

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 01.02.2024 15:16:28  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной и методической работе

\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский

«30» марта 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА МАШИН И АППАРАТОВ**

Специальность  
**15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов**

Специализация  
**№ 20 "Проектирование технологических комплексов  
производства энергонасыщенных материалов"**

Квалификация  
Инженер

Форма обучения  
Очная

Факультет Инженерно-технологический  
Кафедра химической энергетики

Санкт-Петербург  
2020

Б1.В.ДВ.03.02

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Старший преподаватель		к.т.н., А.В.Тур

Рабочая программа дисциплины «Современные методы расчета машин и аппаратов» обсуждена на заседании кафедры химической энергетики протокол от «10» марта 2020 г. № 7

Заведующий кафедрой

А.С. Мазур

Одобрено учебно-методической комиссией Инженерно-технологического факультета протокол от «25» марта 2020 г. № 7

Председатель

А.П. Сусла

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель специальности «Проектирование технологических машин и комплексов»		Н.А. Незамаев
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 (модуля) в структуре образовательной программы .....	4
3. Объем дисциплины .....	5
4. Содержание дисциплины .....	5
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	5
4.2. Занятия лекционного типа .....	6
4.3. Занятия семинарского типа .....	6
4.3.1. Лабораторные занятия .....	6
4.4. Самостоятельная работа .....	7
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	7
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	8
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	8
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	9
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	9
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии .....	10
10.2. Программное обеспечение .....	10
10.3. Базы данных и информационные справочные системы .....	10
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	10
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	10
Приложения:	
1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	11

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

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине: «Современные методы расчета машин и аппаратов»

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ПК-1</b>	способностью обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий	<p><b>Знать:</b> основные конструкционные материалы и их свойства. Методы формообразования деталей их относительную стоимость и опасные факторы, основные технологии изготовления типовых элементов машин и аппаратов химических производств, сортамент, устройство основных металлообрабатывающих станков.</p> <p><b>Владеть:</b> основными требованиями государственных стандартов, требования, предъявляемых к сосудам и аппаратам химической технологии.</p> <p><b>Уметь:</b> обозначать технологические требования на чертежах</p>
<b>ПК-2</b>	способностью обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, осваивать вводимое оборудование	<p><b>Знать:</b> методы эксплуатации технологического оборудования при проектировании производств энергонасыщенных материалов и изделий.</p> <p><b>Владеть:</b> инженерными расчетами при проектировании производств энергонасыщенных материалов и изделий;</p> <p><b>Уметь:</b> проводить с использованием ЭВМ расчеты основных элементов и сборочных единиц разрабатываемого оборудования.</p>
<b>ПК-5</b>	способностью выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических	<p><b>Знать:</b> Технологическую схему получения реализации основных</p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
	процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения	технологических процессов. <b>Владеть:</b> Методами эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий. <b>Уметь:</b> анализировать геометрию изделия для выбора оптимальной технологии его изготовления
<b>ПК – 11</b>	способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующей специализации	<b>Знать:</b> Знание основ численного анализа двумерных стержневых конструкций на примере ферм и рам <b>Владеть:</b> Взаимосвязью технологических укладов и инженерных подходов к решению задач. <b>Уметь:</b> сохранять модели в различных форматах и конвертировать их.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы<sup>1</sup>.

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору (Б1.В.ДВ.03.02) и изучается на 3 курсе в 5 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин, «Сопротивление материалов», «Гидравлика и гидравлические машины».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Современные методы расчета машин и аппаратов» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе магистранта и при выполнении выпускной квалификационной работы.

<sup>1</sup> Место дисциплины будет учитываться при заполнении таблицы 1 в Приложении 1 (Фонд оценочных средств)

### 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	6/216
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>94</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	54
семинары, практические занятия	36
лабораторные работы	18
курсовое проектирование (КР или КП)	
КСР	4
Другие виды контактной работы	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>95</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен(27)

