

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 20.10.2023 13:42:06
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной и методической работе

_____ Б.В.Пекаревский

«02» декабря 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Вычислительная гидродинамика и теплообмен

(начало подготовки – 2022 год)

Направление подготовки

15.04.02 Технологические машины и оборудование

Направленность программы магистратуры

Интенсификация процессов и энергосберегающее технологическое оборудование

Квалификация
Магистр

Форма обучения
Очная

Факультет **механический**
Кафедра **оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры**

Санкт-Петербург
2021

Б1.В.08

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчики		д.т.н., проф. Р.Ш. Абиев

Рабочая программа дисциплины «Вычислительная гидродинамика и теплообмен» обсуждена на заседании кафедры оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры, протокол от «27» октября 2021 г. № 4 .

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор _____ Р.Ш. Абиев

Одобрено методической комиссией механического факультета,
протокол от «30» ноября 2021 г. № 4.

Председатель к.т.н., доцент _____ А.Н.Луцко

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Технологические машины и оборудование»		доцент А.Н.Луцко
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник УМУ		С.Н.Денисенко

Содержание

1	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	04
2	Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	04
3	Объем дисциплины	04
4	Содержание дисциплины	05
4.1	Разделы дисциплины и виды занятий	05
4.2	Занятия лекционного типа	06
4.3	Занятия семинарского типа	07
4.3.1.	Практические занятия	07
4.4	Самостоятельная работа	07
5	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	07
6	Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	07
7	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	08
8	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	08
9	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	08
10	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	09
10.1	Информационные технологии	09
10.2	Программное обеспечение	09
10.3	Информационные справочные системы	09
11	Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	09
12	Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	09
	Приложения: 1 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	10

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<p>Знать: способы получения информации из библиотечных фондов, электронных ресурсов</p> <p>Уметь: самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности</p> <p>Владеть: способностью к обобщению, анализу, критическому осмыслению, систематизации, прогнозированию при постановке целей в сфере профессиональной деятельности с выбором путей их достижения</p>
ОПК-5	Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	<p>Знать: методы анализа, обработки и систематизации результатов моделирования</p> <p>Уметь: выдавать рекомендации по улучшению конструктивных и режимных параметров химико-технологического оборудования на основе математического моделирования</p> <p>Владеть: методами постановки задач математического моделирования, необходимых для расчета оборудования</p>
ОПК-11	Способен разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, используемых в технологических машинах и оборудовании	<p>Знать: методы математического моделирования процессов и оборудования химических и нефтехимических производств</p> <p>Уметь: выдавать рекомендации по улучшению конструктивных и режимных параметров химико-технологического оборудования</p> <p>Владеть: методами постановки численных исследований, необходимых для разработки нового оборудования</p>
ПК-3	Автоматическое проектирование и контроль технологических процессов изготовления машиностроительных изделий высокой сложности и управление ими	<p>Знать: Методы организации научных исследований.</p> <p>Уметь: Разрабатывать планы проведения исследований, самостоятельно анализировать полученные результаты.</p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		Владеть: Навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Вычислительная гидродинамика и теплообмен» (Б1.В.08) входит в блок дисциплин «Часть, формируемая участниками образовательных отношений» подготовки магистров и изучается на 2 курсе в 3 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: «Физики», «Химия», «Техническая термодинамика и теплотехника», «Гидромеханика неоднородных систем», «Процессы и аппараты химической технологии», «Явления тепло- массопереноса в химической технологии», «Машины и аппараты для процессов тепло- и массопереноса» др.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Вычислительная гидродинамика и теплообмен» знания, умения и навыки могут быть использованы при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы, при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических задач в будущей профессиональной деятельности.

