МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента по учебной работе
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПРИКЛАДНАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Программные средства и технологии систем автоматизированного проектирования**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**
Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
Практические занятия	36	36	часов
Самостоятельная работа	108	108	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	3

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по учебной работе
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 85352

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Формирование практических навыков применения методов вычислительной геометрии для решения задач автоматизированного проектирования.

1.2. Задачи дисциплины

1. Освоение основных форматов хранения геометрических данных и методов программной работы с геометрическими моделями.
2. Формирование навыков применения алгоритмов геометрических преобразований над трёхмерными телами.
3. Формирование компетенций в области построения треугольных поверхностных расчётных сеток и методы оценки качества сетки.
4. Освоение методов построения структурированных ортогональных расчётных сеток.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль проектно-профессиональной подготовки.
Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.06.05.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 85352

ПК-2. Способен проектировать сложные компоненты САПР	ПК-2.1. Знает принципы построения архитектуры систем автоматизированного проектирования и современные методы организации структур данных для решения инженерных задач	Знает принципы построения геометрических моделей, форматы хранения геометрических моделей и структуры данных расчётных сеток, применяемые в системах автоматизированного проектирования.
	ПК-2.2. Умеет разрабатывать структуру программных компонентов САПР и определять алгоритмы их взаимодействия в составе единой системы	Умеет разрабатывать программные модули для построения и обработки геометрических моделей, создания расчётных сеток и их экспорта в различные форматы.
	ПК-2.3. Владеет современными технологиями проектирования программного обеспечения и методами создания функциональных модулей	Владеет методами проектирования программных модулей обработки геометрии с использованием открытых программных библиотек.

Согласована на портале № 85352

ПК-3. Способен проводить анализ физических процессов и технических объектов, использовать их математические модели и на их основе создавать специализированные программные модули и компоненты САПР	ПК-3.1. Знает физические принципы функционирования технических объектов, методы их математического описания, а также принципы построения программных модулей и компонентов современных систем автоматизированного проектирования	Знает методы представления и обработки геометрических моделей, алгоритмы триангуляции, критерии качества расчётных сеток и методы построения структурированных ортогональных сеток.
	ПК-3.2. Умеет проводить анализ физических процессов, выбирать или разрабатывать адекватные математические модели технических объектов и преобразовывать их в алгоритмы для программной реализации в среде САПР	Умеет разрабатывать вычислительные алгоритмы для построения геометрических моделей, создания и оценки качества расчётных сеток с применением открытых программных библиотек.
	ПК-3.3. Владеет современными языками программирования и специализированными программными библиотеками для разработки и интеграции функциональных модулей САПР, обеспечивающих расчет, моделирование или проектирование технических систем	Владеет технологиями построения расчётных сеток для численного моделирования.

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Практические занятия	36	36
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	108	108
Подготовка к зачету с оценкой	54	54
Подготовка к тестированию	54	54
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

Согласована на портале № 85352

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр				
1 Форматы хранения геометрии.	2	6	8	ПК-2, ПК-3
2 Граничное представление геометрии.	2	6	8	ПК-2, ПК-3
3 Методы трансформации 3D-модели.	4	6	10	ПК-2, ПК-3
4 Булевы операции над геометрическими моделями.	2	6	8	ПК-2, ПК-3
5 Создание 3D-модели, пригодной для построения расчетной сетки.	2	6	8	ПК-2, ПК-3
6 Триангуляция Делоне.	4	18	22	ПК-2, ПК-3
7 Построение треугольной поверхностной расчётной сетки.	2	6	8	ПК-2, ПК-3
8 Алгоритмы оценки качества треугольной поверхностной расчётной сетки.	2	12	14	ПК-2, ПК-3
9 Влияние параметров построения на качество треугольной поверхностной расчётной сетки.	4	6	10	ПК-2, ПК-3
10 Экспорт треугольной поверхностной расчётной сетки.	2	6	8	ПК-2, ПК-3
11 Создание равномерной прямоугольной пространственной расчетной сетки.	2	6	8	ПК-2, ПК-3
12 Создание неравномерной прямоугольной пространственной расчетной сетки.	2	6	8	ПК-2, ПК-3
13 Уменьшение порядка сложных моделей для создания пространственных расчетных сеток.	2	6	8	ПК-2, ПК-3
14 Поиск пересечений объектов.	2	6	8	ПК-2, ПК-3
15 Экспорт пространственной расчетной сетки.	2	6	8	ПК-2, ПК-3
Итого за семестр	36	108	144	
Итого	36	108	144	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
3 семестр			

