных моделей, в том числе интеллектуальных ПК-3.У.1 умеет проводить исследования процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной деятельности, в том числе |

| | | |
|--|--|--|
| | процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной деятельности | с использованием технологий искусственного интеллекта ПК-3.В.1 владеет методами постановки задач и обработки результатов компьютерного моделирования явлений, относящихся к профессиональной деятельности |
|--|--|--|

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра»,
- «Электротехника»,
- «Теория автоматического управления».

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

- «Идентификация и диагностика систем управления»,
- «Проектирование электроприводов».

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 | |
|---|-------------|---------------------------|--------|
| | | №6 | №7 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час) | 6/ 216 | 3/ 108 | 3/ 108 |
| Из них часов практической подготовки | 33 | 11 | 22 |
| Аудиторные занятия, всего час. | 68 | 34 | 34 |
| в том числе: | | | |
| лекции (Л), (час) | 17 | 17 | |
| практические/семинарские занятия (ПЗ), (час) | 17 | | 17 |
| лабораторные работы (ЛР), (час) | 17 | 17 | |
| курсовой проект (работа) (КП, КР), (час) | 17 | | 17 |
| экзамен, (час) | 27 | 27 | |
| Самостоятельная работа, всего (час) | 121 | 47 | 74 |
| Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**) | Экз., Зачет | Экз. | Зачет |

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 6 | | | | | |

| | | | | | |
|---|----|----|----|----|-----|
| Раздел 1. Введение | 2 | | | | 2 |
| Раздел 2. Математическое описание дискретных систем | 3 | | 4 | | 10 |
| Раздел 3. Устойчивость и качество дискретных систем | 2 | | 2 | | 7 |
| Раздел 4. Анализ дискретных систем | 3 | | 4 | | 8 |
| Раздел 5. Синтез цифровых регуляторов | 4 | | 5 | | 10 |
| Раздел 6. Дискретные системы в пространстве состояний | 2 | | 2 | | 10 |
| Итого в семестре: | 17 | | 17 | | 47 |
| Семестр 7 | | | | | |
| | | | | | |
| Выполнение курсовой работы | | | | 17 | |
| Итого в семестре: | | 17 | | 17 | 74 |
| Итого | 17 | 17 | 17 | 17 | 121 |
| | | | | | |

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 | Введение. Основные понятия. Классификация сигналов и систем. Особенности цифровых систем. Методы исследования цифровых систем. Квантование непрерывных сигналов. Квантование по времени и уровню. Теорема Котельникова-Шеннона. Цифровые законы управления. Описание работы цифровой части. Операторные модели. Восстановление непрерывных сигналов. Понятие экстраполятора. Фиксатор нулевого порядка. Другие экстраполяторы. |
| 2 | Математическое описание дискретных систем. z-преобразование. Вычисление изображений. Свойства z-преобразования. Восстановление оригинала. Импульсная характеристика. Дискретная передаточная функция. Нули и полюса. Типовые переходные процессы. Физическая реализуемость. |
| 3 | Устойчивость и качество дискретных систем. Устойчивость по А.М. Ляпунову. Устойчивость линейных систем. Алгебраические критерии устойчивости. Критерий Михайлова для дискретных систем. Критерий Найквиста для дискретных систем. Запасы устойчивости. Интегральные показатели качества. |
| 4 | Анализ дискретных систем. Дискретизация непрерывных процессов. Квантование непрерывных функций. Восстановление непрерывных функций. Модифицированное z-преобразование. Аналоговые модели дискретных сигналов. Аналоговая модель экстраполятора. |

| | |
|---|--|
| | Импульсная модель дискретного сигнала. Дискретизация импульсной системы. Дискретная модель объекта с экстраполятором. Процессы между моментами квантования. Скрытые колебания. Робастность. |
| 5 | Синтез цифровых регуляторов. Переоборудование непрерывных регуляторов. Численное интегрирование. Частотная коррекция. Устойчивость регулятора. Отображение нулей и полюсов. Фиктивное квантование. Аппроксимация частотной характеристики. Оптимальное переоборудование. Регуляторы низкого порядка. Цифровой ПИД регулятор. Аperiodическое управление. Процессы минимальной длительности. Синтез регулятора по эталонной модели. Синтез с помощью билинейного преобразования. Алгоритм синтеза регулятора с использованием ЛАФЧХ. |
| 6 | Дискретные системы в пространстве состояний. Уравнения состояния дискретных систем. Общее решение уравнений состояния. Дискретизация методом матричной экспоненты. Управляемость и наблюдаемость. Критерии управляемости и наблюдаемости. Синтез цифрового модального управления. Модальное управление при неполных измерениях. Синтез цифрового наблюдателя полного порядка. |

