

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

Авторы-составители: **Марценюк Михаил Андреевич
Ощепков Александр Юрьевич**

Рабочая программа дисциплины

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Код УМК 76828

Утверждено
Протокол №4
от «24» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Проектирование цифровых систем управления

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в базовую часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.03** Радиофизика
направленность Электроника, микро- и наноэлектроника

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Проектирование цифровых систем управления** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.03 Радиофизика (направленность : Электроника, микро- и наноэлектроника)

ОПК.8 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей

ПК.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования

ПК.6 способность к подготовке документации на проведение НИР (смет, заявок на материалы, оборудование, трудовых договоров и т.п.), а также поиску в сети Интернет материально-технических и информационных ресурсов для обеспечения НИР

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.03 Радиофизика (направленность: Электроника, микро- и наноэлектроника)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	11
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (11 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Проектирование цифровых систем управления. Первый семестр

Понятие систем автоматического управления

Структура систем автоматического управления. Регуляторы прямого действия. Электрические регуляторы по отклонению. Примеры современных цифровых систем управления

Математические модели систем управления

Методика математического моделирования. Пример построения математической модели. Формы представления математических моделей: пространство состояний и передаточные функции. Переходные характеристики систем управления. Связь между передаточными функциями и уравнениями состояния. Модель двигателя постоянного тока.

Системы управления с обратной связью

Обратная связь и ее свойства. Динамические и точностные показатели качества систем управления. Оценки качества

Стандартные регуляторы с обратной связью

Математические модели ПИД - регуляторов. Особенности работы стандартных регуляторов. Методы настройки ПИД-регуляторов

Дискретные системы управления

Структура цифровых систем управления. Цифровой ПИ-регулятор. Формы представления ММ дискретных систем. Дискретные модели непрерывных систем. Передаточные функции дискретизованных систем

Устойчивость систем управления

Непрерывные системы. Теоремы устойчивости. Устойчивость линейных стационарных систем. Устойчивость дискретных систем

Основные задачи оптимального управления

Постановка задач Лагранжа, Майера, Больца. Решение задачи Лагранжа для скалярного случая. Гамильтонова формулировка условия оптимальности. Построение оптимального управления в задаче Больца. Оптимальное управление линейными системами с квадратичным функционалом. Линейно-квадратичная задача для скалярного случая. Синтез оптимального управления на неограниченном интервале времени. Оптимальное управление при ограничениях на управляющие воздействия

Управление в условиях неопределенности

Классификация неопределенностей объектов управления. Робастные и адаптивные системы управления. Робастные алгоритмы на основе градиентных методов. Адаптивные системы управления

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Ощепков А. Ю. Проектирование цифровых систем управления. Теория и моделирование в MATLAB: учебно-методическое пособие/А. Ю. Ощепков.-Пермь,2012, ISBN 978-5-7944-1870-5,2-е изд..-1. <http://www.campus.psu.ru/library/node/28951>
2. Ощепков А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB: учебное пособие/А. Ю. Ощепков.-Санкт-Петербург:Лань,2013, ISBN 978-5-8114-1471-0.-208.- Библиогр.: с. 205
3. Виноградов, М. В. Цифровые системы управления : учебное пособие / М. В. Виноградов, Е. М. Самойлова. — Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2019. — 115 с. — ISBN 978-5-4497-0227-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/86707.html>

Дополнительная:

1. Хетагуров Я. А. Основы проектирования автоматизированных систем управления. учеб. пособие Ч. 1/Я. А. Хетагуров, Ю. Г. Дреус, В. В. Первов ; Моск. инж.-физ. ин-т.-М.:МИФИ,1975 (вып. дан. 1976).-83.-Библиогр.: с. 82
2. Андриевский Борис Ростиславич, Фрадков Александр Львович Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB/Борис Ростиславич Андриевский, Александр Львович Фрадков.-СПб.:Наука,1999, ISBN 5-02-024870-3.-467.-Библиогр.:с.445-461
3. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления/Пер. с англ. Б. И. Копылова.-М.:Лаб. Базовых Знаний,2002, ISBN 5-93208-119-8.-832.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://in.psu.ru/elis/> электронная библиотека ELiS

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Проектирование цифровых систем управления** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- 1) презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
 - 2) доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
 - 3) доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - 4) интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта);
- Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения

1. Проигрыватели виртуальных машин VirtualBox и VMWare Player (VMware Workstation).
Пакеты офисных программ (тестовые процессоры, табличные редакторы, программы для создания презентаций и др.).
2. MathCad Prime 3.1
3. Операционная система ALT Linux;
4. Офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лекционных занятий:

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий – Компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте Компьютерного класса.

