

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 10.07.2023 15:21:34
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
« 20 » мая 2019 г.

Рабочая программа дисциплины
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ОБЪЕКТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Направление подготовки
09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность программы бакалавриата
Системы автоматизированного проектирования

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **информационных технологий и управления**

Кафедра **систем автоматизированного проектирования и управления**

Санкт-Петербург

2019

Б1.В.11

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, инициалы, фамилия
Доцент		доцент А.Н. Полосин

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование химико-технологических объектов с распределенными параметрами» обсуждена на заседании кафедры систем автоматизированного проектирования и управления протокол от «18» апреля 2019 № 9

Заведующий кафедрой

Т.Б. Чистякова

Одобрено учебно-методической комиссией факультета информационных технологий и управления протокол от «15» мая 2019 № 9

Председатель

В.В. Куркина

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Информатика и вычислительная техника»		профессор Т.Б. Чистякова
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	04
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	06
3. Объем дисциплины	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	07
4.2. Занятия лекционного типа.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	10
4.3.1. Семинары, практические занятия	10
4.3.2. Лабораторные занятия.....	12
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	12
4.4.1. Примеры вопросов для контроля самостоятельной работы обучающихся.....	13
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	14
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	14
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	14
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины	15
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	16
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	17
10.2. Программное обеспечение.....	17
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	18
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	18
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	19

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-2 Способен осуществлять концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба и сложности</p>	<p>ПК-2.6 Описание целевого состояния объекта автоматизации (сбор и формализация данных об объекте автоматизации, постановка задачи анализа причинно-следственных связей)</p>	<p>Знать: структуру формализованного описания химико-технологического объекта (ХТО) с распределенными параметрами как объекта моделирования и исследования (ЗН-1); классификацию и требования, предъявляемые к математическим моделям (ММ) для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами (ЗН-2); основные уравнения математической физики (уравнения конвективного и диффузионного переноса физических субстанций) и краевые условия для них, являющиеся базой для построения функциональных ММ ХТО с распределенными параметрами (ЗН-3); классификацию и требования, предъявляемые к методам решения уравнений ММ ХТО с распределенными параметрами (ЗН-4); метод конечных разностей как способ построения алгоритмических ММ для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами (ЗН-5). Уметь: проводить анализ структурно-функциональных характеристик и составлять формализованное описание заданных ХТО с распределенными параметрами как объектов моделирования и исследования (У-1); выбирать математический аппарат (уравнения математической физики, краевые условия) для</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
		<p>построения физически обоснованных функциональных ММ ХТО с распределенными параметрами (У-2); осуществлять дискретизацию вычислительной области и алгебраизацию уравнений в частных производных и краевых условий ММ на основе явных и неявных разностных методов (У-3); разрабатывать алгоритмы расчета полей параметров состояния ХТО с автоматическим поиском шагов сетки, обеспечивающих устойчивость и заданную точность численных решений (У-4).</p> <p>Владеть: навыками постановки задач анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами на основе их функциональных ММ (Н-1).</p>
	<p>ПК-2.7 Применение современных инструментальных средств при проектировании и разработке компонентов моделирующих программных комплексов и систем</p>	<p>Знать: функциональную структуру типового программного комплекса для моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами (ЗН-6); требования, предъявляемые к современным инструментальным средствам разработки программных комплексов для моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами (ЗН-7).</p> <p>Уметь: осуществлять программную реализацию алгоритмов расчета полей параметров состояния ХТО с разработкой пользовательских интерфейсов для настройки на характеристики ХТО, параметры метода его моделирования и визуализации рассчитанных полей параметров состояния ХТО (У-5).</p> <p>Владеть: навыками выбора современных инструментальных средств при разработке компонентов моделирующих программных комплексов для исследования ХТО с распределенными параметрами (Н-2).</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.11), и изучается на четвертом курсе в восьмом семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математический анализ», «Вычислительная математика», «Численные методы и алгоритмы решения дифференциальных уравнений», «Программирование», «Разработка программных комплексов для исследований в химии и химической технологии», «Компьютерное моделирование в химии и химической технологии», «Физика», «Химия», «Процессы и аппараты химических производств».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Математическое моделирование химико-технологических объектов с распределенными параметрами» знания, умения и навыки могут быть использованы при выполнении преддипломной практики и подготовке выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/акад. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	3 / 108
Контактная работа с преподавателем:	60
занятия лекционного типа	28
занятия семинарского типа, в т.ч.	28
семинары, практические занятия	28
лабораторные работы	—
курсовое проектирование (КР или КП)	—
КСР	4
другие виды контактной работы	—
Самостоятельная работа	48
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	Проверка результатов выполнения заданий и защита отчета о практических работах
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Зачет

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	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Постановка задачи исследования и методы математического моделирования ХТО с распределенными параметрами	22	14	—	38	ПК-2	ПК-2.6
2.	Программные комплексы для моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами	6	14	—	10	ПК-2	ПК-2.7
	Итого	28	28	—	48		

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Постановка задачи исследования ХТО с распределенными параметрами</u> Понятие ХТО с распределенными параметрами. Процессы конвективного и диффузионного переноса массы и теплоты как примеры ХТО с распределенными в пространстве параметрами. Особенности моделирования ХТО с распределенными параметрами в САПР. Структура формализованного описания ХТО с распределенными параметрами как объекта моделирования и исследования. Векторы параметров ХТО. Постановка задачи анализа причинно-следственных связей в ХТО.	2	—
1	<u>Методы математического описания ХТО с распределенными параметрами</u> Классификация ММ для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами. Требования, предъявляемые к ММ для	6	—