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 7 | | | | | |
| 1 | Уравнения состояний дискретных систем. Переход от передаточной функции в пространство состояний и обратно. | Компьютерный практикум | 3 | 0 | 6 |
| 2 | Исследование устойчивости, управляемости и наблюдаемости в пространстве состояний | Компьютерный практикум | 3 | 1 | 6 |
| 3 | Методы дискретизации в пространстве состояний | Компьютерный практикум | 3 | 0 | 6 |
| 4 | Модальное управление в дискретных и цифровых системах | Компьютерный практикум | 4 | 0 | 6 |
| 5 | Наблюдающие устройства в дискретных и цифровых системах | Компьютерный практикум | 4 | 1 | 6 |
| Всего | | | 17 | 2 | |

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 6 | | | | |
| 1 | Цифровые фильтры | 3 | 1 | 1-2 |
| 2 | Дискретизация систем, заданных передаточной функцией | 3 | 1 | 2 |
| 3 | Временные характеристики дискретных систем | 2 | 1 | 2-3 |
| 4 | Частотные характеристики дискретных систем | 2 | 1 | 2-4 |
| 5 | Цифровой ПИД регулятор | 4 | 1 | 5 |
| 6 | Дискретные системы в пространстве состояний | 3 | 1 | 6 |
| Всего | | 17 | 6 | |

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Цель курсовой работы: закрепление навыков построения и анализа математических моделей дискретных объектов управления; выполнения синтеза дискретного регулятора, удовлетворяющего заданным показателям качества; овладение навыками подготовки научно-технических отчетов по результатам исследований САУ.

Часов практической подготовки: 3

Примерные темы заданий на курсовую работу приведены в разделе 10 РПД.

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 6, час | Семестр 7, час |
|---|------------|----------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Изучение теоретического материала дисциплины (ТО) | | 20 | 20 |
| Курсовое проектирование (КП, КР) | | | 30 |
| Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ) | | 12 | 10 |
| Подготовка к промежуточной аттестации (ПА) | | 15 | 14 |
| Всего: | 121 | 47 | 74 |

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/ | Библиографическая ссылка | Количество |
|-------|--------------------------|------------|
|-------|--------------------------|------------|

| | | |
|-----------|--|--|
| URL адрес | | экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров) |
| | Цифровые системы автоматического управления : учеб. пособие /О. О. Жаринов, И. О. Жаринов ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2019. – 113 с. | |
| | Дискретные информационно-измерительные системы: учеб. пособие / Р. Н. Малаханов ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2009. – 111 с.: ил. | |

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 |
|-------|--------------|
| | 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 таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

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

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. |
| Зачет | Список вопросов; Тесты. |
| Выполнение курсовой работы | Экспертная оценка на основе требований к содержанию курсовой работы по дисциплине. |

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"> – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. |
| «хорошо» «зачтено» | <ul style="list-style-type: none"> – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий. |
| «удовлетворительно» «зачтено» | <ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; |

| Оценка компетенции | Характеристика сформированных компетенций |
|---------------------------------------|---|
| 5-балльная шкала | |
| | <ul style="list-style-type: none"> – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. |
| «неудовлетворительно» «не зачтено» | <ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. |

