

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 12.09.2021 19:24:34  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84

Приложение № 1  
к рабочей программе модуля  
"Технологическое оборудование химических и  
нефтехимических производств"

**Рабочая программа дисциплины**

**АЛГОРИТМИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Направление подготовки

**15.03.02 Технологические машины и оборудование**

Направленность программы бакалавриата

**Проектирование, эксплуатация и диагностика  
технологических машин и оборудования**

Профессиональный модуль

**Технологическое оборудование  
химических и нефтехимических производств**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		Профессор Р.Ш. Абиев

Рабочая программа дисциплины «Алгоритмизация расчетов технологического оборудования» обсуждена на заседании кафедры оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ № \_\_  
Заведующий кафедрой

Р.Ш. Абиев

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ № \_\_

Председатель

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 .....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	5
3. Объем дисциплины .....	5
4. Содержание дисциплины.....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	7
4.3. Занятия семинарского типа .....	8
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	8
4.4. Самостоятельная работа обучающихся .....	9
4.4.1. Темы презентаций для коллективного обсуждения.....	10
4.5. Контрольная работа .....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	12
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	13
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	14
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	14
10.1. Информационные технологии .....	14
10.2. Программное обеспечение .....	14
10.3. Информационные справочные системы .....	14
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	15
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	15
Приложение № 1 .....	16
Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Алгоритмизация расчетов технологического оборудования».....	16

**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:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-2	владением достаточными для профессиональной деятельности навыками работы с персональным компьютером	Знать: основные приемы работы с персональным компьютером; Уметь: формулировать и решать задачи с применением ЭВМ; Владеть: Современными программами - Mathcad 14.
ПК-2	умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	Знать: математические модели процессов, протекающих в технологическом оборудовании, для оптимизации основных параметров проектируемого технологического оборудования, а также расширения технологических возможностей действующего оборудования; Уметь: рассчитывать и исследовать технологическое оборудование; выполнять математическое и физическое моделирование технологических процессов, протекающих в машинах и аппаратах; Владеть: Современными методами расчета процессов тепло- и массопереноса в технологических машинах и оборудовании.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02.09 «Алгоритмизация расчетов технологического оборудования» относится к вариативной части учебного, профессиональному модулю Б1.В.ДВ.02.02 (модуль 02 «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств»), и изучается на 4 курсе.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: физика, математика, техническая термодинамика и теплотехника, теория механизмов и машин, гидравлические машины, процессы и аппараты химической технологии.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Алгоритмизация расчетов технологического оборудования» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе и при выполнении расчетной части выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Заочная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>6/216</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>24</b>
занятия лекционного типа	8
занятия семинарского типа, в т.ч.	16
семинары, практические занятия	8
лабораторные работы	8
курсовое проектирование (КР или КП) КСР	
другие виды контактной работы	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>183</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	<b>4 Кр</b>
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Экзамен (9)</b>

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад ем. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение. Уравнения в частных производных второго порядка: основные понятия, классификация.		1		35	ОПК-2, ПК-2
2	Основы метода конечных разностей	2	4		37	
3	Аппроксимация, согласованность, устойчивость, сходимость	2	3		37	
4	Конечно-разностная аппроксимация граничных условий	2	2		37	
5	Конечно-разностные методы решения задач гиперболического, параболического и эллиптического типов	2	4		39	
	ИТОГО	8	14		185	

#### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<p><b>Основы метода конечных разностей.</b>                      Основы метода конечных разностей. Способы построения конечно-разностных аппроксимаций первой и второй производных первого и второго порядка точности, на равномерной и неравномерной сетке. Разложение функции в ряд Тейлора, интерполяция функции полиномами. Метод контрольного объема. Примеры применения метода контрольного объема к внутренним и граничным узлам сетки, в декартовых и цилиндрических координатах.</p>	2	Слайд-презентация. групповая дискуссия.
3	<p><b>Аппроксимация, согласованность, устойчивость, сходимоть</b>                      Конечно-разностная аппроксимация уравнений в частных производных. Погрешность аппроксимации. Согласованность разностных схем. Устойчивость разностных схем: принцип максимума, спектральный метод Неймана. Примеры анализа устойчивости.</p>	2	Слайд-презентация, групповая дискуссия.
4	<p><b>Конечно-разностная аппроксимация граничных условий</b>                      Конечно-разностная аппроксимация граничных условий 1-го, 2-го и 3-го рода. Проблемы аппроксимации начальных условий для трехслойных схем.</p>	2	Слайд-презентация
5	<p><b>Конечно-разностные методы решения задач гиперболического, параболического и эллиптического типов</b>                      Одномерное уравнение переноса. Разностные схемы: явный правый уголок, явный левый уголок, явная схема Эйлера, схема Лакса.                      Одномерное уравнение теплопроводности. Явные схемы для одномерного уравнения теплопроводности: простой явный метод. Неявные методы: простой неявный метод, метод Кранка-Николсона.                      Уравнения Лапласа и Пуассона. Пятиточечная схема Рунге. Девятиточечная схема. Примеры решения эллиптических задач в декартовых и цилиндрических координатах.</p>	2	Слайд-презентация, групповая дискуссия.

**4.3 Занятия семинарского типа**  
**4.3.1 Семинары, практические занятия**

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<b>Введение.</b> Определение типа уравнений второго порядка	1	Слайд-презентация
2	Основы метода конечных разностей. Вычисление левой, правой и центральной разностной производной первого порядка, центральной производной второго порядка.	4	Слайд-презентация
3	Аппроксимация, согласованность, устойчивость, сходимость. Проверка устойчивости конечно-разностной схемы спектральным методом.	3	Слайд-презентация
4	Конечно-разностная аппроксимация граничных условий. Аппроксимация граничных условий 1 -го, 2-го и 3-го рода и 3-го рода.	2	Слайд-презентация
5	Конечно-разностные методы решения задач гиперболического, параболического и эллиптического типов. Решение уравнения нестационарной одномерной теплопроводности с граничными условиями первого рода явным методом. Решение одномерного линейного уравнения переноса.	4	Слайд-презентация





#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Методы определения типа уравнений при числе независимых переменных более двух.	35	Устный опрос
2	Интегро-интерполяционный метод.	37	
3	Сходимость решения нестационарных задач.	37	
4	Решение систем линейных уравнений методом Гаусса-Зейделя.	37	
5	Решение задачи нестационарной одномерной теплопроводности с граничными условиями 1 го, 2 го и 3 го рода неявными методами.	39	Выполнение контрольных работ

#### 4.4.1. Темы презентаций для коллективного обсуждения

№ раздела дисциплины	Содержание слайд-презентации	Вопросы для коллективного обсуждения, коллективного решения технической задачи
1	Введение. Уравнения в частных производных второго порядка: основные понятия, классификация.	Математическая классификация уравнений второго порядка. Корректно поставленные задачи. Примеры применения уравнений второго порядка к решению практических задач.
2	Основы метода конечных разностей	Виды норм погрешностей счета. Чебышёвская и среднеквадратичная норма. Прямые и итерационные алгоритмы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод исключения (Гаусса), метод прогонки (Томаса).
3	Аппроксимация, согласованность, устойчивость, сходимость	Понятие о сильной и слабой неустойчивости. Примеры проявления неустойчивости. Численная диссипация и дисперсия.
4	Конечно-разностная аппроксимация граничных условий	Проблемы аппроксимации начальных условий для трехслойных схем. Повышение точности аппроксимации

		начальных условий.
5	Конечно-разностные методы решения задач гиперболического, параболического и эллиптического типов	Аппроксимационная вязкость. Диссипация, дисперсия, диффузия численных решений. Невязкое уравнение Бюргерса. Понятие о четырех случаях постановки краевых условий. Разностные методы решения невязкого уравнения Бюргерса: методы Лакса, Лакса-Вендроффа, Мак-Кормака, неявные методы.

#### 4.5. Контрольная работа

Учебным планом предусмотрено 5 контрольных работ.