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами.</p> <p>Уравнения математической физики – уравнения конвективного переноса (уравнение модели идеального вытеснения) и диффузионного переноса (уравнения теплопроводности, молекулярной диффузии) – как основа построения функциональных ММ ХТО с распределенными параметрами. Физический смысл членов уравнений. Классификация Петровского для линейных уравнений в частных производных второго порядка. Способ определения типов линейных уравнений в частных производных первого и второго порядков. Примеры.</p> <p>Краевые условия для уравнений математической физики: начальные условия; граничные условия. Классификация граничных условий. Условия Дирихле, Неймана, Робина и их физический смысл.</p> <p>Условия корректной постановки задач моделирования по Адамару.</p> <p>Примеры ММ для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами различных классов.</p>		
1	<p><u>Классификация и требования, предъявляемые к методам решения уравнений ММ ХТО с распределенными параметрами</u></p> <p>Характеристика типов дифференциальных уравнений, используемых в ММ ХТО с распределенными параметрами.</p> <p>Классификация методов решения уравнений ММ объектов с распределенными параметрами. Характеристика и примеры аналитических и численных (сеточных) методов.</p> <p>Требования к методам решения уравнений ММ: надежность (сходимость); точность; экономичность.</p>	2	—
1	<p><u>Основы метода конечных разностей</u></p> <p>Идея и этапы метода конечных разностей.</p> <p>Построение дискретных аналогов сплошных сред – пространственно-временных сеток. Параметры и характеристика сеток. Сеточные функции. Метод проецирования функции на сетку.</p> <p>Понятие и характеристики разностной схемы. Построение разностных схем методом непосредственной формальной аппроксимации. Сеточный шаблон. Явные и неявные</p>	4	—

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>разностные схемы. Классификация конечных разностей. Погрешность аппроксимации и ее порядок. Примеры построения конечных разностей для аппроксимации эволюционного, конвективного и диффузионного членов уравнений ММ. Методы аппроксимации краевых условий.</p> <p>Априорные показатели качества разностных схем: согласованность; устойчивость; сходимости; порядок точности. Условие устойчивости Куранта–Фридрихса–Леви. Условие устойчивости явных разностных схем для параболических уравнений. Применение условий устойчивости в расчетах. Теорема эквивалентности Лакса.</p>		
1	<p><u>Разностные методы и алгоритмы их реализации</u></p> <p>Явные и неявные разностные методы для уравнений в частных производных различных типов: методы с разностями по/против потока, Лакса, «крест», Лакса–Вендроффа, «прямоугольник», Эйлера, Кранка–Николсона для уравнения модели идеального вытеснения; методы с разностями вперед по времени и центральными по пространству, Алена–Чена, Дюфорта–Франкела, Лаасонена, Кранка–Николсона, обобщенная двухслойная схема для уравнения теплопроводности (диффузии).</p> <p>Прямые и итерационные численные методы решения систем уравнений, получаемых в результате дискретизации и алгебраизации ММ ХТО с распределенными параметрами. Метод прогонки: этапы; условия применимости и устойчивости; достоинства; алгоритм реализации. Расчет стартовых прогоночных коэффициентов для граничных условий различного рода.</p> <p>Прием Рунге. Оценка погрешности численного решения по формуле Рунге–Ромберга.</p> <p>Обобщенный алгоритм расчета распределения параметра состояния ХТО по пространственной координате и во времени с автоматическим поиском шагов сетки, обеспечивающих устойчивость и заданную точность численных решений.</p>	8	—
2	<p><u>Функциональная структура, пользовательские интерфейсы и средства разработки программных комплексов для</u></p>	6	—

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p><u>моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами</u></p> <p>Функциональная структура типового моделирующего программного комплекса для исследования ХТО с распределенными параметрами. Структуры интерфейсов исследователя и разработчика.</p> <p>Требования, предъявляемые к современным инструментальным средствам разработки программных комплексов для моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами. Примеры современных инструментальных средств разработки компонентов моделирующих программных комплексов для исследования ХТО с распределенными параметрами.</p> <p>Примеры универсальных и проблемно-ориентированных моделирующих программных комплексов для исследования объектов с распределенными параметрами различных классов.</p>		
	Итого	28	

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
Разработка математического и программного обеспечения для моделирования и исследования химического процесса в трубчатом реакторе (цикл практических работ)			
1	<p><u>Составление математического описания заданного ХТО с распределенными параметрами</u></p> <p>Составление формализованного описания заданного ХТО как объекта моделирования и исследования. Постановка задачи анализа причинно-следственных связей в ХТО по ММ. Формулировка упрощающих предположений о структуре и параметрах ХТО и составление системы уравнений покомпонентного материального баланса, кинетики химических реакций и краевых условий математического описания ХТО с использованием блочного принципа построения ММ и принятых допущений.</p>	6	—
1	<p><u>Дискретизация и алгебраизация ММ заданного ХТО с распределенными параметрами с использованием метода</u></p>	8	—