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 | Понятие цифровой автоматической системы (ЦАС) | УК-2.3.3 |
| 2 | Применение АЦП и ЦАП в ЦАС | ПК-2.У.1 |
| 3 | Преимущества и недостатки ЦАС | ПК-2.В.1 |
| 4 | Методы исследования ЦАС | ПК-3.3.1 |
| 5 | Квантование по времени и уровню | ПК-3.У.1 |
| 7 | Импульсные и релейные системы | ПК-3.В.1 |
| 7 | Теорема Котельникова | УК-2.3.3 |
| 8 | Понятие экстраполятора | УК-2.3.3 |
| 9 | Фиксатор нулевого порядка | УК-2.3.3 |
| 10 | Понятие Z-преобразования | УК-2.3.3 |
| 11 | Вычисление изображений | УК-2.3.3 |
| 12 | Свойства Z-преобразования | ПК-2.У.1 |
| 13 | Восстановление оригиналов | ПК-2.У.1 |
| 14 | Импульсная характеристика линейной дискретной системы (в дальнейшем ЛДС) | ПК-2.У.1 |
| 15 | Дискретная передаточная функция (ДПФ) | ПК-2.У.1 |
| 16 | Нули и полюсы ДПФ | ПК-2.У.1 |
| 17 | Устойчивость ЛДС | ПК-2.У.1 |
| 18 | Алгебраические критерии устойчивости | ПК-2.В.1 |
| 19 | Критерий Михайлова для ЛДС | ПК-2.В.1 |
| 20 | Критерий Найквиста для ЛДС | ПК-2.В.1 |
| 21 | Скрытые колебания | ПК-2.В.1 |
| 22 | Робастность | ПК-2.В.1 |
| 23 | Задача переоборудования непрерывных регуляторов (в дальнейшем ПНР) | ПК-2.В.1 |
| 24 | Численное интегрирование при ПНР | ПК-2.В.1 |
| 25 | Устойчивость цифровых регуляторов при ПНР | ПК-2.В.1 |
| 26 | Отображение нулей и полюсов при ПНР | ПК-3.3.1 |
| 27 | Апериодическое управление | ПК-3.3.1 |
| 28 | Синтез с помощью билинейного преобразования | ПК-3.3.1 |
| 29 | Модифицированное Z-преобразование | ПК-3.3.1 |
| 30 | Аналоговые модели дискретных сигналов | ПК-3.3.1 |

| | | |
|----|---|----------|
| 31 | Аналоговая модель экстраполятора | ПК-3.У.1 |
| 32 | Импульсная модель дискретного сигнала | ПК-3.У.1 |
| 33 | Дискретная модель объекта с экстраполятором | ПК-3.У.1 |
| 34 | Процессы между моментами квантования | ПК-3.У.1 |
| 35 | Фиктивное квантование при ПНР | ПК-3.У.1 |
| 36 | Аппроксимация частотной характеристики при ПНР | ПК-3.У.1 |
| 37 | Оптимальное переоборудование | ПК-3.В.1 |
| 38 | Дискретные системы в пространстве состояний | ПК-3.В.1 |
| 39 | Устойчивость дискретных систем в пространстве состояний | ПК-2.У.1 |
| 40 | Дискретизация в пространстве состояний | ПК-2.У.1 |
| 41 | Дискретный регулятор состояния | УК-2.3.3 |
| 42 | Дискретный наблюдатель состояния | УК-2.3.3 |

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 | Характеристический полином дискретной системы в пространстве состояний | УК-2.3.3 |
| 2 | Устойчивость линейных дискретных систем в пространстве состояний | ПК-2.У.1 |
| 3 | Канонические формы в пространстве состояний для дискретных систем | ПК-2.В.1 |
| 4 | Каноническая форма управляемости в пространстве состояний | ПК-3.3.1 |
| 5 | Каноническая форма наблюдаемости в пространстве состояний | ПК-3.У.1 |
| 6 | Решение уравнений состояния дискретной системы | ПК-3.В.1 |
| 7 | Дискретизация методом Эйлера в пространстве состояний | УК-2.3.3 |
| 8 | Дискретизация методом матричной экспоненты | УК-2.3.3 |
| 9 | Переход из пространства состояний к передаточной функции | УК-2.3.3 |
| 10 | Переход от дискретной передаточной функции к канонической форме управляемости | УК-2.3.3 |
| 11 | Переход от дискретной передаточной функции к канонической форме наблюдаемости | ПК-2.У.1 |
| 12 | Управляемость и наблюдаемость дискретных систем | ПК-2.У.1 |
| 13 | Критерии управляемости в пространстве состояний | ПК-2.У.1 |
| 14 | Критерии наблюдаемости в пространстве состояний | ПК-2.В.1 |
| 15 | Цифровое модальное управление | ПК-2.В.1 |
| 16 | Желаемые полюсы модального регулятора дискретной системы | ПК-2.В.1 |
| 17 | Синтез цифрового модального регулятора | ПК-2.В.1 |
| 18 | Модальное управление при неполных измерениях в дискретных системах | ПК-3.3.1 |
| 19 | Дискретный наблюдатель полного порядка | ПК-3.3.1 |
| 20 | Синтез дискретного наблюдателя | ПК-3.У.1 |
| 21 | Желаемые полюсы дискретного наблюдателя | ПК-3.У.1 |
| 22 | Динамика наблюдателя дискретной системы | ПК-3.У.1 |
| 23 | Замкнутая система с регулятором и наблюдателем | ПК-3.У.1 |
| 24 | Выбор полюсов замкнутой дискретной системы в пространстве состояний | ПК-3.В.1 |
| 25 | Исследование устойчивости дискретных систем в MatLAB | ПК-3.В.1 |
| 26 | Исследование управляемости и наблюдаемости в MatLAB | ПК-3.В.1 |

