
УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«25» мая 2026 г.
Протокол №2

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Теория управления»**

Направление подготовки: 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки: Прикладной искусственный интеллект

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Срок освоения программы: 4 года

Год набора: 2026

**Москва
2026**

Содержание

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)	3
2. Перечень планируемых результатов обучения	5
3. Тематический план	10
4. Содержание дисциплины (модуля)	10
5. Учебно-методическое обеспечение	12
6. Материально-техническое обеспечение	12
7. Методические и оценочные материалы	14

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Теория управления» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Прикладной искусственный интеллект», утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 807 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Теория управления» закладывает фундамент для проектирования эффективных систем автоматического управления в технике, экономике и робототехнике. Полученные знания и навыки позволяют формализовать, анализировать и решать сложные задачи оптимизации динамических процессов с учётом ограничений и неопределённостей.

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки бакалавриата по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Прикладной искусственный интеллект» и входит в вариативную часть Блока 1 формируемую участниками образовательных отношений как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) изучается на 3 курсе в 6 семестре. Доступна к изучению после успешного освоения дисциплины (модуля) «Дифференциальные уравнения».

Цель изучения дисциплины (модуля): сформировать глубокое понимание математических основ оптимального управления и развить навыки аналитического и численного решения задач управления динамическими системами в различных постановках.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

- изучить основные постановки задач оптимального управления — лагранжа, майера и больца — и научиться различать их применение в зависимости от типа критерия качества;
- освоить необходимые условия оптимальности: уравнение эйлера–лагранжа, принцип максимума понтрягина и условия трансверсальности;
- научиться применять принцип оптимальности беллмана и уравнение гамильтона–якоби–беллмана для синтеза оптимальных стратегий управления;
- освоить методы решения линейно-квадратичной задачи (lqr) и построения регуляторов с обратной связью для многомерных систем;
- развить навыки применения численных методов (прямых и непрямых) и современных инструментов (casadi, jax, matlab) для расчёта и анализа оптимальных траекторий.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

- основные постановки задач оптимального управления (Лагранжа, Майера, Больца) и их отличия;
- необходимые условия оптимальности: уравнение Эйлера–Лагранжа, принцип максимума Понтрягина, условия трансверсальности, условия скачка при фазовых ограничениях;
- принцип оптимальности Беллмана и уравнение Гамильтона–Якоби–Беллмана;
- особенности линейно-квадратичной задачи (LQR) и свойства её решения;
- базовые численные стратегии (прямые и непрямые методы) и идею Model Predictive Control.

уметь:

- формализовать практическую задачу управления как задачу оптимального управления с критерием качества и ограничениями;

- выписывать необходимые условия оптимальности и решать аналитически задачи малой размерности (быстродействие, LQR, простейшие вариационные задачи);
- синтезировать оптимальный регулятор с обратной связью для линейно-квадратичных систем;
- применять численные методы (пристрелку, коллокацию) для расчёта оптимальных траекторий и управлений;
- интерпретировать сопряжённые переменные как «теневые цены» и анализировать чувствительность критерия.

владеть:

- математическим аппаратом классического вариационного исчисления, принципа максимума и динамического программирования;
- навыками численного решения краевых задач с помощью современных библиотек (MATLAB, Python с CasADi, JAX) и специализированных решателей;
- методикой построения и настройки линейно-квадратичных регуляторов для многомерных систем;
- инструментарием проверки выполнения необходимых условий оптимальности и анализа особых управлений.

