

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 03 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Теория автоматического управления
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.03.02 Системы управления движением и навигация
(код и наименование направления)

Направленность: Системы управления движением и навигация (общий
профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является подготовка высококвалифицированного бакалавра, глубоко знающего основы теории автоматического управления и умеющего выполнять исследовательские и расчетные работы по созданию и внедрению в эксплуатацию автоматических систем с широким использованием средств современной вычислительной техники.

Задачи дисциплины:

- освоение принципов функционирования и построения математических моделей объектов и систем непрерывного и дискретного управления;
- формирование у студентов современного представления о технических средствах САУ;
- развитие у студентов навыков самостоятельно решать конкретные технологические и проектные задачи;
- приобретение необходимых знаний для освоения способов синтеза САУ и научить обоснованно выбирать их;
- ознакомление с современными методами анализа и синтеза динамических систем с использованием типовых пакетов прикладных программ;
- усвоение основных положений современной теории оптимального и адаптивного управления

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- Система автоматического управления;
- Динамические схемы
- Частотные характеристики

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--|--|----------------------------|
| ОПК-7 | ИД-1ОПК-7 | Знает: - расчетные и графические методы определения оптимальных параметров настройки регуляторов, оценок качества работы автоматических систем регулирования - законы непрерывного регулирования, их характеристики и условия применения | Знать способы проведения динамических расчетов систем управления движением и навигации | Защита лабораторной работы |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--|---|--------------------|
| ОПК-7 | ИД-2ОПК-7 | Умеет: - выполнять структурные преобразования простейших схем автоматического регулирования; - выбирать закон регулирования в зависимости от укрупненных статических и динамических характеристик объекта; - выполнять идентификацию объектов управления для составления их передаточных функций в общем цикле технологического процесса | Уметь проводить динамические расчеты систем управления движением и навигации | Экзамен |
| ОПК-7 | ИД-3ОПК-7 | Владеет: - математическим аппаратом алгебры и дифференциального исчисления функции одной переменной для проведения теоретического исследования и моделирования физических и химических процессов и явлений, а также, для решения профессиональных задач; - опытом выполнения расчета переходных процессов и определения устойчивости простейших систем автоматического регулирования - опытом применения инструментов математического анализа и линейной алгебры для исследования автоматических систем регулирования | Владеть навыками проведения динамических расчетов систем управления движением и навигации | Экзамен |
| ПКО-4 | ИД-1ПКО-4 | Знает: - основные принципы и | Знает методологию научных исследований | Защита лабораторно |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--|---|-----------------|
| | | <p>схемы автоматического управления;</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные типы систем автоматического управления, их математическое описание и основные задачи исследования; - содержание и методы линейной теории систем, методы пространства состояний и комплексной области; - частотные и алгебраические методы исследования автоматических систем, виды регуляторов, виды нелинейностей систем, способы синтеза и оптимизации автоматических систем, математические выражения и физический смысл основных критериев оптимальности; - современные методы синтеза оптимальных систем и области их практического применения, принципы адаптации, самонастройки и структурные схемы их реализаций. | | й работы |
| ПКО-4 | ИД-2ПКО-4 | <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - составлять математические модели систем, осуществлять их преобразования к виду, удобному для исследования на ЭВМ; - строить частотные и временные характеристики, анализировать устойчивость и качество линейных и нелинейных САУ; - применять математические методы | <p>Умеет обобщать, анализировать и систематизировать информацию для подготовки аналитических обзоров по заданной теме</p> | Экзамен |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--|--|-----------------|
| | | <p>для анализа общих свойств линейных систем, производить анализ и синтез линейных систем автоматического управления при детерминированных и случайных возмущениях, провести расчет настроек регулятора;</p> <p>- осуществлять синтез и оптимизацию автоматических систем, применять методы для решения конкретных задач синтеза алгоритмов оптимального управления, определять структуру и параметры регуляторов для разомкнутых и замкнутых систем, реализующих заданный критерий оптимальности.</p> | | |
| ПКО-4 | ИД-3ПКО-4 | <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - опытом составления математических моделей систем управления; - опытом преобразования структурных схем систем управления; - опытом исследования линейных и нелинейных систем управления, расчета и выбора регуляторов, синтеза систем управления | Владеет навыками самостоятельного изучения, критического осмысления и систематизации научно-технической информации | Экзамен |

3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах | |
|--|-------------|------------------------------------|--|
| | | Номер семестра | |
| | | 5 | |
| 1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: | 56 | 56 | |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них: | | | |
| - лекции (Л) | 32 | 32 | |
| - лабораторные работы (ЛР) | 8 | 8 | |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ) | 12 | 12 | |
| - контроль самостоятельной работы (КСР) | 4 | 4 | |
| - контрольная работа | | | |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС) | 88 | 88 | |
| 2. Промежуточная аттестация | | | |
| Экзамен | 36 | 36 | |
| Дифференцированный зачет | | | |
| Зачет | | | |
| Курсовой проект (КП) | | | |
| Курсовая работа (КР) | | | |
| Общая трудоемкость дисциплины | 180 | 180 | |

