

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИКНК
_____ Д.П. Зегжда
«17» июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Управление распределенными системами»

Разработчик	Высшая школа компьютерных технологий и информационных систем
Направление (специальность) подготовки	09.03.02 Информационные системы и технологии
Наименование ООП	09.03.02_02 Информационные системы и технологии
Квалификация (степень) выпускника	бакалавр
Образовательный стандарт	СУОС
Форма обучения	Очная

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОП

_____ А.А. Ефремов

«19» мая 2025 г.

Соответствует СУОС

Утверждена протоколом заседания

высшей школы "ВШКТиИС"

от «19» мая 2025 г. № 4

РПД разработал:

Старший преподаватель Н.В. Сорокина

1. Цели и планируемые результаты изучения дисциплины

Цели освоения дисциплины

1. Получение студентами знаний, умений и, частично, навыков постановки основных классических задач математической физики, имеющих приложения в технических вопросах.
2. Получение студентами знаний, умений и, частично, навыков анализа основных классических задач математической физики, имеющих приложения в технических вопросах.
3. Получение студентами знаний, умений и, частично, навыков аналитического и численного решения основных классических задач математической физики, имеющих приложения в технических вопросах.

Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ПК-4	Способен исследовать информационно-управляющие системы
ИД-1 ПК-4	Исследует информационно-управляющие системы

Планируемые результаты изучения дисциплины

умения:

- Умеет исследовать информационно-управляющие системы

навыки:

- Владеет навыками исследования информационно-управляющих систем

2. Место дисциплины в структуре ООП

В учебном плане дисциплина «Управление распределенными системами» не связана ни с одним модулем учебного плана.

Изучение дисциплины базируется на результатах освоения следующих дисциплин:

- Высшая математика
- Физика

3. Распределение трудоёмкости освоения дисциплины по видам учебной работы и формы текущего контроля и промежуточной аттестации

3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоёмкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	60
Практические занятия	30
Самостоятельная работа	165
Часы на контроль	16
Промежуточная аттестация (экзамен)	11
Промежуточная аттестация (зачет с оценкой)	6
Общая трудоёмкость освоения дисциплины	288, ач
	8, зет

3.2. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации	Количество по семестрам
	Очная форма
Текущий контроль	
Расчетно-графические работы, шт.	2
Промежуточная аттестация	
Экзамены, шт.	1
Зачеты с оценкой, шт.	1

4. Содержание и результаты обучения

4.1 Разделы дисциплины и виды учебной работы

№ раздела	Разделы дисциплины, мероприятия текущего контроля	Очная форма		
		Лек, ач	Пр, ач	СР, ач

1.	Классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. Канонический вид.	2	2	6
2.	Основные модели распределенных систем.	2	2	8
3.	Контрольная работа	0	1	6
4.	Одномерное волновое уравнение.	4	2	12
5.	Двумерное волновое уравнение.	6	2	12
6.	Одномерное уравнение теплопроводности.	4	2	12
7.	Двумерное уравнение теплопроводности.	6	2	14
8.	Уравнение диффузии.	6	2	14
9.	Разностные методы приближенного моделирования объектов с распределенными параметрами.	6	2	14
10.	Основные характеристики объектов с распределенными параметрами.	4	2	10
11.	Типовые распределенные блоки.	4	2	10
12.	Контрольная работа.	0	1	6
13.	Применение интегральных преобразований для моделирования объектов с распределенными параметрами.	4	2	10
14.	Управляемость систем с распределенными параметрами.	4	2	10
15.	Наблюдаемость распределённых систем.	4	2	10
16.	Оптимальное управление системами с распределенными параметрами.	4	2	11
Итого по видам учебной работы:		60	30	165
Зачеты с оценкой, ач				0
Экзамены, ач				16
Часы на контроль, ач				16
Промежуточная аттестация (экзамен)		11		
Промежуточная аттестация (зачет с оценкой)		6		
Общая трудоёмкость освоения: ач / зет		288 / 8		

