

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Геометрическое моделирование

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы  
Искусственный интеллект

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 Геометрическое моделирование относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
<p>ПК-10: Способен конвертировать результаты научно-исследовательских и/или опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта в области компьютерной графики и моделирования живых и технических систем</p> <p>(КГиМ), и обратно: способен обеспечить ИТ-проект необходимым исследованием и опытно-конструкторскими работами</p>	<p>ПК-10.1: Знает методы планирования в проектах малого и среднего уровня сложности в области ИТ</p> <p>ПК-10.2: Умеет проводить мониторинг и управление работами проекта в проектах малого и среднего уровня сложности в области ИТ</p> <p>ПК-10.3: Имеет практический опыт управления изменениями в проектах малого и среднего уровня сложности в области ИТ</p>	<p>ПК-10.1: Знать теоретические основы геометрического моделирования, обеспечивающие понимание и развитие современных ИТ; открытые библиотеки программ и системы геометрического моделирования.</p> <p>ПК-10.2: Уметь решать задачи геометрического моделирования в среде открытых или проприетарных библиотек программ и систем.</p> <p>ПК-10.3: Владеть навыками решения задач моделирования геометрических форм в интересах создания систем ИИ и решения прикладных задач.</p>	Практическая задача	Экзамен: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5

<b>Часов по учебному плану</b>	<b>180</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>32</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>16</b>
- КСР	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>94</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	Ф Ф	Ф Ф	Ф Ф	Ф Ф	Ф Ф
1. Роль геометрического моделирования в CAD системах	13	2	1	3	10
2. Сплайны	14	2	2	4	10
3. Линейчатые поверхности и поверхности 2 порядка	13	2	1	3	10
4. Поверхности Кунса и Эрмита	16	4	2	6	10
5. Кривые и поверхности подразбиения	16	4	2	6	10
6. Рациональные сплайновые поверхности	17	4	3	7	10
7. Треугольные поверхности	16	4	2	6	10
8. Симплексные сплайны	15	4	1	5	10
9. Дифференциальная геометрия кривых и поверхностей	22	6	2	8	14
Аттестация	36				
КСР	2				2
Итого	180	32	16	50	94

#### Содержание разделов и тем дисциплины

- Роль геометрического моделирования в CAD системах. Открытые системы ГМ.
  - 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.
  - Полупространства. CSG - Constructive Solid Geometry. CSG Tree. Sweeping: Extrusion, Revolving. Boundary Representation (B-rep). Современные вызовы. Открытые системы.

## 2 Сплаины.

- 1) Однородные и барицентрические координаты, аффинные и выпуклые комбинации. Сплаины интерполяционные: Эрмита и Фергюссона, Кардинальный сплайн, Сплайн Кэтмул-Рома.
- 2) Сплаины сглаживающие (smoothing splines): Безье, Безье по Кастельжо, свойства сплайнов Безье; B-сплайны и NURBS: Рекурсивное вычисление полиномиальных коэффициентов Кокса-де-Бура; равномерный B-сплайн; кратность узлов; свойства B-сплайнов.

## 3 Линейчатые поверхности и поверхности 2 порядка

- 1) Общие сведения о линейчатых поверхностях. Конические и цилиндрические поверхности, определитель поверхности. Торсовые поверхности. Поверхности Каталана: цилиндроид, коноид косая плоскость. Инженерный способ задания линейчатых поверхностей
- 2) Эллиптический тип (эллипсоид); гиперболический тип (двухполостный и однополостный гиперболоид, конус – уравнения и вид); параболический тип (эллиптический параболоид, гиперболический параболоид).
- 3) Поверхности 2 порядка как 1-кратные линейчатые (определение 1-кратности, однополостный гиперболоид и гиперболический параболоид – формулировка теорем)

4. Поверхности Кунса и Эрмита: Линейные, обобщенные и кубические поверхности Кунса; Поверхности Эрмита: затягивающая остоу кривых; поверхность перехода; Поверхности, затягивающие сетку кривых заплатами Кунса.