4. Содержание дисциплины

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| 5-й семестр | | | | |
| Введение, понятие управления и системы автоматического управления (САУ) | 4 | 0 | 2 | 10 |
| Тема 1. Состав системы управления. Классификация САУ Тема 2. Принципы разомкнутого, замкнутого и комбинированного управления Тема 3. Общие принципы построения математически моделей технических систем, простейшие определяющие соотношения для механических систем | | | | |
| Математическое описание систем автоматического управления | 8 | 0 | 4 | 24 |
| Тема 4. Преобразование Лапласа. Уравнение динамики в изображениях. Передаточная функция Тема 5. Типовые динамические звенья Тема 6. Структурно динамические схемы | | | | |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| Характеристики САУ | 8 | 2 | 2 | 24 |
| Тема 7. Типовые входные воздействия. Временные характеристики Тема 8. Частотные характеристики звеньев и систем Тема 9. Асимптотические логарифмические частотные характеристики | | | | |
| Устойчивость непрерывных линейных САУ | 8 | 4 | 4 | 24 |
| Тема 10. Понятие устойчивости. Необходимое и достаточное условие устойчивости Тема 11. Алгебраические критерии устойчивости Тема 12. Частотные критерии устойчивости. Логарифмический критерий Найквиста | | | | |
| Качество непрерывных линейных САУ | 4 | 2 | 0 | 6 |
| Тема 13. Прямые и косвенные показатели качества | | | | |
| ИТОГО по 5-му семестру | 32 | 8 | 12 | 88 |
| ИТОГО по дисциплине | 32 | 8 | 12 | 88 |

Тематика примерных практических занятий

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия |
|--------|--|
| 1 | Основные законы механики. Математическая модель акселерометра |
| 2 | Получение передаточной функции по уравнению и уравнения по передаточной функции |
| 3 | Правила преобразования структурно динамических схем |
| 4 | Методы получения переходных характеристик |
| 5 | Амплитудная и фазовая частотные характеристики, их получение из частотной передаточной функции, математический и физический смыслы |
| 6 | Асимптотические логарифмические частотные характеристики |
| 7 | Алгебраические и частотные критерии устойчивости |

Тематика примерных лабораторных работ

| № п.п. | Наименование темы лабораторной работы |
|--------|--|
| 1 | Построение временных и частотных характеристик САУ |
| 2 | Построение логарифмических частотных характеристик САУ |
| 3 | Исследование непрерывных линейных САУ на устойчивость |
| 4 | Исследование качества непрерывных линейных САУ |

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

| № п/п | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке |
|-------------------------------|--|---|
| 1. Основная литература | | |
| 1 | Ерофеев А.А. Теория автоматического управления : учебник для вузов. 2-е изд., доп. и перераб. Санкт-Петербург : Политехника, 2005. 302 с. | 21 |
| 2 | Коновалов Б. И., Лебедев Ю. М. Теория автоматического управления : учебное пособие для вузов. 3-е изд., доп. и перераб. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. 219 с. | 2 |

| | | |
|---|--|----|
| 3 | Ротач В. Я. Теория автоматического управления : учебник для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. Москва : Издат. дом МЭИ, 2008. 394 с. 32,0 усл. печ. л. | 15 |
| 2. Дополнительная литература | | |
| 2.1. Учебные и научные издания | | |
| 1 | Гайдук А. Р. Теория и методы аналитического синтеза систем автоматического управления (полиномиальный подход). Москва : Физматлит, 2012. 360 с. 22,5 усл. печ. л. | 1 |
| 2 | Ягодкина Т. В., Беседин В. М. Теория автоматического управления : учебник и практикум для бакалавриата и специалитета. Москва : Юрайт, 2019. 470 с. 36,47 усл. печ. л. | 11 |
| 2.2. Периодические издания | | |
| 1 | Автоматизация в промышленности : научно-технический и производственный журнал. Москва : ИнфоАвтоматизация, 2003 - . | |
| 2.3. Нормативно-технические издания | | |
| | Не используется | |
| 3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины | | |
| | Не используется | |
| 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента | | |
| | Не используется | |

6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы | Наименование разработки | Ссылка на информационный ресурс | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---------------------------|--|---|---|
| Дополнительная литература | Теория автоматического управления учебник для вузов: в 2 ч.: / под ред. А. А. Воронова. – 3-е изд., стер. – Екатеринбург: АТП, Ч. 1: Теория линейных систем автоматического управления. – 2015. – 367 с. | https://booksee.org/book/487277 | сеть Интернет; свободный доступ |