Каждая из контрольных работ состоит из следующих разделов:

- 1) Анализ задачи, разработка математической модели. Формулировка граничных и начальных условий.
- 2) Выбор шагов сетки.
- 3) Разработка и отладка программы для расчета поля температур и тепловых потоков в одномерной задаче. Проверка численной сходимости схемы.
- 4) Анализ полученных результатов. Сопоставления характеров изменения полей температур и тепловых потоков. Расчет интегральных показателей: накопленной внутренней энергии, средней температуры.
- 5) Составление расчетно-пояснительной записки.

Расчетно-пояснительная записка содержит 5-10 страниц текста размером 13-14 пт. с интервалом 1,5.

##### Примерные темы контрольных работ:

Контрольная работа № 1 В трубке длиной  $l = 0,01$  м, заполненной раствором с начальной концентрацией  $C(x,0) = C_0 = 10$  кг/м<sup>3</sup>, происходит молекулярный перенос вещества с коэффициентом диффузии  $D = 10^{-9}$  м<sup>2</sup>/с, описываемый одномерным уравнением диффузии. Концентрация вещества на концах трубки поддерживается равной нулю. Постройте конечно-разностный аналог уравнения диффузии на основе простой неявной схемы. Используя равномерную сетку, рассчитайте нестационарное поле концентраций.

Контрольная работа № 2, Прогрев тонкой пластины в поперечном направлении описывается одномерным уравнением теплопроводности. Материал пластины — углеродистая сталь, ее начальная температура  $t_0 = 293$  К. На обеих поверхностях заданы тепловые потоки, обращенные внутрь стенки  $(\hat{0}, t) = q(L, t) = 10$  Вт/м<sup>2</sup>. Толщина пластины  $L$  — 5 мм. Постройте конечно-разностный аналог уравнения теплопроводности на основе простой неявной схемы. Используя равномерную сетку, рассчитайте нестационарное поле температур.

Контрольная работа № 3, Процесс переноса вещества, находящегося в растворенном виде в пористой пластине (пористость  $\epsilon = 0,3$ ), описывается одномерным уравнением

диффузии, коэффициент диффузии  $D = 1 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с. Толщина пластины  $l = 100$  мм, начальная концентрация раствора в порах  $C_0 = 1$  кг/м<sup>3</sup>. На границах пластины поддерживаются постоянные во времени потоки вещества  $q(0, l) = 0,01$  кг/(с м<sup>2</sup>),  $q(l, 0) = 0,05$  кг/(с м<sup>2</sup>), направленные наружу. Постройте конечно-разностный аналог уравнения диффузии на основе схемы Кранка-Николсона. Используя равномерную сетку, рассчитайте нестационарное поле концентраций.

Контрольная работа № 4. Процесс охлаждения стержня описывается одномерным уравнением теплопроводности. Длина стержня  $L = 200$  мм, его начальная температура  $T_0 = 593$  К, температуры хладагентов на левом и правом его торцах равны соответственно  $T_1 = 293$  К,  $T_2 = 393$  К, коэффициенты теплоотдачи от торцов стержня можно принять бесконечно большими. Материал стержня — легированная сталь. Постройте конечно-разностный аналог уравнения теплопроводности на основе схемы Кранка-Николсона. Используя равномерную сетку, рассчитайте нестационарное поле температур.

Контрольная работа № 5. В трубке длиной  $L = 0,05$  м, заполненной раствором с начальной концентрацией  $C(x, 0) = C_0 = 1$  кг/м<sup>3</sup>, происходит молекулярный перенос вещества с коэффициентом диффузии  $D = 10^{-9}$  м<sup>2</sup>/с, описываемый одномерным уравнением диффузии. Концентрация вещества в жидкости, омывающей концы трубки, поддерживается равной  $C_1 = C_2 = 0,05$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициенты массоотдачи на левой и правой границах равны соответственно  $\beta_1 = 5 \cdot 10^{-7}$  м/с,  $\beta_2 = 0,5 \cdot 10^{-7}$  м/с. Постройте конечно-разностный аналог уравнения диффузии на основе схемы Кранка-Николсона. Используя равномерную сетку, рассчитайте нестационарное поле концентраций.