| | | |
|----|---|----------|
| 27 | Синтез дискретного модального регулятора в MatLAB | УК-2.3.3 |
| 28 | Синтез дискретного наблюдателя в MatLAB | УК-2.3.3 |

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 |
|-------|--|
| 1 | Синтез цифрового ПИД регулятора для заданного объекта |
| 2 | Синтез корректирующего устройства с помощью W-преобразования |
| 3 | Синтез цифрового регулятора состояния для заданного объекта |
| 4 | Синтез цифрового модального регулятора для заданного объекта |
| 5 | Синтез цифрового регулятора с наблюдателем состояния для заданного объекта |

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 |
|-------|--|----------------|
| 1 | Аналоговые САУ также называют а) цифровыми б) дискретными в) гибридными г) непрерывными | |
| 2 | Эта операция – нелинейна а) квантование по уровню б) квантование по времени в) дифференцирование г) интегрирование | |
| 3 | Потеря информации происходит при квантовании а) по времени - да, не по уровню – нет б) по уровню - да, по времени - нет г) и по времени, и по уровню – да? д) и времени, по уровню - нет | |
| 4 | ЦАП преобразует а) непрерывный сигнал в дискретный б) дискретный сигнал в цифровой г) цифровой сигнал в аналоговый д) цифровой сигнал – дискретный | |
| 5 | Квантование по времени осуществляется а) выбором отдельных отсчетов б) округлением г) операцией свертки д) разложением в ряд Фурье | |
| 6 | Квантование по уровню осуществляется а) выбором отдельных отсчетов б) округлением г) фильтрацией д) задержкой на пол такта | |
| 7 | Системы с квантованием по времени относят к классу а) стационарных систем | |

| | | |
|----|---|----------|
| | б) импульсных систем г) релейных систем д) нелинейных систем | |
| 8 | Системы с квантованием по уровню относят к классу а) дискретных систем б) импульсных г) релейных систем д) адаптивных систем | |
| 9 | По теореме Котельникова может быть восстановлен сигнал с а) бесконечным спектром б) вещественным спектром г) финитным спектром д) симметричным спектром | |
| 10 | Частота Найквиста равна а) частоте дискретизации а) удвоенной частоте дискретизации а) половине частоты дискретизации а) круговой частоте дискретизации | |
| 11 | Линейный закон управления при котором используются только значения входной последовательности называется а) авторегрессивным процессом б) скользящим средним г) оператором сдвига д) линейной сверткой | |
| 12 | Линейный управления закон при котором используются только предыдущие значения выходной последовательности называется а) авторегрессивным процессом б) скользящим средним г) цифровым фильтром д) линейной сверткой | |
| 13 | Это - линейные разностное уравнение а) $w(z)=1/(1+z)$ б) $b(z)=z+1$ г) $y(k)=y(k-1)+x(k)$ д) $G(k)=Z\{g(k)\}$ | |
| 14 | При квантовании и восстановлении сигнала с помощью фиксатора нулевого порядка а) не возникает запаздывания б) возникает запаздывание на пол такта б) возникает запаздывание на один такта б) возникает запаздывание на четверть такта | ПК-2.У.1 |
| 15 | Аргумент решетчатой функции принимает а) значения, ограниченные по уровню б) только отрицательные значения в) дискретные значения 0,1,2,... г) значения из интервала $[0;1]$ | |
| 16 | Результат применения Z-преобразования к числовой последовательности называют а) оригиналом б) изображением г) линейной сверткой д) импульсной функцией | |