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p><u>конечных разностей. Разработка вычислительного алгоритма</u></p> <p>Аппроксимация вычислительной области равномерной сеткой и переход от непрерывных параметров состояния ХТО (концентраций компонентов) к сеточным параметрам. Построение разностной схемы, аппроксимирующей уравнения и краевые условия ММ, на основе заданного сеточного шаблона. Априорная оценка согласованности (оценка погрешности аппроксимации и порядков погрешности аппроксимации относительно шагов сетки), устойчивости, сходимости и порядков точности разностной схемы по пространственной координате и времени.</p> <p>Разработка алгоритма расчета значений параметров состояния в узлах сетки, который учитывает условие устойчивости и позволяет реализовать поиск шагов сетки, обеспечивающих заданную точность решения, с использованием приема Рунге.</p>		
2	<p><u>Разработка программного обеспечения для моделирования и исследования заданного ХТО с распределенными параметрами</u></p> <p>Программная реализация разработанного алгоритма расчета полей параметров состояния заданного ХТО с распределенными параметрами в выбранной инструментальной среде разработки. Разработка интерфейсов для настройки на характеристики ХТО, коэффициенты ММ, параметры метода решения и визуализации результатов моделирования в виде таблиц и графиков распределений концентраций компонентов на выходе из реактора во времени и концентраций компонентов в конечный момент времени моделирования по длине реактора. Проверка работоспособности программного обеспечения на примере заданных значений характеристик ХТО, эмпирических коэффициентов его ММ и параметров метода решения уравнений ММ.</p> <p>Проведение и анализ результатов вычислительных экспериментов по исследованию влияния: параметров метода решения на показатели точности и экономичности вычислений; варьируемых параметров ХТО на концентрацию целевого продукта на выходе из реактора (для выбора</p>	14	КтСм

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	рационального режима работы реактора). Подготовка отчета о практических работах 1–3.		
Итого		28	

4.3.2. Лабораторные занятия.

Учебным планом не предусмотрены.

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Уравнения математической физики, используемые в ММ ХТО с распределенными параметрами (уравнение конвективно-диффузионного переноса физических субстанций, уравнения Лапласа и Пуассона).	10	Собеседование по контрольным вопросам
1	Определение типов уравнений в частных производных, используемых для математического описания ХТО с распределенными параметрами.	8	Собеседование по контрольным вопросам
1	Составление характеристики разработанной в ходе выполнения практической работы 1 ММ ХТО с распределенными параметрами по следующим показателям: характер отображаемых свойств ХТО; принадлежность к иерархическому уровню моделирования; способ получения; моделируемый режим функционирования ХТО и механизм переноса физической субстанции; тип взаимодействия параметров; тип, порядок, пространственная размерность, однородность, переменность коэффициентов уравнений в частных производных; характеристика краевых условий; тип краевой задачи.	4	Проверка результатов выполнения задания при защите отчета о практических работах 1–3
1	Построение конечных разностей различных порядков аппроксимации для замены производных в уравнениях и граничных условиях ММ ХТО с распределенными параметрами.	8	Собеседование по контрольным вопросам
1	Составление характеристики разработанной в ходе выполнения практической работы 2 разностной схемы по следующим показателям: явность; число узлов и временных слоев сетки, использованных при построении разностной схемы; симметричность конечных разностей по пространственной координате и времени.	4	Проверка результатов выполнения задания при защите отчета о практических работах 1–3
1	Преобразование разностной схемы,	4	Проверка

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	разработанной в ходе выполнения практической работы 2, в систему формул для расчета сеточных параметров состояния ХТО с распределенными параметрами.		результатов выполнения задания в ходе реализации практической работы 2
2	Разработка структуры интерфейсов исследователя и разработчика (в виде UML-диаграмм вариантов использования) для программного обеспечения по моделированию и исследованию заданного ХТО с распределенными параметрами.	4	Проверка результатов выполнения задания в ходе реализации практической работы 3
2	Обоснование выбора инструментальной среды разработки вычислительного модуля и интерфейсов программного обеспечения для моделирования и исследования заданного ХТО с распределенными параметрами.	6	Проверка результатов выполнения задания в ходе реализации практической работы 3
Итого		48	

4.4.1. Примеры вопросов для контроля самостоятельной работы обучающихся.

1. Уравнения математической физики, используемые в ММ ХТО с распределенными параметрами. Характеристика и области применения уравнения конвективно-диффузионного переноса. Пример постановки смешанной краевой задачи.

2. Уравнения математической физики, используемые в ММ ХТО с распределенными параметрами. Характеристика и области применения уравнения Лапласа. Пример постановки краевой задачи.

3. Уравнения математической физики, используемые в ММ ХТО с распределенными параметрами. Характеристика и области применения уравнения Пуассона. Пример постановки краевой задачи.

4. Типы уравнений в частных производных, используемых в ММ ХТО с распределенными параметрами. Характеристика и примеры уравнений гиперболического типа.

5. Типы уравнений в частных производных, используемых в ММ ХТО с распределенными параметрами. Характеристика и примеры уравнений параболического типа.

6. Типы уравнений в частных производных, используемых в ММ ХТО с распределенными параметрами. Характеристика и примеры уравнений эллиптического типа.

7. Построение конечной разности, аппроксимирующей эволюционный член уравнения конвективно-диффузионного переноса с первым порядком погрешности аппроксимации.

8. Построение конечной разности, аппроксимирующей конвективный член уравнения конвективно-диффузионного переноса со вторым порядком погрешности аппроксимации.

9. Построение конечной разности, аппроксимирующей диффузионный член

уравнения Лапласа со вторым порядком погрешности аппроксимации.

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

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень вопросов для самостоятельного изучения, формы контроля самостоятельной работы по дисциплине и требования к их выполнению, размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на медиапортале по адресу: <https://media.technolog.edu.ru>.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенции и комплектуется двумя вопросами.