Аудитории для проведения текущего контроля;

Компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Аудитории для групповых (индивидуальных) консультаций;

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Аудитория для самостоятельной работы:

Аудитория оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Проектирование цифровых систем управления**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p>	<p>знать - основы теории оптимального и адаптивного управления, теории устойчивости автоматических систем управления; уметь - строить системы управления, в том числе цифровые; Владеть: - навыками проектирования цифровых систем управления</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>не знает: - основы теории оптимального и адаптивного управления, теории устойчивости автоматических систем управления; не умеет: - строить системы управления, в том числе цифровые; не владеет: - навыками проектирования цифровых систем управления</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>частично знает - основы теории оптимального и адаптивного управления, теории устойчивости автоматических систем управления; частично умеет: - строить системы управления, в том числе цифровые; посредственно владеет: - навыками проектирования цифровых систем управления.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>в основном знает - основы теории оптимального и адаптивного управления, теории устойчивости автоматических систем управления; умеет: - строить системы управления, в том числе цифровые; неуверенно владеет: - навыками проектирования цифровых систем управления</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>в полной мере знает</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы теории оптимального и адаптивного управления, теории устойчивости автоматических систем управления; <p>умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - строить системы управления, в том числе цифровые; <p>уверенно владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками проектирования цифровых систем управления.
<p>ОПК.8 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теорию автоматического управления <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - строить математические модели систем цифрового управления <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками решения задач с помощью пакета MATLAB+Simulink 	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>не знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теорию автоматического управления <p>не умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - строить математические модели систем цифрового управления <p>не владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками решения задач с помощью пакета MATLAB+Simulink <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>частично знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теорию автоматического управления <p>частично умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - строить математические модели систем цифрового управления <p>посредственно владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками решения задач с помощью пакета MATLAB+Simulink <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>в основном знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теорию автоматического управления <p>умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - строить математические модели систем цифрового управления <p>неуверенно владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками решения задач с помощью пакета MATLAB+Simulink <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>в полной мере знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теорию автоматического управления <p>умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - строить математические модели систем

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p align="center">Отлично</p> <p>цифрового управления уверенно владеет: - навыками решения задач с помощью пакета MATLAB+Simulink</p>
<p>ПК.6 способность к подготовке документации на проведение НИР (смет, заявок на материалы, оборудование, трудовых договоров и т.п.), а также поиску в сети Интернет материально-технических и информационных ресурсов для обеспечения НИР</p>	<p>Знать: - методы поиска информации в сети Интернет Уметь: - выбирать требуемый ресурс для решения поставленных задач; Владеть: - навыками использования ресурсов сети Интернет для решения поставленных задач.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>не знает: - методы поиска информации в сети Интернет не умеет: - выбирать требуемый ресурс для решения поставленных задач; не владеет: - навыками использования ресурсов сети Интернет для решения поставленных задач.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>частично знает: - методы поиска информации в сети Интернет частично умеет: - выбирать требуемый ресурс для решения поставленных задач; посредственно владеет: - навыками использования ресурсов сети Интернет для решения поставленных задач.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>в основном знает: - методы поиска информации в сети Интернет в основном умеет: - выбирать требуемый ресурс для решения поставленных задач; неуверенно владеет: - навыками использования ресурсов сети Интернет для решения поставленных задач.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>в полной мере знает: - методы поиска информации в сети Интернет умеет: - выбирать требуемый ресурс для решения поставленных задач; уверенно владеет: - навыками использования ресурсов сети</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично Интернет для решения поставленных задач.