| | | |
|----|--|----------|
| 17 | <p>Z-преобразование отображает последовательность запаздывающую на m тактов по правилу</p> <p>а) $Z\{g[k-m]\} = z^{-k} * G(z-m)$</p> <p>а) $Z\{g[k-m]\} = z^{-m} * G(z-m)$</p> <p>а) $Z\{g[k-m]\} = z^{-m} * G(z)$</p> <p>а) $Z\{g[k-m]\} = z^{-k} * G(z)$</p> | |
| 18 | <p>Z-преобразование свертки решетчатых функций равно</p> <p>а) сумме этих функций</p> <p>б) разности этих функций</p> <p>в) произведению этих функций</p> <p>г) частному от деления первой функции на вторую</p> | |
| 19 | <p>Для восстановления оригинала Z-преобразования применяется</p> <p>а) обратное Z-преобразование</p> <p>б) короткое деление пополам</p> <p>в) длинное деление пополам</p> <p>г) разложение на простые дроби</p> | ПК-2.В.1 |
| 20 | <p>Дискретная передаточная функция линейной стационарной дискретной системы это</p> <p>а) Свертка входного сигнала с весовой функцией</p> <p>б) Z-преобразование импульсной функции</p> <p>в) Свертка выходного сигнала и импульсной функции</p> <p>г) Z-преобразование переходной функции</p> | |
| 21 | <p>Система задана дискретной передаточной функцией $W(z)=(2z+1)/(3z-1)$, найти нули (zero) и полюсы (pole)</p> <p>а) zero=1, pole=-1</p> <p>б) zero=-1, pole=1</p> <p>в) zero=-1/2, pole=1/3</p> <p>г) zero=1/2, pole=-1</p> | |
| 22 | <p>Система задана дискретной передаточной функцией $W(z)=(z+1)/(5z-1)$</p> <p>а) система – устойчива</p> <p>б) система - неустойчива</p> <p>в) на границе устойчивости</p> <p>г) недостаточно информации</p> | |
| 23 | <p>Разомкнутая система имеет дискретную передаточную функцию $W(z)$, тогда замкнутая единичной отрицательной обратной связью система будет иметь передаточную функцию</p> <p>а) $1/(1-w(z))$</p> <p>б) $1/(1+w(z))$</p> <p>в) $w(z)/(1+w(z))$</p> <p>г) $w(z)/(1-w(z))$</p> | |
| 24 | <p>Чтобы применить критерий Михайлова для линейной стационарной системы, кроме вида самого годографа Михайлова нужно знать</p> <p>а) нули системы</p> <p>б) порядок системы</p> <p>в) коэффициент усиления</p> <p>г) частоту среза</p> | |
| 25 | <p>Годограф Найквиста это - годограф</p> <p>а) характеристического уравнения разомкнутой системы</p> <p>б) характеристического уравнения замкнутой системы</p> <p>в) передаточной функции разомкнутой системы</p> <p>г) передаточной функции замкнутой системы.</p> | ПК-3.3.1 |

