

**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

<b>Направления подготовки</b>	03.03.03 Радиофизика (направленность: Электроника, микро- и наноэлектроника)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	11
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	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](http://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><b>ПК.1</b> 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"><b>Неудовлетворител</b></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"><b>Удовлетворительн</b></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"><b>Хорошо</b></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;"><b>Отлично</b></p> <p>в полной мере знает</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы теории оптимального и адаптивного управления, теории устойчивости автоматических систем управления;</li> </ul> <p>умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- строить системы управления, в том числе цифровые;</li> </ul> <p>уверенно владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками проектирования цифровых систем управления.</li> </ul>
<p><b>ОПК.8</b>  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:  - теорию автоматического управления</p> <p>Уметь:  - строить математические модели систем цифрового управления</p> <p>Владеть:  - навыками решения задач с помощью пакета MATLAB+Simulink</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>не знает:  - теорию автоматического управления</p> <p>не умеет:  - строить математические модели систем цифрового управления</p> <p>не владеет:  - навыками решения задач с помощью пакета MATLAB+Simulink</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>частично знает:  - теорию автоматического управления</p> <p>частично умеет:  - строить математические модели систем цифрового управления</p> <p>посредственно владеет:  - навыками решения задач с помощью пакета MATLAB+Simulink</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>в основном знает:  - теорию автоматического управления</p> <p>умеет:  - строить математические модели систем цифрового управления</p> <p>неуверенно владеет:  - навыками решения задач с помощью пакета MATLAB+Simulink</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>в полной мере знает:  - теорию автоматического управления</p> <p>умеет:  - строить математические модели систем</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>цифрового управления уверенно владеет: - навыками решения задач с помощью пакета MATLAB+Simulink</p>
<p><b>ПК.6</b> 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"><b>Неудовлетворител</b></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"><b>Удовлетворительн</b></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"><b>Хорошо</b></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"><b>Отлично</b></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>

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<b>Отлично</b> 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
<b>ПК.1</b> способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования	Математические модели систем управления <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	знать - современную теорию автоматического управления; - основы теории оптимального и адаптивного управления, теории устойчивости автоматических систем управления
<b>ПК.6</b> 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 <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	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><b>ПК.1</b> способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> <p><b>ПК.6</b> 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><b>ОПК.8</b> 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><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
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