

**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)

«Разработка программного обеспечения для моделирования физических процессов»

Разработчик	Высшая школа программной инженерии
Направление (специальность) подготовки	09.03.04 Программная инженерия
Наименование ОП	09.03.04_01 Технология разработки и сопровождения качественного программного продукта
Квалификация (степень) выпускника	бакалавр
Образовательный стандарт	СУОС
Форма обучения	Очная

СОГЛАСОВАНО	Соответствует СУОС
Руководитель ОП	Утверждена протоколом заседания
_____ А.В. Петров «01» апреля 2025 г.	высшей школы "ВШПИ" от «01» апреля 2025 г. № 1

РПД разработал:
Доцент, к.ф.-м.н., доц. С.П. Воскобойников

1. Цели и планируемые результаты изучения дисциплины

Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Разработка программного обеспечения для моделирования физических процессов» – подготовить специалистов, умеющих обоснованно и результативно применять существующие и осваивать новые математические методы при решении задач профессиональной области; умеющих математически грамотно пояснить существование используемых математических методов и моделей и обосновать необходимость их применения.

Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ПК-13	Способен разрабатывать приложения с использованием стандартных методов анализа, моделирования, обработки данных и производить их масштабирование
ИД-6 ПК-13	Разрабатывает программную реализацию алгоритмов цифровой обработки сигналов и моделирования физических процессов, применяя методы математического моделирования и искусственного интеллекта

Планируемые результаты изучения дисциплины

знания:

- Знает основные понятия и математический аппарат моделирования систем и обработки сигналов

умения:

- Умеет применить на практике теоретические знания для разработки программных средств моделирования систем и обработки сигналов

навыки:

- Владеет программными инструментами моделирования

2. Место дисциплины в структуре ООП

В учебном плане дисциплина «Разработка программного обеспечения для моделирования физических процессов» относится к модулю «Модуль цифровых компетенций» / «Технологии искусственного интеллекта и вычислительной математики для обработки данных. Электив».

Изучение дисциплины базируется на результатах освоения следующих дисциплин:

- Высшая математика
- Технологии программирования
- Вычислительная математика

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

3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоемкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	30
Практические занятия	16
Самостоятельная работа	59
Часы на контроль	16
Промежуточная аттестация (экзамен)	11
Промежуточная аттестация (зачет)	4
Курсовое проектирование	8
Общая трудоемкость освоения дисциплины	144, ач
	4, зет

3.2. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации	Количество по семестрам
	Очная форма
Текущий контроль	
Курсовые работы, шт.	1
Промежуточная аттестация	
Зачеты, шт.	1
Экзамены, 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.	НЕКОТОРЫЕ ТИПИЧНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ.			
1.1.	Уравнение нестационарной теплопроводности	1	0	3
1.2.	Волновое уравнение.	1	0	3
1.3.	Уравнение стационарной теплопроводности	1	0	3
1.4.	Классификация уравнений в частных производных	1	0	3
1.5.	Уравнения с разделяющимися переменными. Метод Фурье.	2	2	4
2.	ПОСТРОЕНИЕ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ НА МИКРОУРОВНЕ			
2.1.	Интегро-интерполяционный метод построения дискретных и полудискретных аппроксимаций. Метод баланса.	4	2	8
2.2.	Метод Галеркина. Метод конечных элементов. Метод коллокаций. Кусочно-полиномиальные аппроксимации. В-сплайны	4	1	4
2.3.	Аппроксимация, сходимость, устойчивость. Метод частных решений для построения тестов.	2	1	3
2.4.	Разностные схемы для уравнений с младшими членами.	2	2	4
3.	ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ АППРОКСИМАЦИЙ МОДЕЛЕЙ НА МИКРОУРОВНЕ			
3.1.	Формы записи дискретных моделей. Структура матриц дискретных моделей.	2	2	6
3.2.	Прямые методы	2	2	6
3.3.	Прямые методы для уравнений с разделяющимися переменными.	4	2	6
3.4.	Итерационный метод сопряженных градиентов с предобусловливанием	4	2	6
Итого по видам учебной работы:		30	16	59
Зачеты, ач				0
Экзамены, ач				16