2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

Код и содержание компетенции	Индикатор компетенции и перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)
ППК-Р4. Способен использовать базы данных при создании программных модулей и компонентов	ППК-Р4.1. Пишет программный код с использованием языков определения и манипулирования данными в базах данных (базовый)
	ППК-Р4.1. 3-1. Знает архитектуры современных систем управления баз данных, включая SQL и noSQL ППК-Р4.2. 3-1. Знает синтаксис языка работы с выбранной базой данных, особенности программирования на этом языке
	ППК-Р4.2. Проектирует базы данных для программных модулей и компонентов (средний) ППК-Р4.2. 3-1. Знает современные подходы к проектированию реляционных и нереляционных баз данных ППК-Р4.2. У-4. Умеет применять инструментарий для создания и актуализации моделей баз данных
	ППК-Р4.3. Оптимизирует производительность работы с базами данных (средний) ППК-Р4.3. 3-1. Знает методы и средства мониторинга и оптимизации производительности СУБД выбранной архитектуры ППК-Р4.3. У-3. Умеет проводить оценку и обоснование рекомендуемых решений по оптимизации производительности запросов в базе данных
ППК-Р5. Способен разрабатывать требования и проектировать программное обеспечение	ППК-Р5.1. Анализирует возможности реализации требований к компьютерному программному обеспечению (средний) ППК-Р5.1. 3-2. Знает возможности современных и перспективных средств разработки программных продуктов, технических средств ППК-Р5.1. У-1. Умеет проводить сбор и систематизацию требований к компьютерному программному обеспечению
	ППК-Р5.2. Разрабатывает технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие (средний) ППК-Р5.2. 3-1. Знает методы и средства проектирования компьютерного программного обеспечения ППК-Р5.2. У-3. Умеет проводить оценку и обоснование рекомендуемых решений
	ППК-Р5.3. Проектирует компьютерное программное обеспечение (продвинутый) ППК-Р5.3. 3-4. Знает методы и средства проектирования компьютерного программного обеспечения ППК-Р5.3. У-1. Умеет разрабатывать и изменять архитектуру компьютерного программного обеспечения и согласовывать ее с системным аналитиком и архитектором программного обеспечения
	ППК-Р5.4. Выполняет логическое проектирование системы (продвинутый) ППК-Р5.4. 3-2. Знает методы моделирования и описания устройства и функционирования ИТ-систем/продуктов, их частей, обеспечения и окружения ППК-Р5.4. У-2. Умеет описывать интерфейсы пользователя на логическом уровне

ППК-Р6. Способен участвовать в промышленной разработке программного обеспечения	ППК-Р6.1. Работает в соответствии с промышленными методологиями разработки (средний) ППК-Р6.1. 3-2. Знает процессы code review, принципы коллективного владения кодом (collective code ownership) ППК-Р6.1. У-1. Умеет оценивать объем задачи и срок ее выполнения, участвовать в планировании спринтов
	ППК-Р6.2. Использует инструменты промышленной разработки (средний) ППК-Р6.2. 3-2. Знает системы мониторинга и логирования в продуктивной среде ППК-Р6.2. У-2. Умеет работать с контейнеризацией и оркестрацией
	ППК-Р6.3. Разрабатывает масштабируемый и поддерживаемый код (продвинутый) ППК-Р6.3. 3-2. Знает принципы предметно-ориентированного проектирования (ПОП) программного обеспечения ППК-Р6.3. У-2. Умеет выполнять модульное, интеграционное и нагрузочное тестирование
	ППК-Р6.4. Участвует в развертывании и поддержке программного обеспечения (продвинутый) ППК-Р6.4. 3-2. Знает основы работы с облачными платформами ППК-Р6.4. У-2. Умеет обнаруживать и устранять инциденты с работой продуктивного программного обеспечения
ППК-Р7. Способен применять искусственный интеллект (ИИ) для генерации и отладки программного кода	ППК-Р7.1. Применяет ИИ-инструменты для генерации программного кода (базовый) ППК-Р7.1. 3-2. Знает ограничения и риски использования ИИ-генерации (безопасность, качество кода, лицензирование) ППК-Р7.1. У-2. Умеет интегрировать ИИ-инструменты в среду разработки
	ППК-Р7.2. Использует ИИ для анализа и отладки кода (средний) ППК-Р7.2. 3-2. Знает форматы и инструменты для автоматизированного тестирования с ИИ ППК-Р7.2. У-1. Умеет настраивать ИИ-инструменты для поиска уязвимостей
	ППК-Р7.3. Оптимизирует код с помощью ИИ (продвинутый) ППК-Р7.3. 3-2. Знает критерии качества кода, применяемые ИИ-системами ППК-Р7.3. У-1. Умеет использовать ИИ для рефакторинга
	ППК-Р7.4. Оценивает этические и профессиональные аспекты применения ИИ в разработке (продвинутый) ППК-Р7.4. 3-2. Знает лицензионные ограничения сгенерированного кода ППК-Р7.4. У-1. Умеет проверять код на соответствие стандартам после ИИ-генерации
ППК-ДА4. Способен выявлять бизнес-проблемы или бизнес-возможности	ППК-ДА4.1. Собирает информацию о бизнес-проблемах или бизнес-возможностях (средний) ППК-ДА4.1. 3-1. Знает методы, техники, процессы и инструменты управления требованиями заинтересованных сторон ППК-ДА4.1. У-2. Умеет выявлять, регистрировать, анализировать и классифицировать риски, разрабатывать комплекс мероприятий по управлению ими
	ППК-ДА4.2. Выявление истинных бизнес-проблем или бизнес-возможностей (продвинутый) ППК-ДА4.2. 3-1. Знает предметную область и специфику деятельности организации в объеме, достаточном для решения задач бизнес-анализа