Согласована на портале № 85352

1 Форматы хранения геометрии.	Форматы хранения геометрических данных: полигональные (STL, OFF, OBJ) и точные аналитические (STEP, IGES, BREP). Структура полигонального формата. Понятие поверхностного представления геометрии.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
2 Граничное представление геометрии.	Понятие граничного представления твёрдого тела. Иерархия топологических объектов: тело, оболочка, грань, ребро, вершина. Ориентация граней. Аналитическое и полигональное представление поверхностей.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
3 Методы трансформации 3D-модели.	Базовые методы трансформации трехмерной модели. Операции выдавливания и вращения плоских поверхностей.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
4 Булевы операции над геометрическими моделями.	Базовые логические операции над трехмерными телами: объединение, вычитание, пересечение. Алгоритм булевой операции на граничное представление. Вырожденные конфигурации и методы их обработки.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
5 Создание 3D-модели, пригодной для построения расчетной сетки.	Алгоритм построения 3D-модели. Дефекты геометрии. Методы устранения дефектов.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
6 Триангуляция Делоне.	Триангуляция Делоне. Двойственность диаграммы Вороного и триангуляции Делоне. Инкрементальный алгоритм Боуэра–Уотсона.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
7 Построение треугольной поверхностной расчётной сетки.	Открытые библиотеки создания треугольных поверхностных расчётных сеток. Параметры создания треугольной поверхностной расчетной сетки.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
8 Алгоритмы оценки качества треугольной поверхностной расчётной сетки.	Меры качества треугольного элемента. Коэффициенты γ и τ. Требования к качеству треугольной поверхностной расчётной сетки.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	

Согласована на портале № 85352

9 Влияние параметров построения на качество треугольной поверхностной расчётной сетки.	Зависимость качества треугольной поверхностной расчётной сетки от параметров построения сетки. Априорные и апостериорные индикаторы выбора элементов для уточнения.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
10 Экспорт треугольной поверхностной расчётной сетки.	Формат полигонального хранения расчетной сетки.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
11 Создание равномерной прямоугольной пространственной расчетной сетки.	Алгоритмы создания равномерных прямоугольных пространственных сеток. Особенности хранения объёмных элементов. Параметры дискретизации пространственной области.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
12 Создание неравномерной прямоугольной пространственной расчетной сетки.	Методы построения неравномерных прямоугольных пространственных сеток. Критерии выбора шага сетки в различных областях расчётной области.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
13 Уменьшение порядка сложных моделей для создания пространственных расчетных сеток.	Методы уменьшение порядка геометрических моделей.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
14 Поиск пересечений объектов.	Алгоритмы обнаружения пересечений геометрических объектов в пространстве. Обработка пересечений при создании расчётных сеток.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
15 Экспорт пространственной расчетной сетки.	Форматы экспорта прямоугольных пространственных расчётных сеток.	0	ПК-2, ПК-3
	Итого	-	
	Итого за семестр	-	
	Итого	-	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			

Согласована на портале № 85352

1 Форматы хранения геометрии.	Разбор структуры форматов хранения геометрических данных и реализация анализа и извлечения полигонального формата.	2	ПК-3
	Итого	2	
2 Граничное представление геометрии.	Построение примитивных геометрических моделей.	2	ПК-3
	Итого	2	
3 Методы трансформации 3D-модели.	Применение методов переноса, поворота и масштабирования геометрической модели.	2	ПК-3
	Построение тела вращения из образующей кривой.	2	ПК-3
	Итого	4	
4 Булевы операции над геометрическими моделями.	Получение составной геометрической модели с помощью булевых операций.	2	ПК-3
	Итого	2	
5 Создание 3D-модели, пригодной для построения расчетной сетки.	Построение произвольной 3D-модели.	2	ПК-3
	Итого	2	
6 Триангуляция Делоне.	Реализация алгоритма триангуляции Делоне. Создание двумерной треугольной расчетной сетки для простой плоской модели.	4	ПК-3
	Итого	4	
7 Построение треугольной поверхностной расчётной сетки.	Создание треугольной поверхностной расчетной сетки при различных параметрах.	2	ПК-3
	Итого	2	
8 Алгоритмы оценки качества треугольной поверхностной расчётной сетки.	Реализация алгоритмов оценки качества треугольной поверхностной расчётной сетки геометрической модели.	2	ПК-3
	Итого	2	
9 Влияние параметров построения на качество треугольной поверхностной расчётной сетки.	Исследование влияния параметров построения на качество треугольной поверхностной расчетной сетки. Локальное уточнение треугольной поверхностной расчетной сетки в заданных областях.	4	ПК-3
	Итого	4	
10 Экспорт треугольной поверхностной расчётной сетки.	Формат файла OFF: структура, секции вершин и полигонов.	2	ПК-3
	Итого	2	