Часы на контроль, ач		16
Курсовое проектирование	8	
Промежуточная аттестация (экзамен)	11	
Промежуточная аттестация (зачет)	4	
Общая трудоёмкость освоения: ач / зет	144	/ 4

4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
1. НЕКОТОРЫЕ ТИПИЧНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ.	
1.1. Уравнение нестационарной теплопроводности	Вид уравнения теплопроводности для однородного, изотропного и анизотропного тела. Постановка начально-краевых задач. Краевые условия I, II и III рода. Вид уравнения теплопроводности в цилиндрической и сферической системе координат.
1.2. Волновое уравнение.	Волновое уравнение. Уравнение электрических колебаний в длинной линии. Постановка задач. Начально-краевая задача.
1.3. Уравнение стационарной теплопроводности	Вид уравнения стационарной теплопроводности для однородного, изотропного и анизотропного тела. Постановка краевых задач. Краевые условия I, II и III рода. Вид уравнения теплопроводности в цилиндрической и сферической системе координат.
1.4. Классификация уравнений в частных производных	Классификация уравнений в частных производных: параболические, эллиптические и гиперболические. Существование и единственность решения типичных задач.
1.5. Уравнения с разделяющимися переменными. Метод Фурье.	Уравнения с разделяющимися переменными. Понятие о методе Фурье. Задача Штурма-Лиувилля. Собственные числа и собственные функции.
2. ПОСТРОЕНИЕ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ НА МИКРОУРОВНЕ	
2.1. Интегро-интерполяционный метод построения дискретных и полудискретных аппроксимаций. Метод баланса.	Метод конечных разностей. Интегро-интерполяционный метод (метод баланса). Аппроксимация производных и интегралов. Аппроксимация уравнений и граничных условий в различных системах координат. Аппроксимация условия ограниченности.
2.2. Метод Галеркина. Метод конечных элементов. Метод коллокаций. Кусочно-полиномиальные аппроксимации. B-сплайны	Метод Галеркина. Метод конечных элементов. Метод коллокаций. Кусочно-полиномиальные аппроксимации. B-сплайны.

2.3. Аппроксимация, сходимость, устойчивость. Метод частных решений для построения тестов.	Аппроксимация, сходимость, устойчивость. Невязка разностной схемы. Порядок аппроксимации разностной схемы. Главный член погрешности аппроксимации уравнения и граничных условий. Метод частных решений для построения тестов. Некоторые свойства разностных операторов: симметричность, положительная определенность. Формула суммирования по частям. Собственные числа и собственные функции простейших разностных операторов.
2.4. Разностные схемы для уравнений с младшими членами.	Разностные схемы для уравнений с младшими членами. Анализ свойств типичных разностных схем для модельного уравнения. Монотонность. Схема Самарского. Схема Патанкара.
3. ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ АППРОКСИМАЦИЙ МОДЕЛЕЙ НА МИКРОУРОВНЕ	
3.1. Формы записи дискретных моделей. Структура матриц дискретных моделей.	Формы записи дискретных моделей: векторно-матричная, блочная векторно-матричная, матричная, пространственно-матричная.
3.2. Прямые методы	Метод матричной прогонки, ленточные и профильные методы, метод Гаусса для разреженных систем, схемы хранения разреженных матриц.
3.3. Прямые методы для уравнений с разделяющимися переменными.	Метод модифицированной матричной прогонки. Метод нечётно-четного исключения, метод Фурье, спектральные методы с использованием пространственных матриц
3.4. Итерационный метод сопряженных градиентов с предобусловливанием	Итерационный метод сопряженных градиентов с предобусловливанием. Построение предобусловливающей матрицы на основе неполного разложения Холеского

5. Образовательные технологии

В преподавании курса используются преимущественно традиционные образовательные технологии: – лекции и практические занятия.