4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
1. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. Канонический вид.	Понятие об общем решении уравнения в частных производных. Классификация уравнений в частных производных второго порядка. Каноническая форма дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка.
2. Основные модели распределенных систем.	Уравнение малых поперечных колебаний. Уравнение теплопроводности. Уравнение диффузии. Различные варианты начальных и граничных условий. Корректность постановки задачи. Пример Адамара некорректно поставленной задачи. Теоремы существования и единственности решения начальных и краевых задач.
3. Контрольная работа	Приведение дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка каноническому виду через характеристическое уравнение или квадратичную форму.
4. Одномерное волновое уравнение.	Решение задачи Коши для одномерного волнового уравнения. Метод бегущих волн. Задача Коши на полупрямой. Задача о свободных колебаниях ограниченной однородной струны. Задача о вынужденных колебаниях ограниченной струны. Метод Фурье, его общая схема. Применение интегрального преобразования Фурье при решении задач для волнового уравнения.
5. Двумерное волновое уравнение.	Метод Фурье при решении смешанной задачи для двумерного волнового уравнения. Представление решения через функцию Грина.
6. Одномерное уравнение теплопроводности.	Задача о распространении тепла в бесконечном/конечном стержне. Интегрирование уравнения распространения тепла в ограниченном стержне методом Фурье. Задача о распространении тепла в кольце. Метод интегрального преобразования Лапласа в решении задач для уравнения теплопроводности.
7. Двумерное уравнение теплопроводности.	Задача о распространении тепла в двумерной области (прямоугольной или круглой пластине). Задача о распространении тепла в цилиндре круглого сечения. Метод Фурье. Представление решения через функцию Грина.

8. Уравнение диффузии.	Уравнения Лапласа и Пуассона. Задача Дирихле, задача Неймана и третья краевая задача. Фундаментальное решение уравнений Лапласа. Формулы Грина. Основная интегральная формула Грина. Решение задачи Дирихле для круговой области методом Фурье. Метод функции Грина.
9. Разностные методы приближенного моделирования объектов с распределенными параметрами.	Понятие о методе конечных разностей. Основные определения и конечно-разностные схемы. Основные понятия, связанные с конечно-разностной аппроксимацией дифференциальных задач. Постановка конечно-разностных задач для уравнений в частных производных. Применение метода конечных разностей к решению уравнений параболического, гиперболического и эллиптического типов.
10. Основные характеристики объектов с распределенными параметрами.	Базовые уравнения объектов с распределенными параметрами. Импульсная переходная функция. Стандартная форма и стандартизирующая функция.
11. Типовые распределенные блоки.	Типовые распределенные блоки. Переходная и передаточная функции. Соединение распределенных блоков. Переходные блоки. Распределенные блоки, охваченные обратной связью.
12. Контрольная работа.	Определение передаточных функций распределенных блоков, нахождение импульсных переходных функций, составление структурных схем.
13. Применение интегральных преобразований для моделирования объектов с распределенными параметрами.	Понятие интегрального уравнения и его решения. Интегральные уравнения Фредгольма первого и второго рода. Интегральные уравнения Вольтерры первого и второго рода. Методы их решения. Нахождение передаточных функций с помощью преобразования Лапласа и с помощью конечных интегральных преобразований.
14. Управляемость систем с распределенными параметрами.	Определение управляемости. Условие полной управляемости. Управляемость с учетом ограничений на управляющие воздействия.
15. Наблюдаемость распределённых систем.	Наблюдаемость бесконечномерных моделей распределенных систем. Наблюдаемость конечномерных моделей распределенных систем. Наблюдатели состояния распределённых систем.
16. Оптимальное управление системами с распределенными параметрами.	Задача синтеза оптимальных систем с распределенными параметрами. Метод динамического программирования Беллмана.

5. Образовательные технологии

1. Лекции. Подробное содержание лекций заранее доступно на портале. Некоторые вопросы заранее предлагается учащимся изучить самостоятельно, и сделать соответствующее сообщение на занятии.
2. Практические занятия. В начале занятия преподаватель на примерах подробно разъясняет принципы и особенности методов решения соответствующих задач, затем учащимся предлагается несколько задач для самостоятельного решения в аудитории.
3. Самостоятельное изучение определённых разделов (по указанию преподавателя). Некоторые разделы теории и практики, развивающие изложенные на занятиях, предлагается учащимся изучить самостоятельно и представить соответствующий реферат.

