

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по учебной работе

_____ Э.Ю. Майкова
« _____ » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»
«Современные проблемы теории управления»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Типы задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский, проектно-конструкторский

Форма обучения – очная

Факультет информационных технологий

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Тверь 2021

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки магистров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы: доцент кафедры АТП

П.К. Кузин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АТП
« ____ » _____ 2021 г., протокол № ____.

Заведующий кафедрой

Б.И. Марголис

Согласовано:

Начальник учебно-методического
отдела УМУ

Д.А. Барчуков

Начальник отдела
комплектования
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Современные проблемы теории управления» является подготовка студентов к профессиональной деятельности в области исследования, расчета, анализа и синтеза многомерных систем управления.

Задачами дисциплины являются:

- **приобретение** теоретических знаний по методам построения моделей многомерных систем управления;
- **приобретение** теоретических знаний по методам синтеза робастных систем управления;
- **овладение** методами моделирования многомерных систем управления;
- **формирование** практических навыков решения задачи синтеза многомерных робастных систем управления.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 ОП ВО. Для изучения курса требуются знания, полученные студентами при изучении дисциплин: «Теория автоматического управления», «Автоматизация технологических процессов и производств», «Моделирование систем управления», «Методы оптимального управления».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

3.1. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенции, закрепленные за дисциплиной в ОХОП:

ОПК-2. Способен формулировать задачи управления в технических системах и обосновывать методы их решения.

Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:

ИОПК-2.2. Использует методы математического моделирования и компьютерные технологии для решения задач анализа и синтеза систем управления.

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

Знать:

31. Алгоритмы решения задач оптимального управления.

32. Универсальный критерий синтеза H_∞ оптимальных робастных систем управления.

Уметь:

У1. Осуществлять построение моделей робастных систем управления в Matlab.

У2. Разрабатывать математические модели многомерных систем управления.

У3. Синтезировать робастный H_∞ - оптимальный регулятор с использованием компьютерных технологий.

3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций

Проведение лекционных и практических занятий, самостоятельная работа под руководством преподавателя.

4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
Общая трудоемкость дисциплины	3	108
Аудиторные занятия (всего)		26
В том числе:		
Лекции		13
Практические занятия (ПЗ)		13
Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		46+36 (экз.)
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы:		
- изучение теоретической части дисциплины		20
- подготовка к практическим занятиям		26
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		36 (экз.)
Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)		0

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины

Таблица 2. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич. занятия	Самостоят. работа
1	Представление многомерных систем в пространстве состояний	33	5	5	14+9 (экз.)
2	Применение принципа максимума Понтрягина для решения задачи оптимального управления	23	2	2	10+9 (экз.)
3	Робастные системы управления	52	6	6	22+18 (экз.)
Всего на дисциплину		108	13	13	46+36 (экз.)

5.2. Содержание дисциплины

Модуль 1 «Представление многомерных систем в пространстве состояний»

Понятие пространства состояний. Траектория движения АС в пространстве состояний. Уравнения состояния-выхода. Управляемость и наблюдаемость

АС. Критерии управляемости и наблюдаемости АС. Уравнения состояния-выхода для одномерной системы n -го порядка. Уравнения состояния-выхода типовых соединений систем. Решение уравнений состояния - выхода многомерных стационарных систем в пространстве состояний. Численные методы решения уравнений состояния – выхода в MATLAB. Моделирование многомерных систем в MATLAB и Simulink.

Модуль 2 «Применение принципа максимума Понтрягина для решения задачи оптимального управления»

Постановка задачи оптимального управления. Классификация задач оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина. Алгоритм применения принципа максимума Понтрягина для решения задач оптимального управления.

Модуль 3 «Робастные системы управления»

Критерий оптимальности при синтезе робастных систем управления. Алгоритм оценки сверху H_∞ - нормы с использованием матрицы Гамильтона. Вычисление H_2 – нормы и H_∞ - нормы в MATLAB. Модели неопределенности объектов управления. Функции чувствительности замкнутой системы. Универсальный критерий синтеза робастных систем. Обобщенный объект управления. Структурная схема расширенной системы, используемая для синтеза робастных регуляторов в MATLAB.

5.3. Лабораторные работы

Учебным планом лабораторные работы не предусмотрены.

5.4. Практические занятия

Таблица 3. Тематика, форма практических занятий (ПЗ) и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели практических работ.	Примерная тематика занятий и форма их проведения	Трудоемкость в часах
Модуль 1 Цель: овладение методами анализа устойчивости, управляемости и наблюдаемости многомерных систем; приобретение практических навыков решения уравнений состояний – выхода в MATLAB	Анализ устойчивости, наблюдаемости и управляемости систем. Аналитические и численные методы решения уравнений АС в пространстве состояний в Matlab.	6
Модуль 2 Цель: приобретение навыков применения принципа максимума Понтрягина для решения задач оптимизации систем управления	Нахождение оптимального управления по алгоритму применения принципа максимума Понтрягина.	2
Модуль 3 Цель: приобретение практических навыков вычисления норм сигналов и норм передаточных функций в MATLAB; овладение методами синтеза робастных систем в MATLAB	Вычисление 2 – нормы и ∞ - нормы многомерных систем в MATLAB. Синтез робастного H_∞ - оптимального регулятора в MATLAB и Simulink	3

6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости

6.1. Цели самостоятельной работы

Формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, способности применять современные методы разработки алгоритмического обеспечения систем управления, готовности к применению основных принципов и методов оптимального и робастного управления при разработке и проектировании систем и средств управления.

6.2. Организация и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к практическим занятиям, текущему контролю успеваемости, экзамену.

Текущий контроль успеваемости осуществляется с использованием модульно-рейтинговой системы обучения и оценки текущей успеваемости обучающихся.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература по дисциплине

1. Уткин, В.Б. Информационные технологии управления: учебник для вузов по спец. "Прикладная информатика" (по областям) и др. междисциплинар. спец.: в составе учебно-методического комплекса / В.Б. Уткин, К.В. Балдин. - Москва: Академия, 2008. - 395 с.: ил. - (Высшее профессиональное образование. Экономика и управление) (УМК-У). - Библиогр.: с. 387 - 391. - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-7695-6184-9: 535 р. 50 к. - (ID=72076-30)

2. Корягина, И. А. Современные проблемы теории управления: учебное пособие для вузов / И. А. Корягина, М. В. Хачатурян. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 188 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-06934-1. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/494189>. - (ID=145704-0)

3. Цымбал, В. П. Синергетическая концепция создания моделей и технологий: учебное пособие для вузов / В. П. Цымбал, П. А. Сеченов, И. А. Рыбенко. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 249 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-15011-7. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/486387>. - (ID=145706-0)

7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Комиссарчик, В.Ф. Основы нечеткого, нейросетевого, адаптивного и робастного управления: учеб. пособие для вузов по направлению 220200.62 "Автоматизация и упр." подготовки бакалавров: в составе учебно-методического комплекса / В.Ф. Комиссарчик, С.И. Суркова; Тверской гос. техн. ун-т. - 1-е изд. - Тверь: ТвГТУ, 2010. - 211 с.: ил. - (УМК-У). - Сервер. - Текст: непосредственный. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-7995-0575-2: 125 р. 70 к. - (ID=84974-66)

2. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: учебник для вузов по машиностр. и приборостор. спец. / К.А. Пупков [и др.]; под ред. Н.Д. Егупова. - Москва: Московский гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана, 2001.

- 743 с.: ил. - (Методы теории автомат. упр.). - Библиогр.: с. 719 - 734. - Текст: непосредственный. - ISBN 5-7038-1635-1: 90 р. - (ID=10409-12)

3. Хижняков, Ю. Н. Современные проблемы теории управления: учебное пособие / Ю. Н. Хижняков. - Пермь: ПНИПУ, 2014. - 237 с. - ISBN 978-5-398-01500-3. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/160819>. - (ID=145707-0)

4. Хижняков, Ю. Н. Нечеткое, нейронное и гибридное управление: учебное пособие / Ю. Н. Хижняков. - Пермь: ПНИПУ, 2013. - 303 с. - ISBN 978-5-398-01107-4. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/160818>. - (ID=145708-0)

5. Григоровский, Б. К. Современные проблемы системного анализа и управления: учебное пособие / Б. К. Григоровский. - Самара: СамГУПС, 2017. - 39 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/130435>. - (ID=145709-0)

6. Бобиков, А. И. Робастные системы управления: учебное пособие / А. И. Бобиков. - Рязань: РГРТУ, 2016. - 148 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/168067>. - (ID=145710-0)

7. Сердобинцев, Ю. П. Оптимальное и адаптивное управление: учебное пособие / Ю. П. Сердобинцев, М. П. Кухтик. - Волгоград: ВолгГТУ, 2019. - 112 с. - ISBN 978-5-9948-3552-4. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/157184>. - (ID=145245-0)

8. Федосенков, Б. А. Теория автоматического управления: современные разделы теории управления: учебное пособие / Б. А. Федосенков. - Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2014. - 153 с. - ISBN 978-5-89289-863-8. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/61292.html>. - (ID=145711-0)

7.3. Методические материалы

1. Фонд оценочных средств дисциплины базовой части Блока 1 "Современные проблемы теории управления" направления подготовки 27.04.04 Управление в технических системах. Профиль: Управление и информатика в технических системах. Семестр 3: в составе учебно-методического комплекса / Каф. Автоматизация технологических процессов; сост. П.К. Кузин. - 2016. - (УМК-В). - Текст: электронный. - (ID=132288-0)

2. Пищухин, А. М. Технологизация и автоматизация - два аспекта совершенствования техники: монография / А. М. Пищухин. - Оренбург: ОГУ, 2019. - 149 с. - ISBN 978-5-7410-2277-1. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/159919>. - (ID=145712-0)

3. Кудряшов, В. С. Методы синтеза цифровых систем управления многосвязными технологическими объектами: монография / В. С. Кудряшов, С. В. Рязанцев, А. В. Иванов. - Воронеж: ВГУИТ, 2018. - 333 с. - ISBN 978-5-00032-303-8. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/106907>. - (ID=145713-0)

7.4. Программное обеспечение по дисциплине

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ": сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНиПы и др.]. Диск 1, 2, 3, 4. - М.: Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 р. – (105501-1)
9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/132285>

8. Материально-техническое обеспечение

При изучении дисциплины «Современные проблемы теории управления» используется демонстрация справочного и методического материала с помощью проектора.

Практические занятия проводятся в компьютерных классах университета.

9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 12. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3 (1 вопрос для категории «знать» и 2 вопроса для категории «уметь»).

Продолжительность экзамена – 90 минут.

2. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

выше базового – 2;

базовый – 1;

ниже базового – 0;

критерии оценки и ее значение для категории «уметь»:

отсутствие умения – 0 баллов;

наличие умения – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

4. Вид экзамена – письменный экзамен, включающий решение задач с использованием ЭВМ.

5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене.

1. Представление АС в пространстве состояний. Уравнения состояния-выхода.
2. Управляемость и наблюдаемость АС. Критерий управляемости АС.
3. Управляемость и наблюдаемость АС. Критерий наблюдаемости АС.
4. Уравнения состояния-выхода одномерной системы n -го порядка.
5. Уравнения состояния-выхода параллельного соединения систем без суммирования выходных сигналов.
6. Уравнения состояния-выхода параллельного соединения систем с суммированием выходных сигналов.
7. Уравнения состояния-выхода последовательного соединения систем.
8. Уравнения состояния-выхода встречно – параллельного соединения систем (обратная связь).
9. Постановка задачи оптимального управления.
10. Принцип максимума Понтрягина.
11. Классификация задач оптимального управления.
12. Модели неопределенности объектов управления, используемые при синтезе робастных систем.
13. Функции чувствительности замкнутой АС.
14. Универсальный критерий оптимальности для синтеза H_∞ - оптимальной робастной системы.
15. Структурная схема расширенной системы с обобщенным объектом управления
16. Синтез H_∞ - оптимальной робастной системы в Matlab

При подготовке ответов на вопросы экзамена допускается использование справочных материалов.

При желании студента покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов на экзаменационные вопросы задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках содержания экзаменационного билета, выданного студенту.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

9.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме зачета

Учебным планом зачет по дисциплине не предусмотрен.

9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы

Учебным планом курсовая работа (проект) по дисциплине не предусмотрена.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

Студенты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки.

Студенты, изучающие дисциплину, обеспечиваются электронными изданиями или доступом к ним, учебно-методическим комплексом по дисциплине, включая методические указания к выполнению практических работ и всех видов самостоятельной работы.

11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины

Содержание рабочих программ дисциплин ежегодно обновляется протоколами заседаний кафедры по утвержденной «Положением о структуре, содержании и оформлении рабочих программ дисциплин по образовательным программам, соответствующим ФГОС ВО с учетом профессиональных стандартов» форме.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров 27.04.04 Управление в технических системах
Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах
Кафедра «Автоматизация технологических процессов»
Дисциплина «Современные проблемы теории управления»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Принцип максимума Понтрягина.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Получите уравнения состояния-выхода системы, заданной дифференциальным уравнением:

$$\ddot{x} + \ddot{x} - 3\dot{x} - 2x = 4u$$
$$y = x$$

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Заданы:

1. Модель объекта управления

$$\dot{x}(t) = x(t) + u(t), \quad x(0) = 0$$
$$\text{где } : x \in R, u \in R, t \in [0;1].$$

2. Функционал

$$I(x, u) = \int_0^1 u^2(t) dt - x(1) \rightarrow \min$$

Составьте гамильтониан $H(t, \psi(t), x(t), u(t)) = \sum_{i=1}^n \psi_i(t) f_i(x(t), u(t), t) - F(x(t), u(t), t)$

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: доцент кафедры АТП _____ П.К. Кузин

Заведующий кафедрой АТП: _____ Б.И. Марголис