	ППК-ДА4.2. У-1. Умеет выполнять функциональную декомпозицию работ
ППК-ДА5. Способен применять методы статистического анализа и теорию эксперимента для планирования, проведения и интерпретации результатов экспериментов	ППК-ДА5.1. Разрабатывает дизайн эксперимента (базовый) ППК-ДА5.1. 3-2. Знает методы расчёта размера выборки для достижения заданной мощности ППК-ДА5.1. У-1. Умеет формулировать статистические гипотезы (H_0 , H_1)
	ППК-ДА5.2. Проводит статистический анализ данных эксперимента (средний) ППК-ДА5.2. 3-2. Знает методы построения доверительных интервалов для долей, средних, разностей ППК-ДА5.2. У-1. Умеет применять критерии для сравнения групп
	ППК-ДА5.3. Интерпретирует результаты экспериментов (продвинутый) ППК-ДА5.3. 3-1. Знает принципы причинно-следственного вывода (Causal Inference) ППК-ДА5.3. У-1. Умеет визуализировать результаты эксперимента
МО-2. Способен проектировать и внедрять системы автоматизации жизненного цикла машинного обучения (MLOps)	МО-2.1. Проектирует и настраивает CI/CD-пайплайны для машинного обучения (базовый) МО-2.1. 3-2. Знает методы интеграции инструментов MLOps в существующую инфраструктуру МО-2.1. У-1. Умеет настраивать CI/CD-пайплайны для МО с использованием инструментов
	МО-2.2. Организует версионирование моделей, данных и экспериментов (средний) МО-2.2. У-1. Умеет работать с системами версионирования МО-2.2. У-2. Умеет использовать инструменты MLOps для воспроизводимости и масштабируемости экспериментов
	МО-2.3. Внедряет системы мониторинга моделей в продуктивную эксплуатацию (средний) МО-2.3. У-2. Умеет настраивать сообщения от мониторинга (altering) МО-2.3. У-1. Умеет разворачивать системы мониторинга моделей МО
	МО-2.4. Автоматизирует процессы переобучения и разворачивания моделей (продвинутый) МО-2.4. 3-1. Знает стратегии автоматизации переобучения МО-2.4. У-1. Умеет автоматизировать переобучение моделей и А/В-тестирование развертываний
РГ-1. Способен руководить процессами разработки компьютерного программного обеспечения	РГ-1.1. Руководит разработкой программного кода (средний) РГ-1.1. 3-1. Знает методы принятия управленческих решений РГ-1.1. У-2. Применяет лучшие мировые практики оформления программного кода
	РГ-1.2. Руководит проверкой работоспособности компьютерного программного обеспечения (средний) РГ-1.2. 3-1. Знает основные методы измерения и оценки характеристик компьютерного программного обеспечения РГ-1.2. У-3. Умеет принимать управленческие решения по результатам проверки работоспособности компьютерного программного обеспечения об исправлении ошибок, рефакторинге, оптимизации и инспекции кода
	РГ-1.3. Руководит интеграцией программных модулей и компонентов (продвинутый) РГ-1.3. 3-1. Знает методы и средства сборки модулей и