3 Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/академических часов)	7/252
Контактная работа с преподавателем:	73
занятия лекционного типа	24
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия	36
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	
КСР	13
другие виды контактной работы	–
Самостоятельная работа	152
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	экзамен (27)

4 Содержание дисциплины

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение. Уравнения гидродинамики и тепломассообмена.	4	0		4	УК-1 ОПК-5, 11 ПК-3
2	Основы метода конечных разностей.	4	8		18	УК-1 ОПК-5, 11 ПК-3
3	Конечно-разностные методы решения задач гиперболического, параболического, эллиптического типа. Примеры.	12	12		20	УК-1 ОПК-5, 11 ПК-3
4	Основы метода конечных объемов. Применение метода конечных элементов в задачах гидродинамики.	2	6		18	УК-1 ОПК-5, 11 ПК-3
5	Эйлеров, Лагранжев и Эйлерово-Лагранжевы подходы к моделированию многофазных сред. Примеры моделирования.	2	10		20	УК-1 ОПК-5, 11 ПК-3

4.2 Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	Введение. Уравнения гидродинамики и тепломассообмена: Предмет дисциплины, ее цели и задачи. Программа дисциплины. Место дисциплины в образовательном процессе современного инженера. Связь с другими курсами. Уравнения в частных производных второго порядка. Основные понятия. Математическая классификация уравнений второго порядка. Корректно Примеры некоторых важных уравнений гидродинамики и тепломассообмена.	4	Слайд-презентация
2	Основы метода конечных разностей: Виды норм погрешностей счета. Чебышёвская и среднеквадратичная норма. Конечно-разностная аппроксимация уравнений в частных производных. Погрешность аппроксимации. Согласованность	4	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	разностных схем. Устойчивость разностных схем: принцип максимума, спектральный метод Неймана. Примеры анализа устойчивости. Сходимость решения нестационарных задач.		
3	<p>Конечно-разностные методы решения задач гиперболического, параболического, эллиптического типа. Примеры:</p> <p>Разложение функции в ряд Тейлора. Метод контрольного объема. Примеры применения метода контрольного объема к внутренним и граничным узлам сетки, в декартовых и цилиндрических координатах. Конечно-разностная аппроксимация граничных условий. Проблемы аппроксимации начальных условий для трехслойных схем.</p> <p>Конечно-разностные методы решения задач гиперболического типа.</p> <p>Конечно-разностные методы решения задач параболического типа. Двумерное уравнение теплопроводности.</p> <p>Конечно-разностные методы решения задач эллиптического типа. Уравнения Лапласа и Пуассона. Методы последовательной верхней и нижней релаксации. Блочные итерационные методы. Неявный метод переменных направлений. Метод Писмена-Ракфорда.</p>	12	Слайд-презентация
4	<p>Основы метода конечных объемов. Применение метода конечных элементов в задачах гидродинамики:</p> <p>Уравнение энергии. Дискретные аналоги поверхностных интегралов. Граничные условия. Производная по времени. Общий алгоритм решения задачи.</p>	2	Слайд-презентация
5	<p>Эйлеров, Лагранжев и Эйлерово-Лагранжевы подходы к моделированию многофазных сред. Примеры моделирования:</p> <p>Вычислительные эксперименты с использованием моделей частиц. Столкновительные и бесстолкновительные модели. Модели частиц. Модель частица-частица. Модель частица-сетка. Модель частица-частица - частица-сетка. Примеры моделирования.</p>	2	Слайд-презентация

4.3 Занятия семинарского типа

4.3.1 Практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Расчет первой производной методом конечных разностей тремя способами, расчет второй производной. Расчет нормы разности. Определение порядка точности.	4	групповая дискуссия
2	Разработка программы для решения систем линейных алгебраических уравнений методом прогонки. Отладка и тестирование программы.	4	групповая дискуссия
3	Решение уравнения конвективного переноса четырьмя методами.	12	групповая дискуссия
4	Решение уравнения нестационарной одномерной теплопроводности с граничными условиями первого рода явным методом	6	групповая дискуссия
5	Решение уравнения нестационарной одномерной теплопроводности с граничными условиями третьего рода неявным методом	10	групповая дискуссия

4.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Определение типа уравнений в частных производных	4	Устный опрос
2	Построение конечно-разностного аналога уравнения в частных производных	18	Письменный опрос
3	Особенности расчета химически реагирующих течений	20	Устный опрос
4	Метод расщепления для системы уравнений переноса химических компонентов	18	Устный опрос
5	Метод конечных элементов в тепловых расчетах	20	Устный опрос

4.4.1 Тематика контрольных работ

Контрольная работа состоит из четырех разделов, соответствующих лекционному курсу:

- 1) Определение типа уравнений в частных производных – два задания;
- 2) Построение конечно-разностного аналога уравнения в частных производных – два задания;
- 3) Определение условий устойчивости конечно-разностной схемы – одно задание;
- 4) Аппроксимация граничных условий – одно задание.