| | | |
|----|--|----------|
| 26 | <p>Чтобы применить критерий Найквиста для неустойчивой линейной системы, кроме вида самого годографа Найквиста нужно иметь информацию о</p> <p>а) нулях разомкнутой системы б) нулях замкнутой системы в) полюсах разомкнутой системы г) полюсах замкнутой системы</p> | |
| 27 | <p>Чтобы линейная дискретная система была устойчива необходимо и достаточно, чтобы все ее полюсы находились</p> <p>а) слева от мнимой оси б) справа от мнимой оси в) внутри единичного круга г) на единичной окружности</p> | |
| 28 | <p>Преобразование Тастина осуществляется подстановкой</p> <p>а) $s \leftarrow (z-1)/T$ б) $s \leftarrow (z-1)/zT$ в) $s \leftarrow (z-1)/(z+1)$ г) $s \leftarrow 2*(z-1)/(z+1)/T$</p> | |
| 29 | <p>При переоборудовании непрерывных регуляторов с помощью преобразования Тастина</p> <p>а) устойчивый непрерывный может оказаться неустойчивым б) неустойчивый непрерывный может оказаться устойчивым в) устойчивость и неустойчивость всегда сохраняются г) все утверждения - неверные</p> | |
| 30 | <p>При переоборудовании регуляторов наибольшую точность обеспечивает дискретизация методом</p> <p>а) Эйлера б) обратных разностей в) преобразования Тастина г) прямых разностей</p> | |
| 31 | <p>При переоборудовании регуляторов методом отображения полюсов полюса непрерывной системы (p) отображаются в полюса дискретной системы (pd) по правилу</p> <p>а) $pd = e^{pT}$ б) $pd = e^{-pT}$ в) $pd = e^T$ г) $pd = e^p$</p> | ПК-3.У.1 |
| 32 | <p>Считается, что аналоговая передаточная функция имеет q нулей на бесконечности, если порядок ее числителя</p> <p>а) на q меньше порядка числителя б) на q больше порядка числителя в) равен q</p> | |
| 33 | <p>Процессы между моментами квантования могут быть исследованы с помощью</p> <p>а) преобразования Лапласа б) преобразования Фурье в) преобразования Тастина г) модифицированного Z-преобразования</p> | |
| 34 | <p>При апериодическом управлении все желаемые полюсы располагаются на плоскости z</p> <p>а) слева от мнимой оси</p> | |

| | | |
|----|---|----------|
| | б) справа от мнимой оси в) в точке $z=0$ г) на единичной окружности | |
| 35 | При апериодическом управлении а) переходные процессы в моменты квантования заканчиваются за конечное число тактов б) отсутствует перерегулирование в) перерегулирование не превышает 5% г) перерегулирование не превышает 10% | |
| 36 | При синтезе цифровых регуляторов методом билинейного преобразования, когда от дискретной системы переходят к псевдонепрерывной, внутренняя часть единичного круга отображается на а) левую полуплоскость комплексной плоскости б) правую полуплоскость комплексной плоскости в) левую половину единичной окружности г) правую половину единичной окружности | |
| 37 | Назовите основные преимущества применения цифрового ПИД регулятора (не менее двух), с которыми связано его широкое распространение в промышленности | УК-2.3.3 |
| 38 | Перечислите риски, с которыми связано использование апериодического управления (назовите не менее двух) | УК-2.3.3 |
| 39 | Укажите цель, с которой осуществляется переход дискретной к псевдонепрерывной системе, при синтезе цифрового регулятора методом билинейного преобразования | ПК-2.У.1 |
| 40 | Назовите диапазон частот, в котором псевдочастота, используемая при билинейном преобразовании, «практически совпадает» с частотой | ПК-2.В.1 |
| 41 | Укажите порядок и название экстраполятора, имеющего наиболее широкое распространение на практике | ПК-3.У.1 |
| 42 | Назовите тип уравнений, используемых для описания линейных стационарных дискретных систем в пространстве состояний | ПК-3.В.1 |
| 43 | Каково название и размерность матрицы, определяющей устойчивость линейной стационарной дискретной системы, заданной следующими уравнениями? (6 семестр) $x[k+1] = Ax[k] + Bu[k]$ $y[k] = Cx[k] + Du[k]$ | УК-2.3.3 |
| 43 | Линейная дискретная система представлена в пространстве состояний. (6 семестр) $x[k+1] = Ax[k] + Bu[k]$ $y[k] = Cx[k] + Du[k]$ Перечислите матрицы, определяющие устойчивость системы | |
| 44 | Линейная дискретная система представлена в пространстве состояний. (6 семестр) $x[k+1] = Ax[k] + Bu[k]$ $y[k] = Cx[k] + Du[k]$ Перечислите матрицы, формирующие входной сигнал | |
| 45 | Линейная дискретная система представлена в пространстве | |