Согласована на портале № 85352

11 Создание равномерной прямоугольной пространственной расчетной сетки.	Реализация алгоритма создания равномерной прямоугольной пространственной расчетной сетки.	2	ПК-3
	Итого	2	
12 Создание неравномерной прямоугольной пространственной расчетной сетки.	Реализация алгоритма создания неравномерной прямоугольной пространственной расчетной сетки.	2	ПК-3
	Итого	2	
13 Уменьшение порядка сложных моделей для создания пространственных расчетных сеток.	Применение методов уменьшения порядка геометрических моделей для оптимизации создания пространственных расчетных сеток.	2	ПК-3
	Итого	2	
14 Поиск пересечений объектов.	Реализация алгоритмов поиска пересечений геометрических моделей в пространстве.	2	ПК-3
	Итого	2	
15 Экспорт пространственной расчетной сетки.	Реализация экспорта пространственной расчетной сетки в формат, совместимый со сторонним вычислительным ядром.	2	ПК-3
	Итого	2	
	Итого за семестр	36	
	Итого	36	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Форматы хранения геометрии.	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		

Согласована на портале № 85352

2 Граничное представление геометрии.	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
3 Методы трансформации 3D-модели.	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
4 Булевы операции над геометрическими моделями.	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
5 Создание 3D-модели, пригодной для построения расчетной сетки.	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
6 Триангуляция Делоне.	Подготовка к зачету с оценкой	9	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	9	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	18		
7 Построение треугольной поверхностной расчётной сетки.	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
8 Алгоритмы оценки качества треугольной поверхностной расчётной сетки.	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	6	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
9 Влияние параметров построения на качество треугольной поверхностной расчётной сетки.	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
10 Экспорт треугольной поверхностной расчётной сетки.	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		

Согласована на портале № 85352

11 Создание равномерной прямоугольной пространственной расчетной сетки.	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
12 Создание неравномерной прямоугольной пространственной расчетной сетки.	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
13 Уменьшение порядка сложных моделей для создания пространственных расчетных сеток.	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
14 Поиск пересечений объектов.	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
15 Экспорт пространственной расчетной сетки.	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	6		
Итого за семестр		108		
Итого		108		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности		Формы контроля
	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-2		+	Зачёт с оценкой, Тестирование
ПК-3	+	+	Зачёт с оценкой, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
3 семестр				
Зачёт с оценкой	0	18	32	50
Тестирование	0	18	32	50

Согласована на портале № 85352

Итого максимум за период		36	64	100
Нарастающим итогом		36	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Компьютерная геометрия и графика: Учебное пособие / Б. А. Буймов - 2012. 108 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2437.

2. Компьютерная графика: Учебное пособие / Б. А. Люкшин - 2012. 127 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1864.

3. Боресков, А. В. Программирование компьютернои графики / А. В. Боресков. — Москва : ДМК Пресс, 2019. — 370 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/131728.

4. Долганова, Н. Ф. Вычислительная геометрия : учебное пособие / Н. Ф. Долганова. — Томск : ТГПУ, 2017. — 100 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/157359.

7.2. Дополнительная литература

1. Брытков, Е. В. Численное моделирование прочностных задач в среде ANSYS : учебное пособие / Е. В. Брытков. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2022. — 40 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/382265.

2. Мешихин, А. А. Моделирование деталей в CAD/CAM/CAE-системе Siemens NX : учебно-методическое пособие / А. А. Мешихин, П. Ю. Павлов, О. В. Железнов. — Ульяновск : УлГУ, 2020. — 80 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/199622.

3. Совертков, П. И. Компьютерное моделирование / П. И. Совертков. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 424 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/339761.

7.3. Учебно-методические пособия

Согласована на портале № 85352

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Вычислительная геометрия. Алгоритмы и приложения / д. Б. Марк, Ч. Отфрид, в. К. Марк, О. Марк ; перевод с английского А. А. Слинкин. — 3-е изд. — Москва : ДМК Пресс, 2017. — 438 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/105833.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебно-научная лаборатория микроэлектроники и фотоники: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 226/1 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Системный блок 1 1 шт.