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу – до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Постановка задачи анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами. Пример ММ для решения задачи анализа ХТО.
2. Функциональная структура типового моделирующего программного комплекса для исследования ХТО с распределенными параметрами. Характеристика базовых программных модулей. Пример.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенции достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «зачет».

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

а) печатные издания:

1. Волков, Е. А. Численные методы : учебное пособие / Е. А. Волков. – 5-е изд., стер. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 248 с.
2. Гартман, Т. Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов : учеб. пособие для вузов / Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. – М. : Академкнига, 2006. – 416 с.
3. Зарубин, В. С. Математическое моделирование в технике : учеб. для втузов / В. С. Зарубин. – 3-е изд. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 495 с.
4. Культин, Н. Б. С++ Builder / Н. Б. Культин. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2008. – 463 с.
5. Культин, Н. Б. С/С++ в задачах и примерах / Н. Б. Культин. – 2-е изд. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 349 с.
6. Марчук, Г. И. Методы вычислительной математики : учеб. пособие для вузов / Г. И. Марчук. – 4-е изд., стер. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009. – 608 с.
7. Норенков, И. П. Автоматизированные информационные системы : учеб. пособие / И. П. Норенков. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 342 с.
8. Пахомов, Б. И. Самоучитель С/С++ и С++ Builder 2007 / Б. И. Пахомов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2008. – 672 с.
9. Тенишев, Д. Ш. Лингвистическое и программное обеспечение автоматизированных систем : учеб. пособие для вузов / Д. Ш. Тенишев ; под ред. Т. Б.

Чистяковой. – СПб. : ЦОП «Профессия», 2010. – 403 с.

10. Чистякова, Т. Б. Интеллектуальное управление многоассортиментным коксохимическим производством / Т. Б. Чистякова, О. Г. Бойкова, Н. А. Чистяков. – СПб. : ЦОП «Профессия», 2010. – 187 с.

11. Чистякова, Т. Б. Математическое моделирование химико-технологических объектов с распределенными параметрами : учеб. пособие для вузов / Т. Б. Чистякова, А. Н. Полосин, Л. В. Гольцева. – СПб. : ЦОП «Профессия», 2010. – 240 с.

б) электронные учебные издания:

12. Андрианова, А. А. Алгоритмизация и программирование. Практикум : учеб. пособие / А. А. Андрианова, Л. Н. Исмагилов, Т. М. Мухтарова. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2019. – 240 с. (ЭБС «Лань»)

13. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учеб. пособие для вузов / А. М. Гумеров. – 2-е изд., перераб. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2014. – 176 с. (ЭБС «Лань»)

14. Компьютерные технологии моделирования процессов получения высокотемпературных наноструктурированных материалов : учеб. пособие / Т. Б. Чистякова [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. систем автоматизир. проектирования и упр. – СПб. : [б. и.], 2013. – 223 с. (ЭБ)

15. Марков, Ю. Г. Математические модели химических реакций : учебник / Ю. Г. Марков, И. В. Маркова. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. – 192 с. (ЭБС «Лань»)

16. Незнанов, А. А. Программирование и алгоритмизация : учеб. для вузов / А. А. Незнанов. – М. : Академия, 2010. – 304 с. (ЭБ)

17. Самойлов, Н. А. Примеры и задачи по курсу «Математическое моделирование химико-технологических процессов» : учеб. пособие / Н. А. Самойлов. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. – 176 с. (ЭБС «Лань»)

18. Технология вычислений в системе компьютерной математики Mathcad : учеб. пособие / В. А. Холоднов [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. систем. анализа. – СПб. : [б. и.], 2014. – 154 с. (ЭБ)

19. Чистякова, Т. Б. Программирование на языках высокого уровня. Базовый курс : учеб. пособие / Т. Б. Чистякова, Р. В. Антипин, И. В. Новожилова ; СПбГТИ(ТУ). Каф. систем автоматизир. проектирования и упр. – СПб. : [б. и.], 2008. – 101 с. (ЭБ)

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

Учебный план по программе очного бакалавриата «Системы автоматизированного проектирования» в рамках направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», рабочая программа дисциплины и учебно-методические материалы по дисциплине размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на медиапортале по адресу: <https://media.technolog.edu.ru>.

Кроме того, для подготовки к практическим занятиям, зачету, выполнения самостоятельной работы студенты могут использовать следующие электронные ресурсы:

www.exponenta.ru (образовательный математический сайт);

model.exponenta.ru (сайт о моделировании и исследовании систем, объектов, технологических процессов и физических явлений);

inftech.webservis.ru, citforum.ru (сайты информационных технологий);

www.novtex.ru/IT (веб-страница журнала «Информационные технологии»);

edu.ru (федеральный портал «Российское образование»);

www.openet.ru (российский портал открытого образования);

elibrary.ru (информационно-аналитический портал «Научная электронная библиотека»),

а также электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» (режим доступа: <http://bibl.lti-gti.ru/service1.html>, вход по логину и паролю);

«Лань» (режим доступа: <http://e.lanbook.com/books>, свободный вход с любого зарегистрированного компьютера института).

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды учебных занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТО (СТП), действующих в СПбГТИ(ТУ):

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 УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению;

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015 КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.