5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте Медия: <http://media.technolog.edu.ru>

6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций, и состоят из двух теоретических вопросов (для проверки знаний) из перечня вопросов к экзамену.

Время подготовки студента к устному ответу – до 45 мин.

Пример содержательной части экзаменационного билета:

- 1) Что такое граничные условия второго рода? Привести пример постановки второй краевой задачи.
- 2) Изобразить линии, по которым распространяются возмущения (семейства характеристик) для одномерного волнового уравнения второго порядка. Записать уравнения характеристик.

7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1 Марчук, Г. И. Методы вычислительной математики : Учебное пособие для вузов / Г. И. Марчук. - 4-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009. - 608 с. – ISBN 978-5-8114-0892-4.

б) дополнительная литература:

2 Киреев В. И. Численные методы в примерах и задачах: Учебное пособие для вузов / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев; М.: Высшая школа, 2008. - 480 с.

3 Срочко В. А. Численные методы. Курс лекций : Учебное пособие для вузов по спец. 010200 "Прикладная математика и информатика" и по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика" / В. А. Срочко. СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. - 202 с.

в) вспомогательная литература:

4 Абиев Р.Ш. Вычислительная гидродинамика и теплообмен / Р.Ш.

Абиев; СПб: НИИ Химии СПбГУ, 2002. – 576 с.

5 Дьяконов В.П. МATHCAD 8/2000: Специальный справочник/ В.П. Дьяконов; СПб: Издательство "Питер", 2000. – 592 с.

6 Фарлоу С. Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров/ С. Фарлоу; М.: Мир, 1985. – 384 с.

7 Андерсон Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен/ Д. Андерсон, Дж. Таннехил, Р. Плетчер; М.: Мир, 1990. В 2-х томах. Т. 1 – 384 с. Т.2. – 342 с.

8 Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей/ К. Флетчер; М.: Мир, 1991. Т.1 – 504 с., Т.2 – 552 с.

9 Рашиков В. И. Численные методы решения физических задач: учебное пособие / В. И. Рашиков, А. С. Рошаль; СПб: Лань, 2005. - 205 с.

10 Хокни, Р. Численное моделирование методом частиц./ Р. Хокни, Дж. Иствуд. М.: Мир, 1987. 640 с.

8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине «Вычислительная гидродинамика и теплообмен» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

10.1 Информационные технологии

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

10.2 Программное обеспечение

Microsoft Office (Microsoft Excel);

Mathcad14

10.3. Информационные справочные системы

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

11 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 15 посадочных мест.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Вычислительная гидродинамика и теплообмен»
1 Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
УК-1	Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	промежуточный
ОПК-5	Способность разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	промежуточный
ОПК-11	Способность разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов, используемых в технологических машинах и оборудовании	промежуточный
ПК-3	Автоматическое проектирование и контроль технологических процессов изготовления машиностроительных изделий высокой сложности и управление ими	промежуточный

2 Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Знает классификацию уравнений в частных производных второго порядка, их физический смысл, умеет определять тип уравнений, знает виду граничных условий	Правильные ответы на вопросы №1 – 14	УК-1 ОПК-5, 11 ПК-3
Освоение раздела № 2	Умеет строить конечно-разностные аналоги уравнений разными методами, определять их погрешность	Правильные ответы на вопросы №15 – 29	УК-1 ОПК-5, 11 ПК-3
Освоение раздела № 3	Знает понятия устойчивости, согласованности и сходимости. Умеет определять устойчивость конечно-разностных схем.	Правильные ответы на вопросы №30 – 39	УК-1 ОПК-5, 11 ПК-3
Освоение раздела № 4	Знает методы решения нестационарных уравнений гиперболического и параболического типов	Правильные ответы на вопросы №40 – 66	УК-1 ОПК-5, 11 ПК-3
Освоение раздела № 5	Знает методы решения уравнений эллиптического типа	Правильные ответы на вопросы №67 – 91	УК-1 ОПК-5, 11 ПК-3

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, шкала оценивания – балльная.