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС +

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования	Математические модели систем управления Защищаемое контрольное мероприятие	знать - современную теорию автоматического управления; - основы теории оптимального и адаптивного управления, теории устойчивости автоматических систем управления
ПК.6 способность к подготовке документации на проведение НИР (смет, заявок на материалы, оборудование, трудовых договоров и т.п.), а также поиску в сети Интернет материально-технических и информационных ресурсов для обеспечения НИР	Стандартные регуляторы с обратной связью Защищаемое контрольное мероприятие	методы поиска информации в сети Интернет Уметь: - выбирать требуемый ресурс для решения поставленных задач; Владеть: - навыками использования ресурсов сети Интернет для решения поставленных задач

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> <p>ПК.6 способность к подготовке документации на проведение НИР (смет, заявок на материалы, оборудование, трудовых договоров и т.п.), а также поиску в сети Интернет материально-технических и информационных ресурсов для обеспечения НИР</p> <p>ОПК.8 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>Основные задачи оптимального управления</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>знать современные теории автоматического управления, основных принципов построения систем управления, в том числе цифровых, основы теории оптимального и адаптивного управления, теории устойчивости автоматических систем управления, а также моделирования и проектирования цифровых систем управления с помощью пакета MATLAB+Simulink.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Математические модели систем управления

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
<p>Полный развёрнутый ответ на все вопросы промежуточного контроля по пройденным темам: 1. Методика математического моделирования 2. Пример построения математической модели. 3. Формы представления математических моделей: пространство состояний и передаточные функции 4. Переходные характеристики систем управления 5. Связь между передаточными функциями и уравнениями состояния 6. Модель двигателя постоянного тока.</p>	30
<p>Ответ на 80% вопросов промежуточного контроля по пройденным темам: 1. Методика</p>	25

математического моделирования2. Пример построения математической модели. 3. Формы представления математических моделей: пространство состояний и передаточные функции 4. Переходные характеристики систем управления5. Связь между передаточными функциями и уравнениями состояния 6. Модель двигателя постоянного тока.	
Ответ на 40% вопросов промежуточного контроля по пройденным темам:1. Методика математического моделирования2. Пример построения математической модели.3. Формы представления математических моделей: пространство состояний и передаточные функции 4. Переходные характеристики систем управления5. Связь между передаточными функциями и уравнениями состояния6. Модель двигателя постоянного тока.	13
Ответ менее чем на 40% вопросов промежуточного контроля по пройденным темам:1. Методика математического моделирования2. Пример построения математической модели. 3. Формы представления математических моделей: пространство состояний и передаточные функции4. Переходные характеристики систем управления5. Связь между передаточными функциями и уравнениями состояния 6. Модель двигателя постоянного тока.	0

Стандартные регуляторы с обратной связью

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Ответ на все вопросы промежуточного контроля по пройденным темам:1. Обратная связь и ее свойства.2. Динамические и точностные показатели качества систем управления3. Оценки качества4. Математические модели ПИД - регуляторов5. Особенности работы стандартных регуляторов.6. Методы настройки ПИД-регуляторов	30
Ответ на 80% вопросов промежуточного контроля по пройденным темам:1. Обратная связь и ее свойства.2. Динамические и точностные показатели качества систем управления3. Оценки качества4. Математические модели ПИД - регуляторов5. Особенности работы стандартных регуляторов.6. Методы настройки ПИД-регуляторов	25
Ответ на 40% вопросов промежуточного контроля по пройденным темам:1. Обратная связь и ее свойства.2. Динамические и точностные показатели качества систем управления3. Оценки качества4. Математические модели ПИД - регуляторов5. Особенности работы стандартных регуляторов.6. Методы настройки ПИД-регуляторов	13
Ответ менее чем на 40% вопросов промежуточного контроля по пройденным темам:1. Обратная связь и ее свойства.2. Динамические и точностные показатели качества систем управления3. Оценки качества4. Математические модели ПИД - регуляторов5.	0

Особенности работы стандартных регуляторов.б. Методы настройки ПИД-регуляторов	

Основные задачи оптимального управления

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
ответ 1-й на теоретический вопрос. каждая ошибка снижает балл на 2	10
ответ на дополнительные вопросы. каждая ошибка снижает балл на 2	10
решение практической задачи. каждая ошибка снижает балл на 2	10
ответ 2-й на теоретический вопрос. каждая ошибка снижает балл на 2	10