Системный блок 2 14 шт.

Монитор 27" 15 шт.

Панель интерактивная LMP7502ELN Lumien 75EL

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Microsoft Office 2019;
- Microsoft Windows 10 Pro;
- PTC Mathcad 14;

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;

Согласована на портале № 85352

- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Форматы хранения геометрии.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Граничное представление геометрии.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Методы трансформации 3D-модели.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 85352

4 Булевы операции над геометрическими моделями.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Создание 3D-модели, пригодной для построения расчетной сетки.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Триангуляция Делоне.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Построение треугольной поверхностной расчётной сетки.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Алгоритмы оценки качества треугольной поверхностной расчётной сетки.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
9 Влияние параметров построения на качество треугольной поверхностной расчётной сетки.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
10 Экспорт треугольной поверхностной расчётной сетки.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
11 Создание равномерной прямоугольной пространственной расчетной сетки.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
12 Создание неравномерной прямоугольной пространственной расчетной сетки.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
13 Уменьшение порядка сложных моделей для создания пространственных расчетных сеток.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
14 Поиск пересечений объектов.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
15 Экспорт пространственной расчетной сетки.	ПК-2, ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 85352

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.

Согласована на портале № 85352

5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какой из перечисленных форматов хранит точное аналитическое описание геометрии (NURBS-поверхности, кривые), а не полигональную аппроксимацию?

1. STL
2. OBJ
3. STEP
4. OFF

2. В иерархии граничного представления (B-Rep) какой топологический объект непосредственно содержит геометрическое описание поверхности?

1. Solid
2. Shell
3. Face
4. Edge

3. Формула Родрига описывает:

1. Масштабирование тела вдоль произвольной оси
2. Поворот вокруг произвольной оси на заданный угол
3. Трансфинитную интерполяцию координат узлов сетки
4. Вычисление площади грани через якобиан отображения

4. На каком этапе алгоритма булевой операции над B-Rep-телами каждая грань одного операнда классифицируется как IN, OUT или ON относительно другого тела?

1. Этап пересечения
2. Этап классификации
3. Этап сборки
4. Этап валидации топологии

5. Какой инструмент применяется для устранения зазоров между несшитыми оболочками геометрической модели перед созданием расчётной сетки?

1. Инструмент диагностики и проверки корректности топологии модели
2. Инструмент сшивки смежных граней с заданным допуском на зазор
3. Инструмент вычисления массо-инерционных характеристик тела
4. Инструмент обхода топологической иерархии модели

6. Условие пустого описанного круга в триангуляции Делоне означает, что:

1. Все треугольники сетки являются равносторонними
2. Описанная окружность каждого треугольника содержит ровно три точки множества
3. Описанная окружность каждого треугольника не содержит внутри ни одной другой точки множества
4. Радиус описанной окружности минимален среди всех возможных триангуляций

7. Какой параметр создания треугольной поверхностной расчетной сетки управляет измельчением элементов в областях высокой кривизны поверхности?

1. Максимальный размер элемента
2. Коэффициент разрешения кривизны
3. Минимальный угол треугольника
4. Число итераций сглаживания

8. Коэффициент качества γ треугольного элемента равен 1 при условии, что треугольник является:

1. Прямоугольным
2. Тупоугольным
3. Равносторонним
4. Равнобедренным

9. Априорное локальное уточнение расчётной сетки основано на:

Согласована на портале № 85352

1. Вычислении остаточной невязки численного решения после выполнения расчёта
2. Равномерном измельчении всех элементов сетки до заданного минимального размера
3. Заранее известных геометрических характеристиках модели - локальной кривизне поверхности и характерных размерах элементов конструкции
4. Анализе градиента электрического тока в элементах расчётной сетки

10. В формате OFF порядок перечисления вершин грани определяет:
1. Идентификатор грани в глобальной нумерации
2. Тип поверхности (плоская, цилиндрическая и т.д.)
3. Направление нормали к грани по правилу правой руки
4. Цвет грани при визуализации

11. Входными параметрами равномерной прямоугольной расчетной сетки являются:
1. Список координат всех узлов и шаг расчетной сетки по отношению к длине волны λ
2. Точки расчетной модели и граничных условий, шаги Δx, Δy, Δz и число ячеек по каждому направлению
3. Точки расчетной модели и граничных условий, шаги Δx, Δy, Δz, число ячеек по каждому направлению и электрофизические параметры материалов
4. Дерево октантов с адаптивным разбиением