	компонентов компьютерного программного обеспечения РГ-1.3. У-1. Умеет назначать задания на разработку процедур интеграции, сборку, подключение к внешней среде, проверку работоспособности выпусков программного продукта
РГ-2. Способен организовать процессы разработки компьютерного программного обеспечения	РГ-2.1. Управляет проектированием компьютерного программного обеспечения (средний) РГ-2.1. 3-2. Знает методологии и средства проектирования компьютерного программного обеспечения РГ-2.1. У-1. Умеет анализировать архитектуру компьютерного программного обеспечения и согласовывать ее с заинтересованными сторонами
	РГ-2.2. Управляет процессом разработки компьютерного программного обеспечения (продвинутый) РГ-2.2. 3-1. Знает методы и средства планирования и контроля (мониторинга) исполнения планов РГ-2.2. У-2. Умеет оценивать качество плана разработки программного продукта (ресурсы, сроки, риски)
	РГ-2.3. Управляет запросами на изменения, дефектами и проблемами (продвинутый) РГ-2.3. 3-2. Знает методы и средства управления запросами на изменения в компьютерном программном обеспечении РГ-2.3. У-1. Умеет оценивать запросы на изменения и предложенных решений по их осуществлению (по стоимости, трудоемкости, эффективности) в компьютерном программном обеспечении
	РГ-2.4. Управляет конфигурациями и выпусками программного продукта (продвинутый) РГ-2.3. 3-1. Знает нормативно-технические документы (стандарты и регламенты) по процессам управления конфигурациями, изменениями и выпусками программного продукта РГ-2.5. У-2. Умеет анализировать требования к выпуску новой версии программного продукта
РГ-4. Способен организовать промышленную разработку программного обеспечения	РГ-4.1. Внедряет промышленные методологии разработки (средний) РГ-4.1. 3-2. Знает процессы code review, принципы коллективного владения кодом (collective code ownership) РГ-4.1. У-1. Умеет оценивать объем задач и срок их выполнения
	РГ-4.2. Внедряет инструменты промышленной разработки (средний) РГ-4.2. 3-2. Знает системы мониторинга и логирования в продуктивной среде РГ-4.2. У-2. Умеет управлять работой с контейнеризацией и оркестрацией
	РРГ-4.3. Организует разработку масштабируемого и поддерживаемого кода (продвинутый) РГ-4.3. 3-2. Знает принципы предметно-ориентированного проектирования (ПОП) программного обеспечения РГ-4.3. У-2. Умеет организовать выполнение модульного, интеграционного и нагрузочного тестирования Г-4.3. Организует разработку масштабируемого и поддерживаемого кода (продвинутый) У-1. Умеет управлять разработкой модульного и тестируемого программного кода
	РГ-4.4. Организует развертывание и поддержку программного обеспечения (продвинутый) РГ-4.4. 3-2. Знает основы работы с облачными платформами

	РГ-4.4. У-2. Умеет управлять обнаружением и устранением инцидентов с работой продуктивного программного обеспечения
РГ-5. Способен организовать процессы применения искусственного интеллекта (ИИ) для генерации и отладки программного кода	РГ-5.1. Организует применение ИИ-инструментов для генерации программного кода (средний) РГ-5.1. 3-2. Знает ограничения и риски использования ИИ-генерации (безопасность, качество кода, лицензирование) РГ-5.1. У-1. Умеет выбирать подходящие под задачи ИИ-инструменты
	РГ-5.2. Организует применение ИИ для анализа и отладки кода (продвинутый) РГ-5.2. 3-2. Знает форматы и инструменты для автоматизированного тестирования с ИИ РГ-5.2. У-1. Умеет организовать применение ИИ-инструменты для поиска ошибок и недостатков в коде
	РГ-5.3. Организует оптимизацию кода с помощью ИИ (продвинутый) РГ-5.3. 3-2. Знает критерии качества кода, применяемые ИИ-системами РГ-5.3. У-1. Умеет организовать проведение рефакторинга с использованием ИИ
	РГ-5.4. Оценивает этические и профессиональные аспекты применения ИИ в разработке (продвинутый) РГ-5.4. 3-2. Знает лицензионные ограничения сгенерированного кода РГ-5.4. У-1. Умеет организовать проверку кода на соответствие стандартам после ИИ-генерации
УК-4. (УНК-01.) Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах) <i>(соответствует УНК-01 – Способен применять коммуникационные компетенции в профессиональной деятельности)</i>	УНК-01.01. Осуществляет коммуникации в профессиональной деятельности (базовый) УНК-01.01.01. 3-1 Знает устоявшуюся в отрасли и компании терминологию УНК-01.01.01. У-2 Способен аргументированно отстаивать свою точку зрения
	УНК-01.02. Демонстрирует владение профессиональной культурой (базовый) УНК-01.02.01. 3-1. Знает основные принципы профессиональной этики и культуры поведения УНК-01.02.01. У-1. Умеет соблюдать деловой этикет и нормы поведения в профессиональной среде
УК-3. (УНК-02.) Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде <i>(соответствует УНК-02 – Способен применять методы коллективной работы в профессиональной деятельности)</i>	УНК-02.01. Принимает участие в групповом взаимодействии (базовый) УНК-02.01.01. У-1. Проявляет понимание своей роли в команде УНК-02.01.01. У-4. Умеет давать конструктивную обратную связь
	УНК-02.02. Проявляет лидерство и осуществляет наставничество (базовый) УНК-02.02.01. У-1. Умеет мотивировать и вдохновлять команду для достижения общих целей УНК-02.02.01. 3-1. Знает основы лидерства, мотивации и командообразования