6. Лабораторный практикум

Не предусмотрено

7. Практические занятия

№ раздела	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ач
		Очная форма
1.	Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка. Их классификация. Приведение дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка к каноническому виду.	1
2.	Математические модели различных физических процессов.	1
3.	Контрольная работа по приведению ДУЧП 2-го порядка к каноническому виду.	1
4.	Решение начальной задачи о поперечных колебаниях бесконечной струны и продольных колебаниях бесконечного стержня.	1
5.	Решение начальной задачи о поперечных колебаниях полуограниченной струны и полуограниченного стержня.	1
6.	Решение начально-краевой задачи о свободных или вынужденных поперечных колебаниях ограниченной струны.	1
7.	Решение начально-краевой задачи о свободных/вынужденных колебаниях квадратной и круглой мембран.	1
8.	Решение начальной задачи о распространении тепла в бесконечном стержне. Задача на прямой и на полупрямой.	1
9.	Решение начально-краевой задачи о распространении тепла в ограниченном стержне. Задача о распространении тепла в кольце.	1
10.	Решение задачи о распространении тепла в двумерной области. Решение задачи о распространении тепла в цилиндре круглого сечения.	2
11.	Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа в прямоугольной и круглой областях.	2
12.	Решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона в прямоугольной и круглой областях.	2

13.	Решение начально-краевой задачи для одномерного волнового уравнения и одномерного уравнения теплопроводности методом конечных разностей. Явная и неявная разностные схемы.	2
14.	Решение задач Дирихле и Неймана для уравнений Лапласа и Пуассона методом конечных разностей. Построение итерационной схемы.	2
15.	Приведение математической модели распределенной системы к стандартной форме. Нахождение импульсной переходной функции.	2
16.	Составление структурных схем простейших распределенных систем.	2
17.	Контрольная работа по определению передаточных функций распределенных блоков.	1
18.	Применение интегральных преобразований для описания объектов с распределенными системами.	2
19.	Определение управляемости и наблюдаемости распределенных систем.	2
20.	Синтез оптимального управления распределенными системами.	2
Итого часов		30

8. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоемкость, ач
	Очная форма
Текущая СР	
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	20
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	20
самостоятельное изучение разделов дисциплины	10
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	10
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	35
Итого текущей СР:	105
Творческая проблемно-ориентированная СР	
выполнение расчётно-графических работ	30
выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
работа над междисциплинарным проектом	0
исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах	0
анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных	30
Итого творческой СР:	60
Общая трудоемкость СР:	165

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Адрес сайта курса

<https://dl.spbstu.ru/course/view.php?id=18>

9.2. Рекомендуемая литература

Основная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Куликов К.Г., Фирсов А.Н. Уравнения и методы математической физики. Классические модели: СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.	2011	ИБК СПбПУ
2	Бутковский А.Г. Структурная теория распределенных систем: М.: Наука, 1977.	1977	ИБК СПбПУ

Ресурсы Интернета

1. Самарский А.А. Теория разностных схем: Учеб.пособие: Москва: Изд-во , 1977: <http://samarskii.ru/books/book1977.pdf>
2. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики: Учеб.пособие. - 6-е изд., испр. и доп.: Москва: Изд-во МГУ, 1999: http://window.edu.ru/resource/957/52957/files/umf_6.pdf
3. Рапопорт Э.Я. Анализ и синтез систем автоматического управления с распределенными параметрами: Учеб. пособие. - М.: Высшая школа, 2005: https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=31478&srsltid=AfmBOoqFJ7Uwlex7RoocH8uLrZtzAfXecLcGg5KFgD_MNNAomYWxRIWt

9.3. Технические средства обеспечения дисциплины

Локальная компьютерная сеть ИКНТ с выходом в глобальную сеть Internet. Электронная библиотека СПбПУ. Дистанционный курс на портале дистанционных образовательных программ СПбПУ.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория, обеспеченная мультимедиа оборудованием для проведения лекционных занятий. Аудитория с досками большого формата для проведения практических занятий. Офисная техника для подготовки демонстрационных и проверочных материалов.

11. Критерии оценивания и оценочные средства

11.1. Критерии оценивания

Для дисциплины «Управление распределенными системами» предусмотрены следующие формы аттестации: зачёт с оценкой, экзамен. Дисциплина реализуется с применением системы индивидуальных достижений.

