

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное автономное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Национальный исследовательский**  
**Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от «16» января 2024г. №1

**Рабочая программа дисциплины**

**Геометрическое моделирование**

Уровень высшего образования

**Подготовка научных и научно-педагогических кадров**

Программа аспирантуры

**Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

Научная специальность

**1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

Форма обучения

**Очная**

Нижний Новгород

2024 год

## 1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Геометрическое моделирование» относится к числу элективных дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры и изучается на 2 году обучения в 5 семестре.

**Целью дисциплины** - ознакомить аспирантов моделями и методами геометрического моделирования, определить **роль геометрического моделирования в CAD системах.**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине**  
Выпускник, освоивший программу, должен

**ЗНАТЬ:**

современные научные достижения в области геометрического моделирования

**УМЕТЬ:**

Использовать современные научные достижения для решения исследовательских и практических задач

**ВЛАДЕТЬ:**

знаниями и навыками для решения задач в области геометрического моделирования

## 2. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем: (18 час. лекции и 18 час. практика), и 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

**Таблица 1**

**Структура дисциплины**

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов					
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Роль геометрического моделирования в CAD системах. Сплайны. Линейчатые поверхности и поверхности 2 порядка	20	4	4				12
2.Поверхности Кунса и Эрмита: Кривые и поверхности подразбиения. Рациональные сплайновые	24	6	6				12

поверхности							
3. Треугольные поверхности. Симплексные сплайны. Дифференциальная геометрия кривых и поверхностей	28	8	8				12
06	зачет						
Итого	72	18	18				36

### Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1.	1. Роль геометрического моделирования в CAD системах. Сплайны. Линейчатые поверхности и поверхности 2 порядка	<p>1) Основные понятия. Требования к геометрическим моделям, полнота геометрических и топологических данных. Основные способы геометрического моделирования: 2D-проекции и чертежи, Wireframe- (Каркасное), Surface- и Solid-моделирование.</p> <p>2) Полупространства. CSG - Constructive Solid Geometry. CSG Tree. Sweeping: Extrusion, Revolving. Boundary Representation (B-rep). Современные вызовы.</p> <p>Общие сведения о линейчатых поверхностях. Конические и цилиндрические поверхности, определитель поверхности. Торсовые поверхности. Поверхности Каталана: цилиндроид, коноид косая плоскость. Инженерный способ</p>	Лекции. Практические занятия.	Решение задач на практических занятиях

		<p>задания линейчатых поверхностей</p> <p>Эллиптический тип (эллипсоид); гиперболический тип (двухполостный и однополостный гиперболоид, конус – уравнения и вид); параболический тип (эллиптический параболоид, гиперболический параболоид).</p> <p>Поверхности 2 порядка как <math>l</math>-кратные линейчатые (определение <math>l</math>-кратности, однополостный гиперболоид и гиперболический параболоид – формулировка теорем)</p>		
2	2. Поверхности Кунса и Эрмита: Кривые и поверхности подразбиения. Рациональные сплайновые поверхности	<p>Линейные, обобщенные и кубические поверхности Кунса;</p> <p>Поверхности Эрмита: затягивающая остоу кривых; поверхность перехода;</p> <p>Поверхности, затягивающие сетку кривых заплатами Кунса.</p> <p>Алгоритм Чайкина. Один шаг подразбиения. Консолидированная математика одного шага. Локальная матрица подразбиения. Собственные векторы и значения. Оценочные маски.</p> <p>Алгоритм для кривых подразбиения. Производная подразбитой функции. Анализ</p>	Лекции. Практические занятия.	Решение задач на практических занятиях

		<p>касательных для 2D кривой. DLG схема интерполяции.</p> <p>Поверхности: Треугольные подразбиения. Маски усреднения, оценки и вычисления касательных. Алгоритм. Создание складки поверхности без обрезания кривых. Поверхностные схемы. Вершинные схемы. Интерполирующее подразбиение поверхностей</p>		
3	<p>3. Треугольные поверхности. Симплексные сплайны. Дифференциальная геометрия кривых и поверхностей</p>	<p>Преобразование координат точки и вектора в барицентрические координаты; треугольная билинейная поверхность; треугольная порция поверхности на трех кривых – треугольная поверхность Кунса;</p> <p>Треугольная поверхность Безье: геометрический смысл и свойство индексов <math>ijk</math> характеристической точки; формула в барицентрических координатах, примеры, криволинейный PN-треугольник;</p> <p>Алгоритм Де Кастельжо: рекуррентные соотношения для вычисления точки с координатами <math>a, b, c</math> по характеристическим точкам <math>P_{ijk}</math></p> <p>Увеличение числа характеристических точек треугольной поверхности Безье; треугольная рациональная поверхность Безье.</p> <p>В-сплайны на двумерной</p>	<p>Лекции. Практические занятия.</p>	<p>Решение задач на практических занятиях</p>

		<p>области определения, полуоткрытая выпуклая область, производная симплексного сплайна в направлении вектора <math>t</math>;</p> <p>примеры симплексных сплайнов.</p> <p>DMS поверхности; выражение для произвольной точки DMS поверхности через нормированные симплексные сплайны <math>(CC) N_{ijk}</math>.</p> <p>Условие регулярности параметрической кривой; Касательная к кривой; Соприкасающаяся плоскость и нормали к кривой; Соприкасающаяся окружность; Длина дуги кривой и Естественная параметризация; Кривизна и Кручение;</p> <p>Треугольник и Формулы Френе, их кинематическое истолкование; Натуральные уравнения кривой.</p> <p>Поверхности. Первая квадратичная форма.</p>		
--	--	---	--	--

### **3.Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся**

Контроль самостоятельной работы – практические занятия. При подготовке к занятиям обучающиеся изучают и повторяют разделы теоретического материала по конспектам и по учебникам и монографиям из списка литературы.