3. Тематический план

№п/ п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Очная форма				
		Аудиторная работа		Контроль	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия			
1	Введение и вариационная основа оптимального управления	6	6		26	Домашнее задание
2	Принцип максимума Понтрягина	10	10		26	Домашнее задание
3	Динамическое программирование	6	6		26	Домашнее задание
4	Линейно- квадратичные задачи	6	6		26	Домашнее задание
5	Численные методы и приложения	2	2		22	Домашнее задание
	Зачёт с оценкой			4		
Итого:		30	30	4	126	
Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)		190				
Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)		5				

4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Введение и вариационная основа оптимального управления	Постановка задачи оптимального управления: динамическая система, критерий качества, ограничения. Классификация задач (Больца, Майера, Лагранжа). Примеры из техники, экономики, биологии. Вариационное исчисление для простейшей задачи: уравнение Эйлера–Лагранжа, естественные и закреплённые граничные условия. Первые интегралы. Задачи с подвижными концами и условия трансверсальности. Расширение на динамические системы: задача Лагранжа и переход к гамильтоновой форме
2	Принцип максимума Понтрягина	Гамильтониан задачи оптимального управления. Принцип максимума для задачи со свободным правым концом и фиксированным временем. Сопряжённая система. Задачи с терминальными ограничениями и фиксированным конечным состоянием. Общие условия трансверсальности. Ограничения на управление. Геометрическая формулировка принципа максимума. Теорема Каратеодори о существовании решения. Особые управления и условие Келли. Задачи с фазовыми ограничениями. Условия скачка сопряжённых переменных, метод прямого примыкания.

		Задачи быстрогодействия. Принцип максимума для систем с нефиксированным временем. Связь с классическим вариационным исчислением
3	Динамическое программирование	Принцип оптимальности Беллмана. Уравнение Гамильтона–Якоби–Беллмана (ГЯБ) для непрерывных систем. Функция ценности. Синтез оптимального управления по принципу обратной связи. Связь уравнения ГЯБ с принципом максимума Понтрягина (характеристики). Примеры аналитического построения синтеза. Динамическое программирование для дискретных систем. Многошаговые задачи принятия решений. Элементы стохастического оптимального управления (при наличии времени)
4	Линейно-квадратичные задачи	Задача линейно-квадратичного регулятора (LQR) на конечном горизонте. Матричное дифференциальное уравнение Риккати. Структура оптимального регулятора. LQR на бесконечном горизонте: алгебраическое уравнение Риккати, стабилизирующее решение. Свойства замкнутой системы, частотные характеристики и гарантированные запасы устойчивости. Расширения LQR: задача слежения с ненулевым заданием, линейно-квадратичная задача с дисконтированием, дискретный LQR
5	Численные методы и приложения	Введение в Model Predictive Control (MPC) как практическую оптимальную стратегию с обратной связью. Кейсы из робототехники, аэрокосмоса и экономики. Обобщение курса

5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Основная литература:

1. Мэрфи, К. П. Вероятностное машинное обучение. Дополнительные темы: основания, вывод : монография / К. П. Мэрфи ; пер. с англ. А. А. Слинкина. – Москва : ДМК Пресс, 2024. - 772 с. – ISBN 978-5-93700-120-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2204219>.

2. Лакшманан, В. Машинное обучение. Паттерны проектирования : практическое пособие / В. Лакшманан, С. Робинсон, М. Мунн. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2022. - 448 с. - ISBN 978-5-9775-6797-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2140204>.

Дополнительная литература:

1. Коэльо, Л. Построение систем машинного обучения на языке Python : практическое руководство / Л. Коэльо, В. Ричарт ; пер. с англ. А. А. Слинкина. - 3-е изд. - Москва : ДМК Пресс, 2023. - 304 с. - ISBN 978-5-89818-331-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2102618>.