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

На практических занятиях после выполнения всех практических работ (пункт № 4.3.1) студенты с использованием компьютеров и соответствующего программного обеспечения готовят отчет о них. Содержание этого отчета указано в задании на практические работы. При оформлении отчета о практических работах необходимо руководствоваться требованиями соответствующих государственных стандартов и СТП:

ГОСТ 7.32-2017 СИБИБД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления;

СТП СПбГТИ 006-2009 КС УКДВ. Подготовка и оформление авторских текстовых оригиналов для издания;

ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы величин;

СТП ЛТИ им. Ленсовета 2.055.005-79 КС УКДВ. Единицы физических величин;

ГОСТ 19.701-90 ЕСПД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения.

Дисциплина хотя и предполагает сбалансированный отбор важнейших составляющих методов и технологий математического моделирования ХТО с распределенными параметрами, однако носит неизбежно обзорный характер. Поэтому она должна сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и электронными ресурсами, в том числе информационными ресурсами сети «Интернет», по всем разделам дисциплины. Самостоятельная работа предусмотрена в объеме 48 академических часов. Вопросы и задания для самостоятельной работы приведены в подразделе № 4.4.

Материал, законспектированный студентами на лекциях, необходимо в рамках внеаудиторной самостоятельной работы регулярно дополнять сведениями из учебных изданий, приведенных в разделе № 7. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения следующих разделов учебной дисциплины.

Для расширения и углубления знаний по дисциплине необходимо активно использовать:

материалы сайтов, рекомендованных преподавателями на лекциях и практических занятиях (раздел № 8 и подраздел № 10.3);

информационно-поисковые системы сети «Интернет»; при этом следует выполнить запрос, включающий ключевые слова раздела дисциплины, в различных поисковых

системах, таких как Яндекс (режим доступа: <http://www.yandex.ru>), Google (режим доступа: <http://www.google.ru>), среди найденных ссылок, в первую очередь, изучать сайты и веб-страницы со строгим соответствием запросу или высокой релевантностью.

Контроль самостоятельной работы осуществляется по вопросам, примеры которых приведены в пункте № 4.4.1, а также по результатам выполнения заданий, приведенных в таблице подраздела № 4.4 (проверка результатов выполнения заданий проводится в ходе реализации практических работ и при защите отчета о них).

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.

Текущий контроль работы студентов осуществляется путем проверки результатов выполнения студентами заданий и защиты отчета о практических работах.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в виде зачета, проводимого в форме индивидуального устного опроса.

Необходимым условием получения допуска к зачету является выполнение и защита студентом всех практических работ, предусмотренных рабочей программой.

При подготовке к зачету рекомендуется несколько раз прочитать весь конспект лекций, дополненный информацией из рекомендуемых источников (разделы № 7, № 8, подраздел № 10.3). При этом студент, поняв логику изложения учебного материала, получает представление о предмете изучаемой дисциплины в целом, что позволяет ему продемонстрировать на зачете сформированность предусмотренных элементов компетенции.

На зачете студент отвечает на два контрольных вопроса из различных разделов дисциплины (для оценки сформированности различных предусмотренных элементов компетенции). Список контрольных вопросов представлен в разделе № 3 Приложения № 1. Оценка, формируемая в результате собеседования, является итоговой по дисциплине.

Постоянная активность на занятиях, готовность ставить и обсуждать актуальные проблемы дисциплины – залог успешной работы и положительной оценки.

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

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по дисциплине предусмотрено использование следующих информационных технологий:

- чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций;
- проведение практических занятий и самостоятельной работы студентов с использованием системного и прикладного программного обеспечения, в том числе инструментальных средств разработки проблемно-ориентированного программного обеспечения, информационно-поисковых систем сети «Интернет», средств ввода, редактирования и форматирования документов;
- взаимодействие со студентами посредством электронной информационно-образовательной среды СПбГТИ(ТУ).

10.2. Программное обеспечение.

При проведении практических занятий и самостоятельной работы студентов используется следующее лицензионное и свободно распространяемое системное и

прикладное программное обеспечение:

- операционная система Microsoft Windows 10;
- антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security;
- интегрированная среда разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio (язык программирования C#);
- универсальный математический пакет Mathcad 14;
- графический редактор (включающий инструменты редактирования UML-диаграмм и блок-схем алгоритмов) Microsoft Office Visio;
- текстовый процессор Microsoft Office Word или Apache OpenOffice Writer или LibreOffice Writer;
- табличный процессор Microsoft Office Excel или Apache OpenOffice Calc или LibreOffice Calc;
- веб-браузер Mozilla Firefox или Google Chrome.

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (ИС «Единое окно»), обеспечивающая свободный доступ к интегральному каталогу образовательных Интернет-ресурсов и электронной библиотеке учебно-методических материалов, в том числе для высшего образования.

Международные мультидисциплинарные аналитические реферативные базы данных научных публикаций:

Web of Science (режим доступа: <http://apps.webofknowledge.com>, свободный с любого зарегистрированного компьютера института);

Scopus (режим доступа: <http://www.scopus.com>, свободный с любого зарегистрированного компьютера института).

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

Для проведения учебных занятий по дисциплине на кафедре систем автоматизированного проектирования и управления СПбГТИ(ТУ) имеется необходимая материально-техническая база:

Наименование компьютерного класса кафедры	Оборудование
Класс моделирования и оптимизации сложных технических систем	18 посадочных мест. Учебная мебель, пластиковая доска. Персональные компьютеры (9 шт.): моноблок Lenovo C360 с 19,5-дюймовым дисплеем; процессор Intel Core i3-4130T (2,9 ГГц); ОЗУ 4 Гб; НЖМД 1000 Гб; встроенные DVD-RW привод, видеокарта Intel HD Graphics 4400, звуковая и сетевая карты. Персональные компьютеры объединены в локальную вычислительную сеть кафедры, имеют выход в сеть «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду СПбГТИ(ТУ).
Лекционная аудитория	56 посадочных мест. Учебная мебель. Мультимедийные проекторы NEC NP40 и Benq MS524. Ноутбуки Asus abj и Sony Vaio VPCSA. Мультимедийная интерактивная доска ScreenMedia.

Лицензионное системное и прикладное программное обеспечение, используемое в

учебном процессе по дисциплине, перечислено в подразделе № 10.2.

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

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный 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.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации
по дисциплине «Математическое моделирование химико-технологических объектов
с распределенными параметрами»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-2	Способен осуществлять концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба и сложности	промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-2.6. Описание целевого состояния объекта автоматизации (сбор и формализация данных об объекте автоматизации, постановка задачи анализа причинно-следственных связей)	Называет векторы параметров, составляющие формализованное описание ХТО с распределенными параметрами как объекта моделирования и исследования, и дает их характеристику (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы № 1, 2 к зачету	Называет векторы параметров, составляющие формализованное описание ХТО с распределенными параметрами как объекта моделирования и исследования, но путается в их характеристике	Называет векторы параметров, составляющие формализованное описание ХТО с распределенными параметрами как объекта моделирования и исследования, но дает их характеристику с небольшими ошибками	Правильно называет векторы параметров, составляющие формализованное описание ХТО с распределенными параметрами как объекта моделирования и исследования, уверенно и без ошибок дает их характеристику
	Приводит классификацию и дает определения требований, предъявляемых к ММ для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами, называет способы обеспечения этих требований (ЗН-2)	Правильные ответы на вопросы № 4, 5 к зачету	Приводит классификацию и называет требования, предъявляемые к ММ для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами, но путается в способах обеспечения этих требований	Приводит классификацию и дает определения требований, предъявляемых к ММ для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами, но называет способы обеспечения этих требований с помощью наводящих вопросов	Приводит классификацию и дает определения требований, предъявляемых к ММ для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами, называет способы обеспечения этих требований без ошибок и наводящих вопросов
	Перечисляет, записывает и дает характеристику основных уравнений математической физики и краевых условий для них, являющихся базой для построения функциональных ММ ХТО с распределенными	Правильные ответы на вопросы № 6–10 к зачету	Перечисляет и записывает основные уравнения математической физики и краевые условия для них, являющиеся базой для построения	Перечисляет, записывает и дает характеристику основных уравнений математической физики и краевых условий для них, являющихся базой для построения	Уверенно перечисляет, записывает и дает характеристику основных уравнений математической физики и краевых условий для них, являющихся базой

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	параметрами, приводит пример ММ ХТО с распределенными параметрами (ЗН-3)		функциональных ММ ХТО с распределенными параметрами, но не дает их характеристику и не приводит пример ММ ХТО с распределенными параметрами	функциональных ММ ХТО с распределенными параметрами, но не приводит пример ММ ХТО с распределенными параметрами (или приводит пример ММ ХТО с распределенными параметрами с ошибками)	для построения функциональных ММ ХТО с распределенными параметрами, приводит пример ММ ХТО с распределенными параметрами без ошибок
	Приводит классификацию и дает определения требований, предъявляемых к методам решения уравнений ММ ХТО с распределенными параметрами (ЗН-4)	Правильные ответы на вопросы № 11, 12 к зачету	Приводит классификацию и называет требования, предъявляемые к методам решения уравнений ММ ХТО с распределенными параметрами, но путается в определениях требований	Приводит классификацию и дает определения требований, предъявляемых к методам решения уравнений ММ ХТО с распределенными параметрами, с небольшими ошибками	Приводит классификацию и дает определения требований, предъявляемых к методам решения уравнений ММ ХТО с распределенными параметрами, уверенно и без ошибок
	Рассказывает идею и описывает этапы метода конечных разностей как способа построения алгоритмических ММ для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами, дает характеристику математических методов, применяемых на этапах, приводит соответствующие примеры (ЗН-5)	Правильные ответы на вопросы № 13–15, 18–20, 25, 26 к зачету	Рассказывает идею и перечисляет этапы метода конечных разностей как способа построения алгоритмических ММ для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами, но не описывает этапы, дает характеристику не всех применяемых на них математических	Рассказывает идею и описывает этапы метода конечных разностей как способа построения алгоритмических ММ для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами, но дает характеристику математических методов, применяемых на этапах, с помощью наводящих вопросов и приводит соответствующие	Уверенно рассказывает идею и описывает этапы метода конечных разностей как способа построения алгоритмических ММ для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами, дает характеристику всех математических методов, применяемых на этапах, правильно