| | | |
|----|---|----------|
| | состояний. (6 семестр) $x[k+1] = Ax[k] + Bu[k]$ $y[k] = Cx[k] + Du[k]$ Перечислите матрицы, формирующие уравнение выхода | |
| 46 | Назовите две основные стандартные формы, используемые для размещения полюсов желаемой системы при модальном управлении (6 семестр) | ПК-2.У.1 |
| 47 | Укажите основную причину, по которой в системах управления с модальным регулятором, применяется наблюдающее устройство | |
| 48 | Укажите способ выбора полюсов наблюдателя полного порядка для замкнутой линейной дискретной системы с регулятором и наблюдателем полного порядка, если полюса регулятора уже выбраны (6 семестр) | |
| 49 | Укажите последовательность действий при исследовании устойчивости линейной стационарной дискретной системы, заданной передаточной функцией 1)Определения вида характеристического уравнения 2)Нахождение корней характеристического уравнения 3)Определение места расположения полюсов на комплексной плоскости 4)Применения критерия устойчивости | ПК-2.В.1 |
| 50 | Укажите последовательность действий при исследовании управляемости односвязной линейной стационарной дискретной системы управления, заданной в пространстве состояний (6 семестр) 1)Вычисление матрицы управляемости 2)Вычисление определителя матрицы управляемости 3)Заключение о вырожденности или невырожденности матрицы управляемости 3)Применение критерия Калмана | ПК-3.У.1 |
| 51 | Укажите последовательность действий при исследовании наблюдаемости односвязной линейной стационарной дискретной системы управления, заданной в пространстве состояний (6 семестр) 1)Вычисление матрицы наблюдаемости 2)Вычисление определителя матрицы управляемости 3)Заключение о вырожденности или невырожденности матрицы наблюдаемости 4)Применение критерия Калмана | ПК-3.В.1 |
| 52 | Распределите по группам преобразования, которые применяются к непрерывным и дискретным объектам 1)Преобразование Лапласа 2)Преобразование Фурье 3)Z-преобразование | ПК-3.3.1 |
| 53 | Распределите по группам устойчивые и неустойчивые линейные стационарные дискретные объекты 1)Все полюсы расположены внутри единичного круга 2) Все полюсы расположены вне единичного круга 3)Все полюсы равны нулю 4)Действительные части всех полюсов по модулю больше единицы | ПК-3.У.1 |

| | | |
|----|--|----------|
| | 5) Мнимые части всех полюсов по модулю больше единицы | |
| 54 | Распределите по группам управляемые и неуправляемые односвязные линейные стационарные дискретные системы управления, заданные в пространстве состояний (6 семестр) 1) Матрица управляемости невырожденная 2) Матрица управляемости вырождена 3) Определитель матрицы управляемости равен нулю 4) Определитель матрицы управляемости больше единицы | ПК-3.В.1 |

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 ТДСУ, связь с задачами реального мира;

- Разделы ТДСУ, классификация решаемых задач и соответствующих им моделей;
- Классическая ТДСУ, использование аппарата передаточных функций;
- Современная ТДСУ, методы линейной алгебры

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 для обучающихся по прохождению практических занятий по изучению дисциплины «Теория дискретных систем управления» готовятся к размещению на электронном ресурсе каф. №31.

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.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

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

Дискретных системы управления : [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению лабораторных работ / С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост. М.В. Бураков, М.С. Брунов - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2018. - 43 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 курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

Структура пояснительной записки курсового проекта/ работы

Пояснительная записка к курсовой работе должна содержать следующие обязательные разделы;

1. Задание на курсовую работу.
2. Краткие теоретические сведения о методах и алгоритмах, использованных в курсовой работе.
3. Расчетную часть – выбор, обоснование и расчет параметров алгоритмов решения поставленной задачи.
4. Имитационное моделирование – проверку путем вычислительного эксперимента качества решения поставленной задачи.
5. Анализ полученных результатов вычислительного эксперимента.
6. Заключение.

Требования к оформлению пояснительной записки курсового проекта/ работы

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>

11.5. 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).

11.6. 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 работ, контрольными вопросами на защите лабораторных работ, путем проведения обратной связи во время проведения лекций.

Своевременная сдача отчетов по лабораторным работам и положительный результат на их защите может учитываться при проведении промежуточной аттестации.

11.7. 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».

- зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

- 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.

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 |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |