

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 части, формируемой участниками образовательных отношений
Блока 1 «Дисциплины (модули)»
«Системы управления объектами с распределенными параметрами»

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: заведующий кафедрой АТП _____ Б.И. Марголис

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

Заведующий кафедрой АТП _____ Б.И. Марголис

Согласовано
Начальник учебно-методического
отдела УМУ _____ Д.А. Барчуков

Начальник отдела
комплектования
зональной научной библиотеки _____ О.Ф. Жмыхова

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Системы управления объектами с распределенными параметрами» является подготовка студентов к профессиональной деятельности в области исследования, расчета, анализа и синтеза объектов управления с распределенными параметрами.

Задачами дисциплины являются:

- **приобретение** теоретических знаний по методам построения моделей объектов управления с распределенными параметрами;
- **овладение** конечно-разностными методами моделирования систем с распределенными параметрами;
- **формирование** практических приемов решения конечно-разностных задач моделирования физических процессов, протекающих в пространстве и времени.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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».

Знания, полученные при освоении курса, используются при изучении дисциплин: «Современные проблемы теории управления», «Компьютерные технологии».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенции, закрепленные за дисциплиной в ОХОП:

ПК-1. Способен разрабатывать варианты структурных схем системы управления технологическим процессом и осуществлять выбор оптимальной структурной схемы.

Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХО

ИПК-1.1. Осуществляет разработку структурных схем интегрированных, интеллектуальных и нелинейных систем управления и систем с распределенными параметрами.

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

Знать:

31. Методы построения математических моделей объектов и систем управления с распределенными параметрами.

32. Методы математической физики для решения распределенных задач.

33. Методы анализа и практического решения задач стационарного и нестационарного моделирования систем с распределенными параметрами.

Уметь:

У1. Осуществлять моделирование объектов с распределенными параметрами.

У2. Осуществлять моделирование систем с распределенными параметрами с использованием конечно-разностных методов.

Иметь опыт практической подготовки:

ПП1. Разрабатывать программные приложения для решения задач исследования систем с распределенными параметрами в среде Octava.

3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций

Проведение лекционных, практических и лабораторных 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	4	144
Аудиторные занятия (всего)		42
В том числе:		
Лекции		14
Практические занятия (ПЗ)		14
Лабораторные работы (ЛР)		14
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		66+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:		
- подготовка к практическим занятиям		24
- подготовка к защите лабораторных работ		35
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		7+36 (экз.)
Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)		28
Практические занятия (ПЗ)		14
Лабораторные работы (ЛР)		14
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен

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	Лаб. работы	Сам. работа
1	Методы математической физики решения распределенных задач	27	3	5	-	12+7 (экз.)
2	Решение стационарной и нестационарной задач моделирования систем с распределенными параметрами	36	3	5	5	15+8 (экз.)
3	Метод конечных разностей	30	3	-	5	15+7 (экз.)

4	Метод конечных элементов	26	3	-	4	12+7 (экз.)
5	Передаточные функции объектов с распределенными параметрами	25	2	4	-	12+7 (экз.)
Всего на дисциплину		144	14	14	14	66+36 (экз.)

5.2. Содержание дисциплины

Модуль 1 «Методы математической физики решения распределенных задач»

Метод разделения переменных Фурье. Метод источников. Операционные методы, методы интегральных преобразований. Решение дифференциального уравнения в частных производных методом интегрального преобразования Лапласа.

Модуль 2 «Решение стационарной и нестационарной задач моделирования систем с распределенными параметрами»

Стационарные и нестационарные задачи моделирования систем с распределенными параметрами. Начальные условия. Типы граничных условий. Граничные условия при моделировании нестационарных тепловых процессов. Теплопроводность, конвективный и радиационный теплообмен. Решение задачи несимметричного конвективно-радиационного теплообмена пластины с использованием операционного метода и метода конечных интегральных преобразований.

Модуль 3 «Метод конечных разностей»

Конечно-разностные аппроксимации производных. Решение нелинейных одномерных стационарных краевых задач методом конечных разностей (МКР). Решение нестационарных тепловых задач конечно-разностными методами. Сходимость, аппроксимация и устойчивость разностных схем. Использование симметрии объекта в МКР.

Модуль 4 «Метод конечных элементов»

Метод взвешенных невязок, естественные граничные условия, глобальные базисные функции. Разбиение области на конечные элементы, функции формы двумерных конечных элементов. Алгоритм решения стационарных задач методом конечных элементов (МКЭ). МКЭ в двумерных задачах теплопроводности. Использование численного интегрирования в МКЭ.

Модуль 5 «Передаточные функции объектов с распределенными параметрами»

Математические модели объектов и систем управления с распределенными параметрами. Соотношения вход-выход для типовых линейных объектов управления с распределенными параметрами. Передаточные функции объектов управления с распределенными параметрами. Применение операционного исчисления для построения моделей объектов с распределенными параметрами. Моделирование нелинейных распределенных объектов. Методы разложения передаточных функций в бесконечные ряды. Методы определения параметров дробно-рациональных приближений передаточных функций заданной структуры.

5.3. Лабораторные работы

Таблица 3. Лабораторные работы и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели лабораторных работ.	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость в часах
Модуль 2 Цель: формирование практических навыков по решению нестационарных тепловых задач по аналитически полученным формулам	Применение операционного метода для решения задач нестационарного теплообмена	5
Модуль 3 Цель: формирование практических навыков по решению нестационарных тепловых задач конечно-разностными методами в среде MATLAB	Применение МКР для решения задач нестационарного теплообмена с сложными начальными и граничными условиями	5
Модуль 4 Цель: овладение знаниями по решению двумерных задач теплопроводности методом конечных элементов	Применение МКЭ для решения задач теплопроводности	4

5.4. Практические занятия

Таблица 4. Тематика, форма практических занятий (ПЗ) и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели практических занятий.	Примерная тематика занятий и форма их проведения	Трудоемкость в часах
Модуль 1 Цель: формирование знаний о методах разделения переменных, источников, интегральных преобразований	Методы решения распределенных задач	5
Модуль 2 Цель: формирование знаний о применении преобразования Лапласа и методов интегральных преобразований для распределенных задач	Решение нестационарных задач теплопроводности с использованием методов интегральных преобразований	5
Модуль 5 Цель: овладение методами описания объектов с распределенными параметрами с помощью аппарата передаточных функций	Получение передаточных функций объектов с распределенными параметрами	4

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, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий в области математического описания и моделирования объектов и систем с распределенными параметрами.

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 и лабораторным работам, текущему контролю успеваемости, экзамену.

В рамках дисциплины выполняется 3 лабораторных и 3 практических работы, охватывающих все модули. Выполнение всех работ обязательно. В случае невыполнения работы по уважительной причине студент должен выполнить пропущенные занятия в часы, отведенные на консультирование с преподавателем. Работы защищаются устным опросом.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература по дисциплине

1. Рапопорт, Э.Я. Оптимальное управление системами с распределенными параметрами: учеб. пособие для вузов по спец. 220201 "Упр. и информатика в техн. системах": в составе учебно-методического комплекса / Э.Я. Рапопорт. - М.: Высшая школа, 2009. - 677 с.: ил. - (Для высших учебных заведений. Автоматика и управление) (УМК-У). - Библиогр.: с. 673 - 677. - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-06-006054-6: 1107 p. - (ID=76174-3)

7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Марголис, Б.И. Моделирование полей температур и напряжений в стеклоизделиях: в составе учебно-методического комплекса / Б.И. Марголис; Тверской гос. техн. ун-т. - 1-е изд. - Тверь: ТвГТУ, 2001. - 99 с.: ил. - (УМК-У). - Библиогр.: с. 98 - 99. - Текст: непосредственный. - ISBN 5-7995-0155-1: 45 p. 50 к. - (ID=7244-36)

2. Егоров, А.И. Основы теории управления / А.И. Егоров. - Москва: Физматлит, 2004. - 502 с. - Библиогр.: с. 485 - 493. - Текст: непосредственный. - ISBN 5-9221-0543-4: 200 p. - (ID=57058-2)

7.3. Методические материалы

1. Вопросы к зачету по дисциплине "Системы управления объектами с распределительными параметрами": в составе учебно-методического комплекса / разработ. Б.И. Марголис; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2007. - (УМК-В). - Сервер. - Текст: электронный. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104820>. - (ID=104820-0)

2. Направления для выполнения курсовой работы по дисциплине "Системы управления объектами с распределительными параметрами": в составе учебно-методического комплекса / разработ. Б.И. Марголис; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2007. - (УМК-КП). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104822>. - (ID=104822-1)

3. Практические занятия по дисциплине "Системы управления объектами с распределительными параметрами": в составе учебно-методического комплекса / разработ. Б.И. Марголис; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2007. - (УМК-П). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104823>. - (ID=104823-1)

4. Расширенное описание лекционного курса по дисциплине "Системы управления объектами с распределительными параметрами": в составе учебно-методического комплекса / разработ. Б.И. Марголис; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2007. - (УМК-М). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104821>. - (ID=104821-1)

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.

Свободно распространяемая среда программирования Octave.

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/121072>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Системы управления объектами с распределенными параметрами» используется демонстрация лекционного материала с помощью проектора.

Практические занятия и лабораторные работы проводятся в компьютерных классах ХТ-201 на персональных компьютерах с лицензионным программным обеспечением Microsoft Windows и Microsoft Office 2007.

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 – 60 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 балл;

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. Математическое описание объектов с сосредоточенными и распределенными параметрами.

2. Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных.

3. Начальные и граничные условия при решении дифференциальных уравнений в частных производных.

4. Виды теплопереноса: теплопроводность, конвективный и радиационный теплообмен.

5. Решение задачи несимметричного конвективно-радиационного теплообмена пластины методом конечных интегральных преобразований.

6. Решение задачи теплопроводности для бесконечной пластины при граничных условиях 1-го рода методом разделения переменных.

7. Решение задачи теплопроводности для бесконечной пластины при граничных условиях 1-го рода с использованием преобразования Лапласа.

8. Решение задачи теплопроводности для бесконечной пластины при граничных условиях 3-го рода методом разделения переменных.

9. Решение задачи теплопроводности для бесконечной пластины при граничных условиях 3-го рода с использованием преобразования Лапласа.

10. Решение симметричной задачи теплопроводности для бесконечной пластины при граничных условиях 3-го рода и линейной температуре среды.

11. Решение нестационарных тепловых задач конечно-разностными методами.

12. Конечно-разностные аппроксимации производных. Решение нелинейных одномерных стационарных краевых задач методом конечных разностей.

13. Явная численная схема решения дифференциального уравнения теплопроводности для бесконечной пластины при граничных условиях 3-го рода.

14. Сходимость, аппроксимация и устойчивость разностных схем. Использование симметрии объекта в методе конечных разностей.

15. Явная численная схема решения дифференциального уравнения теплопроводности для бесконечной пластины при совместных несимметричных радиации и конвекции.

16. Дифференциальные уравнения теплопроводности для цилиндрических и конечногабаритных тел.

17. Аналитическое решение дифференциального уравнения теплопроводности для цилиндрических тел при граничных условиях 1-го рода.

18. Метод взвешенных невязок, естественные граничные условия, глобальные базисные функции. Разбиение области на конечные элементы, функции формы двумерных конечных элементов.

19. Явная численная схема решения дифференциального уравнения теплопроводности для цилиндрических тел при граничных условиях 3-го рода.

20. Алгоритм решения стационарных задач методом конечных элементов (МКЭ). МКЭ в двумерных задачах теплопроводности.

21. Численная схема решения дифференциального уравнения теплопроводности для бесконечной пластины при несимметричном конвективном теплообмене.

22. Критерии и теплофизические параметры, используемые при решении дифференциального уравнения теплопроводности.

23. Численная схема решения дифференциального уравнения теплопроводности для параллелепипеда при конвективном теплообмене.

24. Передаточные функции объектов управления с распределенными параметрами. Применение операционного исчисления для построения моделей объектов с распределенными параметрами.

При ответе на вопросы экзамена допускается использование справочных данных, ГОСТов, методических указаний по выполнению лабораторных работ в рамках данной дисциплины.

Пользование различными техническими устройствами, кроме ЭВМ компьютерного класса и программным обеспечением, необходимым для решения поставленных задач, не допускается. 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 и решенных на компьютере задач 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 и курсовой проект по дисциплине не предусмотрены.

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 и лабораторных работ, всех видов самостоятельной работы.

В учебный процесс рекомендуется внедрение субъект-субъектной педагогической технологии, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

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 «Системы управления объектами с распределенными параметрами»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

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

Математическое описание объектов с сосредоточенными и распределенными параметрами.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Написать фрагмент программы в среде Octave, позволяющей рассчитать температурное поле для вопроса 3 билета.

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

Решение задачи теплопроводности для бесконечной пластины при граничных условиях 1-го рода методом разделения переменных.

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: зав. кафедрой АТП _____ Б.И. Марголис

Заведующий кафедрой: _____ Б.И. Марголис