## **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 Медиа: <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.

При сдаче экзамена студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Пример содержательной части экзаменационного билета:

1. Записать уравнение Пуассона в декартовых координатах. Объяснить физический смысл всех слагаемых.<sup>2</sup>

2. Сформулировать теорему Лакса об эквивалентности (необходимое и достаточное условие сходимости разностной схемы).

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

### **а) основная литература:**

1. Гольцева, Л. В. Математическое моделирование химико-технологических процессов, ц: Базовый курс : учебное пособие для заочной формы обучения направления ' подготовки "Информатика и вычислительная техника" / Л. В. Гольцева. А. В. Козлов, А. Н. Полосин ; СПбГТИ(ТУ). Каф. систем автоматизир. проектирования и упр. Электрон, текстовые дан. СПб.: [б. и.], 2012.-85 с.
2. Долгополов, Д. В. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений •. Учебное пособие / Д. В. Долгополов ; СПбГТИ(ТУ). Каф. прикл. математики. СПб.: [б. и.], 2012.-33 с.

### **б) дополнительная литература:**

3. Советов, Б. Я. Моделирование систем. Практикум : учебное пособие для бакалавров: учебное пособие для вузов по направлениям "Информатика и вычислительная техника" и "Информационные системы" / Б. Я. Советов. С. А. Яковлев ; С.-Петербург. гос. электротехн. ун-т. 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2012. 295 с.
4. Киреев, В. И. Численные методы в примерах и задачах: Учебное пособие для втузов/ В. И. Киреев, А. В. Пантелеев: М.: Высшая школа. 2008. - 480 с.
5. 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:**

6. Абиев, Р.Ш. Вычислительная гидродинамика и теплообмен / Р.Ш. Абиев; СПб: НИИ Химии СПбГУ, 2002. - 576 с.

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

1. учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

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

2. Сайт Федеральной службы по интеллектуальной собственности

(Роспатент): Информационно-поисковая система

<http://www1.fips.ru/Avps/wcm/connect/content.ru/ru/inform/resources/inform-retrieval-system/>

3. Строительный портал ВесьБетон - все о строительстве и производстве строительных материалов. - <http://www.allbeton.ru/>

электронно-библиотечные системы:

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

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Все виды занятий по дисциплине «Алгоритмизация расчетов технологического оборудования» 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 УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКДВ. 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;
- учебные видеоматериалы;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

### **10.2. Программное обеспечение**

Microsoft Office (Microsoft Excel) или LibreOffice  
Пакет прикладных программ MathCad 14.

### **10.3 Информационные справочные системы**

1. Справочно-информационная система поиска нормативных документов  
<http://gostrf.com/>
2. Строительные нормы и правила - СНИП.РФ. - [БПр://снип.рф/snip/](http://снип.рф/snip/)

## **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.

Для проведения практических занятий используется компьютерный класс, оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть.

## **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 28.08.2014г.



Фонд оценочных средств для проведения промежуточной  
аттестации по дисциплине «Алгоритмизация расчетов  
технологического оборудования»

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка<sup>^</sup></b>	<b>Этап формирования<sup>3</sup></b>
ОПК-2	<b>владение</b> достаточными для профессиональной деятельности <b>навыками работы с персональным компьютером</b>	Промежуточный
ПК-2	<b>умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов</b> и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	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 важнейшие виды уравнений второго порядка. Умеет применять уравнения уравнений второго порядка для описания процессов тепло- и массопереноса. Владеет методами определения типов уравнений.	Правильные ответы на вопросы № 1-7	ПК-2
Освоение раздела № 2	Знает основы метода конечных разностей. Умеет производить расчет надежности простых систем и систем с резервированием. Владеет методами контрольного объема и разложения функции в ряд Тейлора.	Правильные ответы на вопросы № 8-28	ПК-2

<sup>2</sup> жирным шрифтом выделена та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты)

<sup>3</sup> этап формирования компетенции выбирается по п.2 РПД и учебному плану (начальный - если нет предшествующих дисциплин, итоговый - если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие.)