6. Лабораторный практикум

Не предусмотрено

7. Практические занятия

№ раздела	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ач
		Очная форма
1.	Некоторые типичные математические модели, классификация, метод Фурье.	2
2.	Построение дискретных аппроксимаций уравнений и граничных условий интегро-интерполяционным методом	2
3.	Вывод главного члена погрешности аппроксимации уравнения и граничных условий	2
4.	Разработка тестовых примеров методом частных решений с нулевой и ненулевой погрешностью аппроксимации	2
5.	Разработка программы для моделирования процесса стационарной теплопроводности	8
Итого часов		16

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	24
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	20
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Итого текущей СР:	44
Творческая проблемно-ориентированная СР	
выполнение расчётно-графических работ	0
выполнение курсового проекта или курсовой работы	15
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	0
Итого творческой СР:	15
Общая трудоемкость СР:	59

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Адрес сайта курса

<https://dl.spbstu.ru/course/view.php?id=5977>

9.2. Рекомендуемая литература

Основная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы математической физики: М.: Научный мир, 2003.	2003	ИБК СПбПУ
2	Самарский А.А. Теория разностных схем: Москва: Наука, 1983.	1983	ИБК СПбПУ

Ресурсы Интернета

1. Библиотека программ для решения вычислительных задач при моделировании систем с распределёнными параметрами: <https://netlib.org/>

9.3. Технические средства обеспечения дисциплины

Системы программирования CodeBlocks и MS Visual Studio, Matlab, приложение GNUMplot, дисплейный класс с количеством посадочных мест не менее 14.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При выполнении практических и курсовых работ используется дисплейный класс персональных машин общего назначения.

11. Критерии оценивания и оценочные средства

11.1. Критерии оценивания

Для дисциплины «Разработка программного обеспечения для моделирования физических процессов» предусмотрены следующие формы аттестации: зачёт, 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.

Экзамен проводится в письменной форме. В спорных случаях, когда даются неполные ответы на экзаменационные вопросы, со студентами проводится собеседование для уточнения окончательной оценки, в ходе которого выясняется знание основных определений и понятий. В случае дистанционного обучения экзамен проводится в форме собеседования.

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

Баллы по приведенной шкале в рамках применения СИД (ПСРО+ ПА)	Оценка по результатам промежуточной аттестации
	Экзамен/диф.зачет/зачет
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 <https://etk.spbstu.ru>

12. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Студентам рекомендуется посещать лекции, вести структурированный конспект, записывать номер лекции, дату, название изучаемых тем, краткие пояснения к формулам, чтобы был ясен их смысл и назначение. Ставить активно слушать, задавать вопросы и отвечать на вопросы преподавателя во время лекции. Очень полезным является прочитывание конспекта последней лекции перед предстоящей лекцией. Желательно убедиться в том, что вам всё понятно в изложении лекции. В случае возникновения вопросов рекомендуется обратиться к преподавателю или рекомендуемой литературе. На этом этапе достаточно запомнить основные понятия и добиться понимания материала в целом. Это позволит гораздо более эффективно подготовиться к экзамену, на подготовку к которому во время сессии, как правило, даётся мало времени. На практических занятиях студенты используют знания, полученные на лекциях, разрабатывая программы для моделирования систем с распределёнными параметрами. При этом важным является аккуратное написание разностной схемы, разработка тестов для проверки программ решения алгебраических систем и всей задачи в целом. Каждая работа завершается написанием отчёта. В отчёте должны быть следующие разделы:

1. Постановка задачи (конкретный вариант).
2. Дискретная модель (полудискретная в нестационарном случае).
3. Анализ порядка аппроксимации уравнения и граничных условий, вывод выражения для главного члена погрешности аппроксимации.
4. Вид коэффициентов матрицы и правой части алгебраической системы, а также структура расположения ненулевых элементов матрицы для небольшого количества узлов сетки.
5. Формулы и алгоритмы решения системы алгебраических уравнений.

6. Тесты для подпрограммы решения системы алгебраических уравнений.
7. Тесты для конкретной модели.
8. Тексты программ.
9. Результаты работы тестов решения алгебраических систем.
10. Результаты работы тестов для подпрограмм конкретной модели.
11. Таблицы и графики решения конкретной задачи, указанной преподавателем.
12. Результаты экспериментального исследования точностных характеристик программ в виде таблиц и графиков.

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-медицинской педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.