### 4. Содержание дисциплины.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа,	Занятия семи- нарского типа, академ. часы		Самостоятельная рабо- та, акад. часы	Формируемые компе- тенции
			Семинары и/или прак- тические	Лаборатор- ные работы		
1	Постановка задачи при численном исследовании.	6			15	ПК-1
2	Основы метода конечных разностей.	10			20	ПК-1
3	Приближенные методы решения. Методы взвешенных невязок.	6	10		20	ПК-1, ПК-11
4	Основы метода конечных элементов.	14			10	ПК-1,
5	Особенности работы программного обеспечения на основе метода конечных элементов.			4	10	ПК-11 ПК-2
6	Гидродинамические и тепловые расчеты элементов конструкций методом конечных элементов.			10	10	ПК-5
7	Прочностные расчеты элементов конструкций методом конечных элементов.		26	4	10	ПК-11

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<u>Постановка задачи при численном исследовании.</u> Введение. Предмет и задачи дисциплины. Классификация квазилинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Начальные и граничные условия.	6	
2	<u>Основы метода конечных разностей.</u> Конечные разности производных различного порядка точности. Построение конечной разности для дифференциальных уравнений. Явная и неявная схемы решения разностных уравнений. Особенности их решения и области применимости. Ошибки и анализ устойчивости. Происхождение ошибок при численном решении. Методология оценки устойчивости уравнений конечной разности.	10	
3	<u>Приближенные решения. Метод взвешенных невязок.</u> Способы аппроксимации функций. Невязка при решении дифференциальных уравнений. Классификация методов взвешенных невязок.	6	
4	<u>Основы метода конечных элементов.</u> Понятие конечного элемента, его разновидности. Способы дискретизации расчетной области. Особенности применения метода конечных элементов. Расчетные зависимости упругой среды. Функция формы. Локальная и глобальная системы координат. Понятие эквивалентных узловых сил. Принцип минимальной потенциальной энергии. Матрица жесткости. Расширение принципа потенциальной энергии на всю расчетную область.	14	

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

##### 4.3.1. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
5	Освоение основных программных инструментов для проведения численного анализа.	4	Групповая дискуссия.
6	Течение вязкой жидкости в канале постоянного сечения.	2	Групповая дискуссия.
6	Течение жидкости в канале переменного сечения.	2	Групповая дискуссия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
6	Выравнивание профиля скорости потока в диффузоре.	2	Групповая дискуссия.
6	Истечение через отверстие и насадки при переменном напоре.	2	Групповая дискуссия.
6	Теплообменник типа «труба в трубе».	2	Групповая дискуссия.
7	Прочностной расчет ферм.	2	Групповая дискуссия.
7	Прочностной расчет рам.	2	Групповая дискуссия.

#### 4.3.2 Практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<u>Приближенные решения. Метод взвешенных невязок.</u> Применение методов коллокаций, наименьших квадратов, Бубнова - Галеркина.	10	Групповая дискуссия
7	<u>Прочностной расчет стержневых конструкций.</u> Прочностной расчет двумерной стержневой конструкции. Особенности расчета фермы, рамы.	10	Групповая дискуссия
7	<u>Прочностной и термический расчет оболочек и трехмерный тел.</u> Прочностной и термический расчеты единичных деталей. Построение сетки, адекватное задание граничных условий.	8	Групповая дискуссия
7	<u>Прочностной расчет сборочных единиц.</u> Особенности расчета сборочных единиц. Построение сеток. Контактные граничные условия. Кинематический расчет	8	Групповая дискуссия

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Классификация типов уравнений с частными производными. Классификация граничных условий.	15	Опрос
2	Получение разностных схем заданной степени точности для различных дифференциальных уравнений	20	Опрос
3	Освоение следующих методов приближенно-	20	Опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	го решения: методы коллокаций; метод наименьших квадратов; метод Галеркина.		
4	Освоение базовых понятий метода конечных элементов. Вариационная постановка задачи. Постановка задачи методом взвешенных невязок.	10	Опрос
5	Знакомство с интерфейсом программы FlowVision	10	Опрос
6	Применение метода конечных элементов к решению задач упругой среды.	10	Опрос
7	Применение метода конечных элементов к решению задач со стержневыми конструкциями.	10	Опрос

### **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.

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 комплектуются теоретическими вопросами для проверки теоретических знаний.