3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции УК-1, ОПК-5, 11, ПК-3:

1. Записать уравнение Лапласа в декартовых координатах. Объяснить физический смысл всех слагаемых.
2. Записать уравнение Пуассона в декартовых координатах. Объяснить физический смысл всех слагаемых.
3. Записать уравнение нестационарной теплопроводности в декартовых координатах. Объяснить физический смысл всех слагаемых.
4. Записать уравнение нестационарной диффузии в декартовых координатах. Объяснить физический смысл всех слагаемых.
5. Записать уравнение Фурье-Кирхгофа (нестационарной молекулярной и конвективной теплопроводности) в декартовых координатах. Объяснить физический смысл всех слагаемых.
6. Записать одномерное волновое уравнение второго порядка в декартовых координатах. Объяснить физический смысл всех слагаемых.

7. Записать уравнение Бюргерса с диффузионным членом в декартовых координатах. Объяснить физический смысл всех слагаемых.
8. Сформулировать понятие задачи Коши. Привести пример.
9. Сформулировать понятие краевой задачи. Привести пример.
10. Сформулировать понятие нестационарной краевой задачи. Привести пример.
11. Что такое граничные условия первого рода? Привести пример постановки первой краевой задачи.
12. Что такое граничные условия второго рода? Привести пример постановки второй краевой задачи.
13. Что такое граничные условия третьего рода? Привести пример постановки третьей краевой задачи.
14. Что такое граничные условия четвертого рода? Привести пример постановки соответствующей краевой задачи.
15. Записать трехдиагональную матрицу системы линейных алгебраических уравнений. Каким методом эффективней всего решать такую систему?
16. Пояснить суть метода прогонки. Для чего она используется?
17. Сформулировать понятие невязки. Привести примеры.
18. Сформулировать понятие метрики.
19. Сформулировать понятие нормы. Привести примеры.
20. Дать определение чебышёвской нормы для конечномерных пространств.
21. Дать определение гильбертовой нормы для конечномерных пространств.
22. Что такое сходимость в среднем?
23. Что такое равномерная сходимость?
24. Смысл понятия "погрешность аппроксимации".
25. Перечислить методы построения конечно-разностных схем.
26. Пояснить суть метода построения конечно-разностных схем с помощью разложения в ряд Тейлора.
27. Пояснить суть метода контрольного объема.
28. Пояснить суть интегро-интерполяционного метода.
29. Пояснить суть принципа расщепления.
30. Дать определение сходимости разностных схем.
31. Сформулировать теорему Лакса об эквивалентности (необходимое и достаточное условие сходимости разностной схемы).
32. Сформулировать понятие согласованности разностной схемы.
33. Сформулировать понятие устойчивости разностной схемы.
34. Изобразить концептуальную связь между согласованностью, устойчивостью и сходимостью.
35. Сформулировать принцип максимума (признак устойчивости явных и неявных двухслойных линейных разностных схем).
36. Пояснить, что такое множитель роста и как он связан с потерей устойчивости.
37. Сформулировать признак устойчивости по Нейману.
38. Что такое консервативная разностная схема?
39. Привести примеры дивергентной и недивергентной формы записи уравнений.
40. Записать одномерное волновое уравнение второго порядка и уравнения его характеристик.
41. Изобразить линии, по которым распространяются возмущения (семейства характеристик) для одномерного волнового уравнения второго порядка. Записать уравнения характеристик.
42. Записать схему "крест" для одномерной задачи, описываемой волновым уравнением второго порядка.
43. Записать неявную схему с весами для одномерной задачи, описываемой волновым уравнением второго порядка.