Текущий контроль успеваемости

Максимальное значение персонального суммарного результата обучения (ПСРО) по приведенной шкале - 100 баллов

Максимальное количество баллов приведенной шкалы по результатам прохождения двух точек контроля - 80 баллов.

Подробное описание правил проведения текущего контроля с указанием баллов по каждому контрольному мероприятию и критериев выставления оценки размещается в СДО в навигационном курсе дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине

Максимальное количество баллов по результатам проведения аттестационного испытания в период промежуточной аттестации – 20 баллов приведенной шкалы.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с расписанием.

Зачёт по дисциплине ставится на основании выполненного и сданного расчётного задания.

Расчётное задание заключается в решении одной из классических задач математической физики, поставленной перед студентом, и анализе полученного решения. Подробности по расчётному заданию представлены на дистанционном курсе.

Оценка за экзамене ставится на основании дополненного расчётного задания (экзаменационной работы) и беседы с преподавателем. В дополнении к расчётному заданию нужно провести структурное моделирование имеющейся системы, определить её основные характеристики, проанализировать управляемость и наблюдаемость, синтезировать оптимальное управление. Во время беседы студент должен уметь защитить свой отчёт, должен владеть математическими терминами, связанными с изучаемым курсом.

Результаты промежуточной аттестации, определяются на основе баллов, набранных в рамках применения, СИД

Баллы по приведенной шкале в рамках применения СИД (ПСРО+ ПА)	Оценка по результатам промежуточной аттестации
	Экзамен/диф.зачет/зачет
0 - 60 баллов	Неудовлетворительно/не зачтено
61 - 75 баллов	Удовлетворительно/зачтено
76 - 89 баллов	Хорошо/зачтено
90 и более	Отлично/зачтено

11.2. Оценочные средства

Оценочные средства по дисциплине представлены в фонде оценочных средств, который является неотъемлемой частью основной образовательной программы и размещается в электронной информационно-образовательной среде СПбПУ на портале etk.spbstu.ru

12. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Подготовка к текущим лекциям и практическим занятиям осуществляется в процессе самостоятельной работы студентов согласно методическим указаниям, представляемым преподавателем на предшествующих лекциях и практических занятиях.

Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса

Учебно-методический комплекс (УМК) призван помочь студенту понять специфику изучаемого материала, а в конечном итоге – максимально полно и качественно его освоить.

В первую очередь студент должен осознать предназначение комплекса: его структуру, цели и задачи. Для этого он знакомится с преамбулой, оглавлением УМК, говоря иначе, осуществляет первичное знакомство с ним.

Далее студент внимательно прочитывает и осмысливает тот раздел, задания которого ему необходимо выполнить.

Выполнение всех заданий, определяемых содержанием курса, предполагает работу с научными исследованиями (монографиями и статьями). Перед работой с научными источниками студенту следует обратиться к основной учебной литературе – учебным пособиям и хрестоматиям. Это позволит ему сформировать общее представление о существе интересующего вопроса.

Рекомендации по работе с литературой

Системный подход к изучению предмета предусматривает не только тщательное чтение специальной литературы, но и обращение к дополнительным источникам – справочникам,

энциклопедиям, словарям. Эти источники – важное подспорье в самостоятельной работе студента (СРС и НИРС), поскольку глубокое изучение именно их материалов позволит студенту уверенно «распознавать», а затем самостоятельно оперировать научными категориями и понятиями, следовательно – освоить новейшую научную терминологию. Такого рода работа с литературой обеспечивает решение студентом поставленной перед ним задачи (подготовка к практическому занятию, выполнение контрольной работы и т.д.).

Советы по подготовке к экзамену

Подготовка к экзамену начинается с первого занятия по дисциплине, на котором студенты получают общую установку преподавателя и перечень основных требований к текущей и итоговой отчётности. При этом важно с самого начала планомерно осваивать материал, руководствуясь прежде всего перечнем вопросов к зачету, конспектировать важные для решения учебных задач источники. В течение семестра происходят пополнение, систематизация и корректировка студенческих наработок, освоение нового и закрепление уже изученного материала. Лекции, практические занятия (семинары), контрольные работы являются важными этапами подготовки к зачету, поскольку студент имеет возможность оценить уровень собственных знаний и своевременно восполнить имеющиеся пробелы.

13. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.