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

Пример варианта вопросов на экзамене:

#### **Вариант № 1**

1. Особенности граничных и начальных условий для гиперболической задачи.
2. Приближенный метод решения. Метод коллокаций.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

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

#### **а) печатные издания:**

- Алямовский А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи / А. А. Алямовский. – Санкт Петербург: БХВ-Петербург, 2012. - 442 с
- Присекин, В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел: / В.Л.Присекин, Г.И.Расторгуев. - Новосибирск: НГТУ, – 2010. \_238с.
- Трушин, С.И. Метод конечных элементов. Теория и задачи: Учебное пособие / С.И.Трушин. М.: АСВ, – 2008. – 256с.
- Алямовский, А. COMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks / А.А. Алямовский. - Москва: ДМК, 2010. – 784с.
- Голованов, О.Н. Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций: научное издание / А.И. Голованов, О.Н. Тюленева, А.Ф. Шигабутдинов. - Москва: Физматлит, 2006. - 391 с.
- Андерсон Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: т.1 / Д.Андерсон, Дж.Таннехилл, Р.Плетчер.- Москва: Мир, 1990.- 384с.
- Андерсон Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: т.2 / Д.Андерсон, Дж.Таннехилл, Р.Плетчер.- Москва: Мир, 1990.- 392с.
- Стренг, Г. Теория метода конечных элементов / Г.Стренг, Дж.Фикс. – Москва: Мир, 1977. – 350с.
- Сегерлинд, Г. Применение метода конечных элементов / Г. Сегерлинд. – Москва: Мир, 1976. – 392с.
- Румянцев, А.В. Метод конечных элементов в задачах теплопроводности: Учебное пособие / А.В.Румянцев. – Калининград: Калининградский Государственный Университет, 1995 – 170с.
- Рикардс, Р.Б. Метод конечных элементов в теории оболочек и пластин / Р.Б.Рикардс. – Рига: «Зинатне», 1988. – 284с.
- Оден, Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред / Дж.Оден. – Москва: Мир, 1976. – 464с.
- Норри, Д. Введение в метод конечных элементов / Д.Норри, Ж.де Фриз. – Москва: Мир, 1981. – 304с.
- Митчелл, Э. Метод конечных элементов для уравнений с частными производными / Э.Митчелл, Р.Уэйт. – Москва: Мир, 1981. – 216с.
- Коннор, Дж. Метод конечных элементов в механике жидкости / Дж. Коннор, К.Бреббия Ленинград: Судостроение, 1979. – 264с.
- Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О.Зенкевич. - Москва: Мир, 1975. – 542с.
- Зенкевич, О. Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошных сред / О.Зенкевич, И.Чанг. - Москва: Недра, 1974. – 240с.
- Зенкевич, О. Конечные элементы и аппроксимация / О.Зенкевич, К.Морган. - Москва: Мир, 1986. – 318с.
- Громадка, Т. Комплексный метод граничных элементов в инженерных задачах / Т.Громадка, Ч.Лей. - Москва: Мир, 1990. – 303с.
- Галлагер, Р. Метод конечных элементов. Основы / Р.Галлагер. – М.: Мир, 1984. – 428с.
- Бате, К. Численные методы анализа и метод конечных элементов / К.Бате, Е.Вилсон. – Москва: Стройиздат, – 1982. – 448с.
- Горбачев, К.П. Метод конечных элементов в расчетах прочности / К.П.Горбачев. Ленинград: Судостроение, – 1985. – 156с.

## **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/>;

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

Все виды занятий по дисциплине «Современные методы расчета машин и аппаратов» 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 016-2014. 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 электронно-информационной образовательной среды.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Microsoft Office (Microsoft Excel); Mathcad; FlowVision; SolidWorks.

### **10.3. Базы данных и 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.

Для проведения лабораторных занятий используется класс, оборудованный лабораторными стендами.

## **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 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Современные методы расчета машин и аппаратов»**

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

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка<sup>2</sup></b>	<b>Этап формирования<sup>3</sup></b>
<b>ПК-1</b>	способностью обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий	промежуточный
<b>ПК-2</b>	способностью обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, осваивать вводимое оборудование	промежуточный
<b>ПК-5</b>	способностью выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения	промежуточный
<b>ПК – 11</b>	способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующей специализации	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 основы классификации дифференциальных уравнений в частных производных	Правильные ответы на вопросы №1-6 на экзамене	ПК-1
Освоение раздела №2	Знает методологические основы метода конечных разностей, используемого для решения дифференциальных уравнений на ЭВМ.	Правильные ответы на вопрос № 7-12 на экзамене	ПК-1

<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.)