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			методов и приводит соответствующие примеры с ошибками	примеры с ошибками	приводит соответствующие примеры
	Составляет формализованное описание заданных ХТО с распределенными параметрами как объектов моделирования и исследования в результате анализа их структурно-функциональных характеристик (У-1)	Правильные ответы на вопросы № 1, 2 к зачету	Имеет представление о составлении формализованного описания ХТО с распределенными параметрами как объектов моделирования и исследования	Составляет формализованное описание заданных ХТО с распределенными параметрами как объектов моделирования и исследования в результате анализа их структурно-функциональных характеристик с небольшими ошибками	В результате анализа структурно-функциональных характеристик заданных ХТО с распределенными параметрами составляет их формализованное описание как объектов моделирования и исследования качественно и без ошибок
	Обосновывает структуру функциональных ММ ХТО с распределенными параметрами и составляет системы уравнений и краевых условий математического описания ХТО с распределенными параметрами (У-2)	Правильные ответы на вопросы № 4, 6–8, 10 к зачету	Не обосновывает структуру функциональных ММ ХТО с распределенными параметрами, путается при составлении систем уравнений и краевых условий математического описания ХТО с распределенными параметрами	Грамотно (в результате анализа характеристик ХТО с распределенными параметрами) обосновывает структуру их функциональных ММ, составляет системы уравнений математического описания ХТО с распределенными параметрами, но не замыкает их краевыми условиями	Грамотно (в результате анализа характеристик ХТО с распределенными параметрами) обосновывает структуру их функциональных ММ, составляет системы уравнений и краевых условий математического описания ХТО с распределенными параметрами
	Осуществляет дискретизацию вычислительной области и алгебраизацию уравнений в	Правильные ответы на вопросы № 14, 16, 17, 21–24 к	Правильно строит пространственно-временные сетки, но допускает ошибки при	Правильно строит пространственно-временные сетки и разностные аналоги	Строит пространственно-временные сетки, явные и неявные

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	частных производных и краевых условий ММ ХТО с распределенными параметрами с применением явных и неявных разностных методов (У-3)	зачету	алгебраизации уравнений в частных производных и краевых условий ММ ХТО с распределенными параметрами с применением явных и неявных разностных методов	уравнений в частных производных ММ ХТО с распределенными параметрами с применением явных и неявных методов, но допускает ошибки при алгебраизации краевых условий ММ	разностные схемы, аппроксимирующие уравнения в частных производных и краевые условия ММ ХТО с распределенными параметрами, без ошибок
	На основе ММ создает и представляет в виде блок-схем алгоритмы расчета полей параметров состояния ХТО с автоматическим поиском шагов сетки, обеспечивающих устойчивость и заданную точность численных решений (У-4)	Правильные ответы на вопросы № 19, 20, 27 к зачету	На основе ММ создает и представляет в виде блок-схем укрупненные алгоритмы расчета полей параметров состояния ХТО, которые не содержат описание этапов автоматического поиска шагов сетки, обеспечивающих устойчивость и заданную точность численных решений	На основе ММ создает и представляет в виде блок-схем детальные алгоритмы расчета полей параметров состояния ХТО с автоматическим поиском шагов сетки, которые содержат 1–2 ошибки, связанные с нарушением стандартных правил выполнения блок-схем	На основе ММ правильно создает и грамотно представляет в виде блок-схем алгоритмы расчета полей параметров состояния ХТО в зависимости от входных и варьируемых параметров ХТО, которые содержат описание всех этапов вычислительного процесса
	Ставит задачи анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами на основе их функциональных ММ и демонстрирует пример ММ для решения задачи анализа ХТО (Н-1)	Правильный ответ на вопрос № 3 к зачету	Путается при постановках задач анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами на основе их функциональных ММ и демонстрирует пример ММ для	Ставит задачи анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами на основе их функциональных ММ с небольшими ошибками, но демонстрирует правильный пример ММ для решения задачи	Правильно ставит задачи анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами на основе их функциональных ММ и демонстрирует пример ММ для решения задачи анализа

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			решения задачи анализа ХТО с ошибками	анализа ХТО	ХТО
ПК-2.7. Применение современных инструментальных средств при проектировании и разработке компонентов моделирующих программных комплексов и систем	Перечисляет модули типового программного комплекса для моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами и называет информационные связи между ними (ЗН-6)	Правильные ответы на вопросы № 28–31 к зачету	Путается при перечислении модулей типового программного комплекса для моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами и называет не все информационные связи между ними	Правильно перечисляет модули типового программного комплекса для моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами, но называет информационные связи между ними с небольшими ошибками	Перечисляет модули типовой типового программного комплекса для моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами и называет информационные связи между ними без ошибок
	Перечисляет требования, предъявляемые к современным инструментальным средствам разработки программных комплексов для моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами (ЗН-7)	Правильный ответ на вопрос № 32 к зачету	Перечисляет не все требования, предъявляемые к современным инструментальным средствам разработки программных комплексов для моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами, и допускает при этом ошибки	Перечисляет не все требования, предъявляемые к современным инструментальным средствам разработки программных комплексов для моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами, но без ошибок	Правильно перечисляет требования, предъявляемые к современным инструментальным средствам разработки программных комплексов для моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Поясняет методику программной реализации алгоритмов расчета полей параметров состояния ХТО и разработки пользовательских интерфейсов для настройки на характеристики ХТО, параметры метода его моделирования и визуализации рассчитанных полей параметров состояния ХТО (У-5)	Правильные ответы на вопросы № 30, 31, 34 к зачету	Слабо ориентируется в методике программной реализации алгоритмов расчета полей параметров состояния ХТО и разработки пользовательских интерфейсов для настройки на характеристики ХТО, параметры метода его моделирования и визуализации рассчитанных полей параметров состояния ХТО	Правильно поясняет методику программной реализации алгоритмов расчета полей параметров состояния ХТО, но путается при пояснении пользовательских интерфейсов для настройки на характеристики ХТО, параметры метода его моделирования и визуализации рассчитанных полей параметров состояния ХТО, которые необходимо разработать	Правильно поясняет методику программной реализации алгоритмов расчета полей параметров состояния ХТО и разработки пользовательских интерфейсов для настройки на характеристики ХТО, параметры метода его моделирования и визуализации рассчитанных полей параметров состояния ХТО
	Имеет навыки выбора современных инструментальных средств при разработке компонентов моделирующих программных комплексов для исследования ХТО с распределенными параметрами (Н-2)	Правильные ответы на вопросы № 32, 33 к зачету	Допускает ошибки при выборе современных инструментальных средств для разработки программных комплексов моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами	Делает правильный выбор современных инструментальных средств для разработки программных комплексов моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами, но не дает обоснование этого выбора	Делает правильный и обоснованный выбор современных инструментальных средств для разработки программных комплексов моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:

1. Понятие и примеры ХТО с распределенными параметрами. Особенности математического моделирования ХТО с распределенными параметрами в САПР.
2. Структура формализованного описания ХТО с распределенными параметрами как объекта моделирования и исследования. Векторы параметров ХТО. Пример формализованного описания.
3. Постановка задачи анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами. Пример ММ для решения задачи анализа ХТО.
4. Классификация ММ для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами. Пример ММ.
5. Требования, предъявляемые к ММ для анализа причинно-следственных связей в ХТО с распределенными параметрами. Пример.
6. Уравнения математической физики как основа построения функциональных ММ ХТО с распределенными параметрами. Уравнение модели идеального вытеснения: физический смысл членов и коэффициентов; постановка смешанной краевой задачи.
7. Уравнения математической физики как основа построения функциональных ММ ХТО с распределенными параметрами. Уравнение теплопроводности: физический смысл членов и коэффициентов; пример постановки смешанной краевой задачи.
8. Уравнения математической физики как основа построения функциональных ММ ХТО с распределенными параметрами. Уравнение молекулярной диффузии: физический смысл членов и коэффициентов; пример постановки смешанной краевой задачи.
9. Классификация Петровского для линейных уравнений в частных производных второго порядка. Способ определения типов уравнений. Пример.
10. Краевые условия в ММ ХТО с распределенными параметрами. Физический смысл и примеры граничных условий Дирихле, Неймана, Робина.
11. Типы дифференциальных уравнений, используемых в ММ ХТО с распределенными параметрами, и методы их решения. Примеры уравнений и методов.
12. Требования, предъявляемые к методам решения уравнений ММ.
13. Идея метода конечных разностей. Основные этапы анализа ММ ХТО с распределенными параметрами методом конечных разностей.
14. Дискретизация ММ ХТО с распределенными параметрами. Параметры и характеристика сеток. Метод проецирования функции на сетку. Пример.
15. Алгебраизация ММ ХТО с распределенными параметрами. Понятие и характеристики разностной схемы. Явные и неявные разностные схемы и их примеры.
16. Построение разностных схем методом непосредственной формальной аппроксимации. Классификация конечных разностей. Сеточные шаблоны. Пример.
17. Построение конечных разностей первого и второго порядков аппроксимации. Примеры разностной аппроксимации эволюционного, конвективного и диффузионного членов.
18. Априорные показатели качества разностных схем. Согласованность. Погрешность аппроксимации и ее порядок.
19. Априорные показатели качества разностных схем. Устойчивость. Условия устойчивости разностных схем и их применение в расчетах.
20. Априорные показатели качества разностных схем. Сходимость. Теорема эквивалентности Лакса. Порядок точности.
21. Явные разностные методы для решения уравнения модели идеального вытеснения: методы с разностями против потока, Лакса, «крест», Лакса–Вендроффа.
22. Неявные разностные методы для решения уравнения модели идеального

вытеснения: методы с разностями по/против потока, «прямоугольник», Эйлера.

23. Явные разностные методы для решения уравнения теплопроводности (молекулярной диффузии): методы ВВЦП, Алена–Чена, Дюфорты–Франкела.

24. Неявные разностные методы для решения уравнения теплопроводности (молекулярной диффузии): методы Лаасонена, Кранка–Николсона.

25. Метод прогонки как эффективный способ решения систем линейных алгебраических уравнений с ленточными матрицами коэффициентов: этапы; условия применимости и устойчивости; достоинства; алгоритм реализации.

26. Характеристика итерационных методов решения систем алгебраических уравнений, получаемых в результате применения метода конечных разностей.

27. Алгоритм численного моделирования ХТО с распределенными параметрами с поиском шагов расчета, обеспечивающих устойчивость и точность получаемого решения. Пример.

28. Функциональная структура типового моделирующего программного комплекса для исследования ХТО с распределенными параметрами. Характеристика базовых программных модулей. Пример.

29. Виды и компоненты обеспечений типового моделирующего программного комплекса для исследования ХТО с распределенными параметрами. Примеры компонентов.

30. Структура интерфейса исследователя для типового программного комплекса моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами. Пример.

31. Структура интерфейса разработчика для типового программного комплекса моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами. Пример.

32. Требования, предъявляемые к современным инструментальным средствам разработки программных комплексов для моделирования и исследования ХТО с распределенными параметрами. Примеры средств разработки.

33. Характеристика и примеры современных инструментальных средств разработки компонентов моделирующих программных комплексов для исследования ХТО с распределенными параметрами.

34. Методика и инструментальные средства программной реализации вычислительных алгоритмов и разработки пользовательских интерфейсов для программных комплексов моделирования ХТО с распределенными параметрами.

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы – до 30 мин.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

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

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Шкала оценивания на зачете – «зачет», «незачет». При этом оценка «зачет» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.