### **4. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине**

#### ***4.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.***

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

– уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные членами комиссии);

- умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;
- качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая сжатости);
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,
- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

**Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме зачета**

<b>Оценка</b>	<b>Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой</b>
<i>Зачтено</i>	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить проблемные ситуации в организации научных исследований, способность критически анализировать и сравнивать существующие подходы и методы к оценке результативности научной деятельности, свободное владение источниками, умение четко и ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.
<i>Не зачтено</i>	непонимание смысла ключевых проблем, недостаточное владение науковедческой терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации, неспособность анализировать и сравнивать существующие концепции, подходы и методы, неумение ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.

**42 Примеры вопросов для контроля самостоятельной работы:**

1. Роль геометрического моделирования в CAD системах. Основные понятия.
2. Сплайны. Однородные и барицентрические координаты, аффинные и выпуклые комбинации
3. Поверхности, затягивающие сетку кривых заплатами Кунса

**Примеры вопросов к зачету**

<p align="center"><b>1. Роль геометрического моделирования в CAD системах</b></p> <p>2. Основные понятия. Требования к геометрическим моделям, полнота геометрических и топологических данных. Основные способы геометрического моделирования: 2D-проекции и чертежи, Wireframe-(Каркасное), Surface- и Solid- моделирование.</p> <p>3. Полупространства. CSG - Constructive Solid Geometry. CSG Tree. Sweeping: Extrusion, Revolving. Boundary Representation (B-rep). New Challenges to Geometric Modeling</p>
<p align="center"><b>2. Сплайны.</b></p> <p>1. Однородные и барицентрические координаты, аффинные и выпуклые комбинации. Сплайны интерполяционные: Эрмита и Фергюссона, Кардинальный сплайн, Сплайн Кэтмул-Рома.</p> <p>2. Сплайны сглаживающие (smoothing splines): Безье, Безье по Кастельжо, свойства сплайнов Безье; В-сплайны и NURBS: Рекурсивное вычисление полиномиальных коэффициентов Кокса-де-Бура; равномерный В-сплайн; кратность узлов; свойства В-сплайнов.</p>
<p align="center"><b>3. Поверхности Кунса и Эрмита:</b></p>

### **Линейные, обобщенные и кубические поверхности Кунса;**

1. Поверхности Эрмита: затягивающая остов кривых; поверхность перехода;
2. Поверхности, затягивающие сетку кривых заплатами Кунса.

### **Примеры задач для практических занятий**

1. Задача преобразования координат точки и вектора в барицентрические координаты; треугольная билинейная поверхность; треугольная порция поверхности на трех кривых – треугольная поверхность Кунса;
2. Задача построения симплексных сплайнов

### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

#### **а) основная литература:**

1. Материалы лекций по модулю «Геометрическое моделирование»: сост. Турлапов В.Е. (<https://www.sites.google.com/site/turlapovveunn/geometricalmodeling>)
2. Голованов Н. Н. Геометрическое моделирование: учебник для учреждений высш. проф. обр-я / Н. Н. Голованов. - М.: Изд. центр «Академия», 2011. -272с.(5 экз.)
3. Голованов Н. Н. Геометрическое моделирование: учебник для учреждений высш. проф. обр-я / Н. Н. Голованов. - М.: Изд. «Физ.-мат. лит.», 2002. -472с. (5 экз.)

#### **б) дополнительная литература:**

1. Gerald Farin. Curves and Surfaces for CAGD. A Practical Guide. (5-th edition). Academic Press. 2002. -521p.

#### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

1. Библиотека алгоритмов на C++. D.F.Rogers. NURBS. C-code: [http://www.nar-associates.com/nurbs/c\\_code.html](http://www.nar-associates.com/nurbs/c_code.html)
2. Geometric Tools Engine: Official site for the Geometric Tools Engine, a library of source code for computing in the fields of mathematics, graphics, image analysis, and physics (<http://www.geometrictools.com/>)

### **6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Мультимедийная аудитория (ауд. 112 корпус 6), обеспеченная мультимедиа-проектором и экраном для проектора. Аудитория для самостоятельной работы (ауд. 110 корпус 6), обеспеченная компьютером с выходом в сеть Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника»

Автор д.т.н., профессор

Турлапов В.Е..

Рецензент д.т.н., профессор

Федосенко Ю.С.

Заведующий кафедрой профессор

Стронгин Р.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института информационных технологий, математики и механики от 01.12.2021 №2.