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Вид ПО | Наименование ПО |
|--|--|
| Операционные системы | MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching) |
| Офисные приложения. | Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567 |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения | Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017 |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения | MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г. |

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Наименование | Ссылка на информационный ресурс |
|---|---|
| Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета | http://lib.pstu.ru/ |
| Электронно-библиотечная система Лань | https://e.lanbook.com/ |
| Электронно-библиотечная система IPRbooks | http://www.iprbookshop.ru/ |
| Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс | http://www.consultant.ru/ |

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

| Вид занятий | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|----------------------|---|-------------------|
| Лабораторная работа | IBM PC Совместимые компьютеры | 15 |
| Лекция | Мультимедиа комплекс в составе мультимедиа проектор потолочного крепления | 1 |
| Практическое занятие | IBM PC Совместимые компьютеры | 15 |

8. Фонд оценочных средств дисциплины

| |
|------------------------------|
| Описан в отдельном документе |
|------------------------------|

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория автоматического управления»

основной образовательной программы высшего образования – программы
академической бакалавриата

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Приложение к рабочей программе дисциплины

| | |
|--|--|
| Направление подготовки: | 24.03.02 «Системы управления движением и навигация» |
| Направленность (профиль) образовательной программы: | «Программное и математическое обеспечение систем навигации и управления» |
| Квалификация выпускника: | «Бакалавр» |
| Выпускающая кафедра: | Прикладная математика |
| Форма обучения: | Очная |
| Курс: 3 | Семестр: 5 |
| Трудоёмкость: | |
| Кредитов по рабочему учебному плану: | 5 ЗЕ |
| Часов по рабочему учебному плану: | 180 ч. |
| Виды промежуточного контроля: | |
| Экзамен: | - 5 семестр |

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций знать, уметь, владеть, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине. Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, практических занятий и экзамена (зачетного занятия).

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена (зачетного занятия), проводимого с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным

работам, рефератов, эссе и т.д. Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 5-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений проводится в форме рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу.

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех индивидуальных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации с проведением дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине. Аттестационный контроль содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций. Задание формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задачи, контролируемые уровнем сформированности всех заявленных компетенций.

2.4.1.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Общая структура и классификация систем управления

2. Классификация элементов системы

3. Математическое представление динамической модели.

Дифференциальные уравнения n -го порядка.

4. Математическое представление динамической модели. Передаточная функция (ПФ).
5. Модель в пространстве состояний
6. Линейная система в виде Вход-Состояние-Выход (ВСВ). Характеристическое уравнение.
7. Временные характеристики систем. Переходная и весовая функции, связь между ними.
8. Временная область. Аналитический расчет движения. Свободная и вынужденная составляющие.
9. Частотная передаточная функция. Представление в алгебраической и показательной форме. Свойства для дробно-рациональной частотной передаточной функции.
10. Частотные свойства системы. АЧХ, АФЧХ.
11. Логарифмические характеристики: ЛАЧХ, ЛФЧХ, ЛАФЧХ. Асимптотическое построение, сопряженные частоты.
12. Типовые звенья. Пропорциональное звено. Интегральное звено. Дифференциальное звено.
13. Типовые звенья. Аperiodическое звено 1-го и 2-го порядков. Колебательное звено.
14. Корневые условия устойчивости.
15. Устойчивость. Устойчивость по Ляпунову, граница устойчивости.
16. Асимптотическая и экспоненциальная устойчивость.
17. Критерий Найквиста.
18. Запасы устойчивости по амплитуде и фазе.
19. Критерий Гурвица и Рауса
20. Критерий Михайлова.

Типовые практические задания для контроля освоенных умений:

1. Решение линейных дифференциальных уравнений с использованием преобразования Лапласа.
2. Эквивалентные преобразования структурных схем динамической системы.
3. Получение передаточной функции системы по заданному дифференциальному уравнению.
4. Определение выходных параметров сигнала по передаточной функции системы.
5. Построение логарифмических частотных характеристик системы.
6. Определение устойчивости линейной динамической системы.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Система задана принципиальной / электрической / кинематической схемой. Произвести математическое описание системы в стандартной форме. Найти передаточную функцию.

2. Система задана своей своей СДС. Определить запасы устойчивости по амплитуде и фазе. Найти ошибку в установившемся режиме. Оценить время регулирования.

3. Система задана передаточной функцией. Определить прямые показатели качества.

2.4.1.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене (дифференцированном зачете)

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных компетенций проводится по 5-балльной шкале оценивания.