6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

- столами и стульями;
- компьютерной техникой;
- механическими калькуляторами;
- специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

№	Наименование портала (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
2.	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
3.	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
5.	Федеральный портал «Российское образование»	https://www.edu.ru/
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	http://fcior.edu.ru/

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Наименование ПО	Производство	Лицензионное / свободно распространяемое
Операционные системы:		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
Браузеры:		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
Офисные приложения:		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
Программное обеспечение для планирования и учета времени:		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления проектами:		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное
Системы управления базами данных:		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
Системы резервного копирования (backup):		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
Справочно-правовые системы:		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
Средства антивирусной защиты:		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
Среды разработки:		
Visual Studio Code	зарубежное	свободно распространяемое
Bash (Unix shell)	зарубежное	свободно распространяемое

Anaconda	зарубежное	свободно распространяемое
Robotic Operating System	зарубежное	свободно распространяемое
CopelliaSim	зарубежное	свободно распространяемое
Google Colaboratory	зарубежное	свободно распространяемое
Пакеты программных средств и библиотек:		
AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления библиографической информацией:		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
Сервисы и службы:		
Bind	зарубежное	свободно распространяемое
Docker	зарубежное	свободно распространяемое

7. Методические и оценочные материалы

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Теория управления» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, домашние задания, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

Лекция – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удастся, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

Семинар – это форма учебной деятельности, проводимая в учебном заведении под руководством преподавателя, где студенты активно участвуют в обсуждениях, практических заданиях и других формах взаимодействия.

Для успешной подготовки к семинару рекомендуется заранее ознакомиться с темой занятия и основными материалами, чтобы иметь возможность активно участвовать в обсуждении. Также полезно подготовить вопросы и идеи для обсуждения, что поможет глубже понять материал и продемонстрировать заинтересованность.

Домашнее задание – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал. Использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

Самостоятельная работа – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Теория управления»

Оценивание уровня учебных достижений, обучающихся по дисциплине (модулю), осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме *зачёта с оценкой*, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом, если иное не указано в силлабусе дисциплины:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину. Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.
9	Отлично	
8	Отлично	
7	Хорошо	Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
6	Хорошо	
5	Удовлетворительно	Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов
4	Удовлетворительно	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		исследования.
3	Не сдан	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	
1	Не сдан	

Дисциплина (модуль) «Теория управления» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Количество	Описание
Домашние задания	50%	15	Набор задач по темам недели
Зачёт с оценкой	50%	1	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Теория управления»: $0,5 \times \text{среднее за домашние задания} + 0,5 \times \text{зачёт с оценкой}$.

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

Домашнее задание 1.

1. Объясните различия между постановками задач оптимального управления по Лагранжу, Майеру и Больца и приведите примеры их применения в технике и экономике;
2. Выведите уравнение Эйлера–Лагранжа для простейшей вариационной задачи и объясните его физический смысл;
3. Опишите, как формулируются естественные и закреплённые граничные условия, и в чём их разница при решении задач с подвижными концами;
4. Объясните, как условия трансверсальности позволяют определять оптимальные граничные значения в задачах с нефиксированными концами;
5. Покажите, как задача Лагранжа преобразуется к гамильтоновой форме и какова роль сопряжённых переменных в этой системе.

Домашнее задание 2.

1. Объясните, как строится гамильтониан в задаче оптимального управления и как он связан с функцией Лагранжа;
2. Сформулируйте принцип максимума Понтрягина для задачи со свободным правым концом и фиксированным временем и опишите структуру сопряжённой системы;
3. Опишите, как учитываются терминальные ограничения и как формулируются общие условия трансверсальности;
4. Объясните, как геометрическая интерпретация принципа максимума помогает анализировать оптимальные управления и выявлять особые режимы;
5. Решите простую задачу быстрогодействия для линейной системы, применив принцип максимума, и определите структуру оптимального управления.

Домашнее задание 3.