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 3	Знает основы построения приближенных методов решений уравнений методом взвешенных невязок.	Правильные ответы на вопросы № 13-18, на экзамене	ПК-1
	Знает основные методы приближенных решений дифференциальных уравнений на ЭВМ	Правильные ответы на вопросы № 25,26 на экзамене	ПК-11
Освоение раздела № 4	Знает методологические основы метода конечных элементов.	Правильные ответы на вопросы № 19-24 на экзамене	ПК-1
Освоение раздела № 5	Освоение методологии численных исследований элементов конструкций.	Правильные ответы на вопросы № 27,28 на экзамене	ПК-2
Освоение раздела № 6	Проведение расчетов с использованием ЭВМ	Правильные ответы по теоретическим вопросам лабораторной работе 29,30.	ПК-5
	Знает способы численной оценки режимов работы тепло и массообменного оборудования.	Правильные ответы на вопросы № на экзамене 34,35	ПК-5
Освоение раздела № 7	Соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий	Правильные ответы по теоретическим вопросам лабораторной работе 31-33.	ПК-1
	Знание основ численного анализа двумерных стержневых конструкций на примере ферм и рам.	Решение задач. Правильные ответы на вопросы № 36,37 на экзамене	ПК-11

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-11:**

- 1 Классификация квазилинейных дифференциальных уравнений в частных производных.
- 2 Понятие характеристической кривой. Метод собственных значений при определении классификации уравнений в частных производных.
- 3 Физические граничные условия.
- 4 Гиперболические уравнения. Граничные и начальные условия.
- 5 Параболические уравнения. Граничные и начальные условия
- 6 Эллиптические уравнения. Граничные и начальные условия.
- 7 Метод взвешенных невязок. Общий подход.

- 8 Метод конечных элементов как разновидность метода взвешенных невязок.
- 9 Конечные разности. Способ замены производной первого порядка конечной разностью. Порядок точности.
- 10 Конечные разности. Способ замены производной второго порядка конечной разностью. Порядок точности.
- 11 Конечные разности при взаимодействии с границей. Порядок точности.
- 12 Явная форма разностного уравнения. Достоинства и недостатки.
- 13 неявная форма разностного уравнения. Достоинства и недостатки.
- 14 Анализ устойчивости. Пример параболического уравнения.
- 15 Анализ устойчивости. Пример гиперболического уравнения.
- 16 Основные положения метода конечных элементов. Преимущества и недостатки метода.
- 17 Дискретизация области. Типы конечных элементов. Разбиение на элементы. Нумерация узлов.
- 18 Конечные элементы. Интерполяционные полиномы. Функция формы.
- 19 Конечные элементы. Местная система координат. L-координаты.
- 20 Аппроксимация на дискретизированной области скалярных и векторных величин.
- 21 Конечные элементы упругой среды. Основные зависимости теории упругости.
- 22 Конечные элементы упругой среды. Эквивалентные узловые силы.
- 23 Принцип минимума потенциальной энергии. Применение к методу конечных элементов.
- 24 Конечные элементы упругой среды. Матрица жесткости.

**б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1, ПК-2:**

- 25 Метод взвешенных невязок. Метод коллокаций.
- 26 Метод взвешенных невязок. Метод наименьших квадратов.
- 27 Метод взвешенных невязок. Метод Галеркина.
- 28 Одномерные стержневые системы. Постановка задачи. Принцип минимума полной энергии.
- 29 Теоретические вопросы к лабораторной работе «Течение вязкой жидкости в канале постоянного сечения»
- 30 Теоретические вопросы к лабораторной работе «Течение жидкости в канале переменного сечения»
- 31 Теоретические вопросы к лабораторной работе «Выравнивание профиля скорости потока в диффузоре»
- 32 Теоретические вопросы к лабораторной работе «Истечение через отверстие и насадки при переменном напоре»
- 33 Теоретические вопросы к лабораторной работе «Теплообменник типа труба в трубе».

**в) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:**

- 34 Расчет ферм. Постановка задачи. Уравнения равновесия.
- 35 Расчет рам. Постановка задачи. Выбор конечных элементов. Уравнения деформации и напряжений конечных элементов.
- 36 Расчет рам. Работа внутренних и поверхностных сил. Матрица жесткости.
- 37 Расчет рам. Уравнения равновесия узлов рамы.

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 30 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.