Освоение раздела № 3	Знает методы проверки устойчивости разностных схем. Умеет проверять устойчивость разностных схем. Владеет принципом максимума и спектральным методом Неймана.	Правильные ответы на вопросы № 29-38	ПК-2
Освоение раздела № 4	Умеет осуществлять конечно-разностную аппроксимацию граничных условий.	Правильные ответы на вопросы № 11-14	ПК-2
Освоение раздела № 5	Владеет конечно-разностными методами решения задач гиперболического, параболического и эллиптического типов.	Правильные ответы на вопросы № 39-65	ПК-2
Выполнение контрольных работ	Владение методами оценки технологических процессов строительного производства на основе анализа решений уравнений в частных производных второго порядка	Правильные ответы на вопросы № 66-68 Соответствующие разделы пояснительной записки	ОПК-2

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

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. Дать определение сходимости разностных схем.
30. Сформулировать теорему Лакса об эквивалентности (необходимое и достаточное условие сходимости разностной схемы).
31. Сформулировать понятие согласованности разностной схемы.
32. Сформулировать понятие устойчивости разностной схемы.
33. Изобразить концептуальную связь между согласованностью, устойчивостью и сходимостью.
34. Сформулировать принцип максимума (признак устойчивости явных и неявных двухслойных линейных разностных схем).
35. Пояснить, что такое множитель роста и как он связан с потерей устойчивости.
36. Сформулировать признак устойчивости по Нейману.
37. Что такое консервативная разностная схема?
38. Привести примеры дивергентной и недивергентной формы записи уравнений.
39. Записать одномерное волновое уравнение второго порядка и уравнения его характеристик.
40. Изобразить линии, по которым распространяются возмущения (семейства характеристик) для одномерного волнового уравнения второго порядка. Записать уравнения характеристик.
41. Записать схему "крест" для одномерной задачи, описываемой волновым уравнением второго порядка.
42. Записать неявную схему с весами для одномерной задачи, описываемой волновым уравнением второго порядка.
43. Записать уравнение конвективного переноса для волны, распространяющейся вправо. Пояснить физический смысл слагаемых уравнения.
44. Записать уравнение конвективного переноса для волны, распространяющейся влево. Пояснить физический смысл слагаемых уравнения,

45. Пояснить понятие несогласованности начальных и граничных условий.
46. Записать схему "явный правый уголок" для одномерного уравнения переноса.
47. Записать схему "явный левый уголок" для одномерного уравнения переноса.
48. Записать явную четырехточечную схему "тренога" (схему Эйлера) для одномерного уравнения переноса.
49. Записать схему Лакса для одномерного уравнения переноса.
50. Записать схему "крест" для одномерного уравнения переноса.
51. Записать схему "чехарда" для одномерного уравнения переноса.
52. Записать схему "неявный левый уголок" для одномерного уравнения переноса.
53. Записать схему "неявный правый уголок" для одномерного уравнения переноса.
54. Записать схему "прямоугольник" для одномерного уравнения переноса.
55. Записать неявную схему Эйлера для одномерного уравнения переноса.
56. Записать схему Кранка-Николсона для одномерного уравнения переноса.
57. Записать (одношаговую!) схему Лакса-Вендроффа для одномерного уравнения переноса.
58. Записать схему Мак-Кормака для одномерного уравнения переноса.
59. Сформулировать свойство монотонности разностных решений.
60. Сформулировать свойство позитивности разностных решений. Привести примеры.
61. Сформулировать признак монотонности для явных двухслойных схем. Сформулировать сопутствующие замечания и теорему.
62. Сформулировать понятие первого дифференциального приближения конечно-разностной схемы.
63. Сформулировать понятие аппроксимационной вязкости. Привести примеры.
64. Что такое диссипация и как она проявляется в разностных решениях?
65. Что такое дисперсия и как она проявляется в разностных решениях?

**б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-2:**

66. Приемы решения линейных алгебраических уравнений в среде Mathcad.
67. Способы задания данных в среде Mathcad.
68. Способы вывода графиков в среде Mathcad.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

**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 СПб

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