1. Сформулируйте принцип оптимальности Беллмана и объясните его значение для синтеза управления в многошаговых системах;
2. Запишите уравнение Гамильтона–Якоби–Беллмана (ГЯБ) для непрерывной системы и объясните, как функция ценности связана с оптимальным критерием;

3. Объясните, как на основе решения уравнения ГЯБ строится оптимальное управление с обратной связью;

4. Покажите связь между характеристиками уравнения ГЯБ и траекториями, получаемыми по принципу максимума Понтрягина;

5. Реализуйте численное решение простой дискретной задачи методом динамического программирования и постройте функцию ценности для конечного горизонта.

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция	Индикатор
1.	Назовите основную цель оптимального управления динамической системой.	Минимизация критерия качества при ограничениях	ППК-Р5	ППК-Р5.1. 3-2
2.	Укажите различие между задачами постановок Лагранжа, Майера и Больца.	Тип критерия: интегральный, терминальный, комбинированный	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-4
3.	Объясните, в чём заключается смысл уравнения Эйлера–Лагранжа в вариационном исчислении.	Необходимое условие экстремума функционала	ППК-Р5	ППК-Р5.4. 3-2
4.	Назовите принцип, лежащий в основе анализа задач с подвижными концами.	Условия трансверсальности	ППК-Р5	ППК-Р5.4. У-2
5.	Как называется функция, с помощью которой формулируется принцип максимума.	Гамильтониан	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-4
6.	Назовите условие, определяющее оптимальное управление в задаче с ограничениями.	Максимизация гамильтониана по управлению	ППК-Р5	ППК-Р5.2. У-3
7.	Укажите, как учитываются фазовые ограничения в оптимальном управлении.	Условия скачка сопряжённых переменных / метод прямого примыкания	ППК-Р5	ППК-Р5.4. 3-2
8.	Назовите тип задачи, в которой требуется минимизировать время перехода.	Задача быстродействия	ППК-Р5	ППК-Р5.1. У-1
9.	Сформулируйте принцип оптимальности, лежащий в основе динамического программирования.	Принцип оптимальности Беллмана	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-4
10.	Назовите дифференциальное уравнение, описывающее функцию ценности в непрерывной системе.	Уравнение Гамильтона–Якоби–Беллмана (ГЯБ)	ППК-Р5	ППК-Р5.4. 3-2
11.	Укажите, как синтезируется оптимальное управление по функции ценности.	Через обратную связь по состоянию	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-1
12.	Назовите уравнение, связывающее динамическое программирование с принципом максимума.	Характеристики уравнения ГЯБ	ППК-Р5	ППК-Р5.4. У-2

13.	Назовите тип регулятора, используемого в линейно-квадратичной задаче.	LQR / регулятор с обратной связью по состоянию	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-4
14.	Назовите уравнение, определяющее матричный коэффициент усиления в LQR на конечном горизонте.	Матричное дифференциальное уравнение Риккати	ППК-Р5	ППК-Р5.4. 3-2
15.	Назовите уравнение, используемое в LQR на бесконечном горизонте.	Алгебраическое уравнение Риккати	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-1
16.	Укажите, как обеспечивается стабилизация системы в задаче LQR.	Выбор весовых матриц и решение уравнения Риккати	ППК-Р5	ППК-Р5.2. У-3
17.	Назовите принцип, лежащий в основе MPC.	Скользящий горизонт оптимизации с обратной связью	ППК-Р5	ППК-Р5.3. 3-4
18.	Назовите метод, позволяющий численно решать краевые задачи в оптимальном управлении.	Метод стрельбы / коллокация	ППК-Р6	ППК-Р6.3. 3-2
19.	Укажите, как интерпретируются сопряжённые переменные в экономических приложениях.	Теневые цены / стоимость состояния	ППК-ДА4	ППК-ДА4.2. 3-1
20.	Назовите подход, позволяющий учитывать ограничения в реальном времени при управлении.	MPC / предиктивное управление	ППК-Р6	ППК-Р6.4. 3-2
21.	Какой тип базы данных подходит для хранения параметров моделей управления?	Time-series DB / InfluxDB / PostgreSQL	ППК-Р4	ППК-Р4.2. 3-1
22.	Какой метод используется для оптимизации запросов к данным телеметрии системы?	Индексирование / Partitioning	ППК-Р4	ППК-Р4.3. У-3
23.	Какой принцип Agile применяется в разработке систем управления?	Scrum / Kanban / Iterative	РГ-4	РГ-4.1. 3-2
24.	Что означает аббревиатура CI/CD в контексте разработки контроллеров?	Continuous Integration / Continuous Delivery	МО-2	МО-2.1. 3-2
25.	Какой инструмент используется для версионирования моделей управления?	Git / DVC / MLflow	МО-2	МО-2.2. У-1
26.	Какая метрика важна для мониторинга качества работы регулятора в продакшене?	Stability Margin / Tracking Error / Overshoot	МО-2	МО-2.3. У-2
27.	Какой процесс позволяет автоматизировать переобучение модели управления?	Auto-tuning / Adaptive Control Pipeline	МО-2	МО-2.4. У-1
28.	Какой навык необходим для распределения задач в команде разработки систем управления?	Лидерство / Делегирование	РГ-1	РГ-1.1. 3-1
29.	Как называется документ, описывающий архитектуру системы управления?	Техническая спецификация / Архитектурное	ППК-Р5	ППК-Р5.2. 3-1