12. На что влияет минимальный размер ячейки при построении неравномерной прямоугольной сетки:
1. Время и точность моделирования
2. Выбор шага по времени для моделирования
3. Максимальное значение амплитуд диаграммы направленности
4. Количество вычисляемых частот

13. Критерием допустимости упрощения геометрической модели для сеткогенерации является:
1. Сохранение более 50%
2. Сохранение ключевых геометрических особенностей, влияющих на точность расчёта в заданном диапазоне частот
3. Сохранение менее 50%
4. Отсутствие граней длиной более 1 мм

14. Для корректной обработки пересечений двух геометрических моделей необходимо:
1. Знать электрофизические параметры второй модели
2. Определить внутреннюю и внешнюю модель
3. Разрешить пересечение через булевы операции
4. Применить равномерное измельчение сетки во всей области

15. Формат экспорта пространственной расчётной сетки должен содержать:
1. Координаты узлов сетки по всем осям, шаг дискретизации
2. Список треугольных поверхностных элементов с нормалями
3. Отдельные массивы координат узлов сетки для каждой модели
4. Массивы точек и соединений узлов сетки

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Опишите структуру бинарного формата STL. Чем полигональные форматы хранения геометрии отличаются от аналитических (STEP, IGES, BREP) с точки зрения точности и применимости в задачах численного моделирования?
2. Объясните иерархию топологических объектов в граничном представлении (B-Rep). Что такое ориентация грани и допуск геометрического объекта, и почему эти понятия критичны при подготовке модели к созданию расчетной сетки?
3. Запишите формулу Родрига для матрицы поворота вокруг произвольной оси. Чем операция вращения образующей кривой отличается от операции выдавливания как методы построения тел?
4. Опишите алгоритмы булевых операций над B-Rep-телами.
5. Перечислите типовые дефекты геометрической модели, препятствующие корректному созданию расчетной сетки. Какой конвейер диагностики и устранения дефектов применяется при подготовке модели?
6. Сформулируйте условие Делоне (условие пустого описанного круга). Опишите инкрементальный алгоритм Боуэра–Уотсона: основные шаги, определение полости,

Согласована на портале № 85352

вставка точки.

7. Перечислите основные параметры создания треугольной поверхностной сетки. Как параметр управления кривизной влияет на распределение элементов по поверхности модели?
8. Дайте определение коэффициентов качества γ и τ треугольного элемента. Каковы требования к значениям этих коэффициентов для расчётной сетки, используемой в методе моментов?
9. Опишите стратегию локального уточнения треугольной поверхностной расчётной сетки на основе коэффициента качества γ.
10. Опишите структуру формата файла OFF.
11. Опишите структуру входных данных равномерной прямоугольной пространственной сетки. За что отвечает каждый параметр?
12. В чём принципиальное отличие неравномерной прямоугольной сетки от равномерной? Опишите за что отвечают входные параметры.
13. Как определяется критерий допустимости упрощения с точки зрения сохранения точности расчёта? По какому принципу выбираются удаляемые точки?
14. Опишите методы обнаружения пересечений геометрических моделей в пространстве. Какие способы обработки пересечений применяются при построении расчётных сеток для численного моделирования?
15. Перечислите требования к формату экспорта пространственной расчётной сетки для вычислительного ядра на основе метода конечных разностей во временной области.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Согласована на портале № 85352

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;
– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 85352

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ
протокол № 3 от «21» 10 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe
Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe
Начальник учебного управления	Г.А. Цой	Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e

ЭКСПЕРТЫ:

Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	А.В. Жечева	Согласовано, 10222954-0bcd-4026-99f7-5b18919a1928
Заведующий кафедрой, каф. ТОР	Е.В. Рогожников	Согласовано, 89e0aaec-be8a-4f7b-bd1a-f43585db8135

РАЗРАБОТАНО:

Ассистент, каф. ТУ	Д.М. Мочалов	Разработано, be40b25f-6a34-48c6-a3b9-c7d73ed6e49c
Ассистент, каф. ТУ	С.В. Смирнов	Разработано, a44c63c4-6a23-4746-8d91-28b8646efbb3
Доцент, каф. ТУ	А.Е. Максимов	Разработано, beead506-cc3e-4e5e-a4a9-1483bcb7167b

Согласована на портале № 85352