44. Записать уравнение конвективного переноса для волны, распространяющейся вправо. Пояснить физический смысл слагаемых уравнения.
45. Записать уравнение конвективного переноса для волны, распространяющейся влево. Пояснить физический смысл слагаемых уравнения.
46. Пояснить понятие несогласованности начальных и граничных условий.
47. Записать схему "явный правый уголок" для одномерного уравнения переноса.
48. Записать схему "явный левый уголок" для одномерного уравнения переноса.
49. Записать явную четырехточечную схему "тренога" (схему Эйлера) для одномерного уравнения переноса.
50. Записать схему Лакса для одномерного уравнения переноса.
51. Записать схему "крест" для одномерного уравнения переноса.
52. Записать схему "чехарда" для одномерного уравнения переноса.
53. Записать схему "неявный левый уголок" для одномерного уравнения переноса.
54. Записать схему "неявный правый уголок" для одномерного уравнения переноса.
55. Записать схему "прямоугольник" для одномерного уравнения переноса.
56. Записать неявную схему Эйлера для одномерного уравнения переноса.
57. Записать схему Кранка-Николсона для одномерного уравнения переноса.
58. Записать (одношаговую!) схему Лакса-Вендроффа для одномерного уравнения переноса.
59. Записать схему Мак-Кормака для одномерного уравнения переноса.
60. Сформулировать свойство монотонности разностных решений.
61. Сформулировать свойство позитивности разностных решений. Привести примеры.
62. Сформулировать признак монотонности для явных двухслойных схем. Сформулировать сопутствующие замечания и теорему.
63. Сформулировать понятие первого дифференциального приближения конечно-разностной схемы.
64. Сформулировать понятие аппроксимационной вязкости. Привести примеры.
65. Что такое диссипация и как она проявляется в разностных решениях?
66. Что такое дисперсия и как она проявляется в разностных решениях?
67. Параболические уравнения, краевые задачи и свойства решений.
68. Качественные свойства решений параболических ДУЧП.
69. Явные схемы для одномерного уравнения теплопроводности.
70. Неявные схемы для одномерного уравнения теплопроводности: Простой неявный метод, метод Кранка-Николсона.
71. Неявные схемы для одномерного уравнения теплопроводности: Обобщенная двухслойная схема и ее свойства.
72. Неявные схемы для одномерного уравнения теплопроводности: Обобщенная трехслойная неявная схема.
73. Неявные схемы для одномерного уравнения теплопроводности: Наилучшая двухслойная схема для одномерного уравнения теплопроводности.
74. Наилучшая схема для одномерного уравнения теплопроводности в цилиндрических и сферических координатах.
75. Методы решения нелинейного уравнения теплопроводности.
76. Методы решения двумерного уравнения теплопроводности: Продольно-поперечная схема (метод переменных направлений).
77. Методы решения двумерного уравнения теплопроводности: Обобщенная двухслойная схема (метод Дугласа-Ганна).
78. Методы решения двумерного уравнения теплопроводности: Локально-одномерная схема (метод мелких шагов).
79. Метод переменных направлений для трехмерного уравнения теплопроводности.
80. Явные методы решения одномерного уравнения конвекции и диффузии.
81. Неявные методы решения одномерного уравнения конвекции и диффузии.

82. Метод Патанкара для нестационарного одномерного уравнения конвекции и диффузии.
83. Двумерное уравнение конвекции и диффузии: Явные схемы.
84. Двумерное уравнение конвекции и диффузии: Неявные схемы.
85. Двумерное уравнение конвекции и диффузии: Метод Патанкара.
86. Конечно-разностные методы решения эллиптических уравнений: Пятиточечная схема Рунге, девятиточечная схема, диагональная пятиточечная схема.
87. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений: методы последовательной верхней и нижней релаксации.
88. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений: Метод чередующихся движений по столбцам и строкам.
89. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений: Метод Писмена-Ракфорда.
90. Понятие о характеристиках уравнений в частных производных. Уравнение характеристик для гиперболических систем.
91. Алгоритм решения методом характеристик гиперболического уравнения теплопроводности.

4 Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.