		описание		
30.	Какой принцип чистого кода важен при разработке алгоритмов управления?	DRY / SOLID / KISS	ППК-Р6	ППК-Р6.3. 3-2
31.	Что такое технический долг в контексте разработки систем управления?	Накопленные проблемы кода / Долг рефакторинга	РГ-4	РГ-4.3. У-1
32.	Какой инструмент ИИ помогает генерировать код для алгоритмов управления?	GitHub Copilot / ChatGPT / Cursor	ППК-Р7	ППК-Р7.1. У-2
33.	Что необходимо учитывать при использовании ИИ-кода с точки зрения этики?	Лицензирование / Безопасность / Качество кода	ППК-Р7	ППК-Р7.4. 3-2
34.	Какой метод используется для проверки гипотез в эксперименте с системой управления?	А/В тестирование / T-test	ППК-ДА5	ППК-ДА5.2. У-1
35.	Как называется процесс сбора информации о требованиях к системе управления?	Интервью / Анализ требований	ППК-ДА4	ППК-ДА4.1. 3-1
36.	Какой навык важен для презентации результатов работы системы управления заказчику?	Коммуникация / Визуализация	УНК-01 (УК-4)	УНК-01.01.01. У-2
37.	Какое действие проявляет поддержку коллег в команде разработки?	Наставничество / Code Review / Обратная связь	УНК-02 (УК-3)	УНК-02.01.01. У-4
38.	Какой инструмент используется для управления задачами в проекте разработки?	Jira / Trello / Asana	РГ-4	РГ-4.1. У-1
39.	Что такое стратегия развертывания промышленной системы управления?	Canary / Blue-Green / Rolling	ППК-Р6	ППК-Р6.4. У-2
40.	Какой метод используется для оптимизации вычислений в реальном времени?	Code Optimization / Vectorization	ППК-Р6	ППК-Р6.3. У-2
41.	Как называется план процесса разработки продукта управления?	Roadmap / План проекта	РГ-2	РГ-2.2. У-2
42.	Какой принцип важен при проектировании архитектуры системы управления?	Modularity / Scalability / Fault Tolerance	ППК-Р5	ППК-Р5.3. У-1
43.	Как называется процесс адаптации к изменениям в требованиях к системе?	Change Management / Adaptation	РГ-2	РГ-2.3. У-1
44.	Какой инструмент используется для поиска уязвимостей в коде систем управления?	SAST / Security Scan	ППК-Р7	ППК-Р7.2. У-1
45.	Как называется метод интерпретации рекомендаций ИИ по оптимизации кода?	Code Review / Validation	ППК-Р7	ППК-Р7.3. У-1

46.	Что такое долгосрочное хранение данных телеметрии в системе управления?	Data Lake / Time-series Storage	ППК-Р4	ППК-Р4.2. У-4
47.	Какой навык необходим для работы в команде над проектом системы управления?	Коллаборация / Коммуникация	УНК-02 (УК-3)	УНК-02.01.01. У-1
48.	Как называется процесс оценки результатов проверки работоспособности системы?	Testing / Validation / QA	РГ-1	РГ-1.2. У-3
49.	Какой метод используется для выявления бизнес-проблем в проекте управления?	Анализ предметной области / Business Analysis	ППК-ДА4	ППК-ДА4.2. У-1
50.	Как называется документация, оформленная в соответствии с профессиональными стандартами?	Техническая документация / API Docs	УНК-01 (УК-4)	УНК-01.02.01. У-1