## 5. Кривые и поверхности подразбиения:

- 1) Алгоритм Чайкина. Один шаг подразбиения. Консолидированная математика одного шага. Локальная матрица подразбиения. Собственные векторы и значения. Оценочные маски. Алгоритм для кривых подразбиения. Производная подразбитой функции. Анализ касательных для 2D кривой. DLG схема интерполяции.
- 2) Поверхности: Треугольные подразбиения. Маски усреднения, оценки и вычисления касательных. Алгоритм. Создание складки поверхности без обрезания кривых. Поверхностные схемы. Вершинные схемы. Интерполирующее подразбиение поверхностей.

6. Рациональные сплайновые поверхности: Поверхность Безье и ее характеристический многогранник; рациональная поверхность Безье; рациональная поверхность Безье 2-го порядка в матричной форме; поверхности скругления; правила дифференцирования рациональных поверхностей. NURBS поверхности, понятие порядка и характеристического многогранника; примеры NURBS-поверхностей; понятие плазовой поверхности.

## 7. Треугольные поверхности:

- 1) Преобразование координат точки и вектора в барицентрические координаты; треугольная билинейная поверхность; треугольная порция поверхности на трех кривых – треугольная поверхность Кунса;
- 2) Треугольная поверхность Безье: геометрический смысл и свойство индексов  $ijk$  характеристической точки; формула в барицентрических координатах, примеры, криволинейный PN- треугольник;
- 3) Алгоритм Де Кастельжо: рекуррентные соотношения для вычисления точки с координатами  $a, b, c$  по характеристическим точкам  $P_{ijk}$
- 4) Увеличение числа характеристических точек треугольной поверхности Безье; треугольная рациональная поверхность Безье;

## 8. Симплексные сплайны:

- 1) B-сплайны на двумерной области определения, полуоткрытая выпуклая область, производная симплексного сплайна в направлении вектора  $t$ ;
- 2) примеры симплексных сплайнов.
- 3) DMS поверхности; выражение для произвольной точки DMS поверхности через нормированные

симплексные сплайны (CC) Nijk.

#### 9. Дифференциальная геометрия кривых и поверхностей.

Условие регулярности параметрической кривой; Касательная к кривой; Соприкасающаяся плоскость и нормали к кривой; Соприкасающаяся окружность; Длина дуги кривой и Естественная параметризация; Кривизна и Кручение; Трехгранник и Формулы Френе, их кинематическое истолкование; Натуральные уравнения кривой. Поверхности. Первая и вторая квадратичная форма

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

##### а) основная литература:

1) А.Иванов и др. Практикум по компьютерной геометрии.

(<http://www.intuit.ru/studies/courses/645/501/info>)

2) Ефимов Н. В. Высшая геометрия / Ефимов Н. В. - 7-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 584 с. - Рекомендовано Министерством образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов математических специальностей высших учебных заведений. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 5-9221-0267-2.

##### б) дополнительная литература:

1) Christoph M. Hoffmann. Fundamental Techniques for Geometric and Solid Modeling / Purdue University, 1991. -69p.

(<https://pdfs.semanticscholar.org/3cb3/3d91f299e5dd4c69f9f13619672d8202ecc8.pdf>)

2) Шульц Михаил Михайлович. Аналитическая и вычислительная геометрия : спецкурс : учеб.-метод. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки "Информ. технологии", "Приклад. математика и информатика" / ННГУ. - Н. Новгород : [б. и.], 2010 (Тип. ННГУ). - 125 с. - 80.00.

3) Макаров Е. М. Линейные и аффинные пространства в компьютерной геометрии : учебно-методическое пособие / Макаров Е. М. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2019. - 36 с. - Рекомендовано методической комиссией Института информационных технологий, математики и механики для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 01.03.01 «Математика», 02.03.01 «Математика и компьютерные науки». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Математика.

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

1) 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

(GTEngine, Boost Software License), (<http://www.geometrictools.com/>)

2) The Computational Geometry Algorithms Library (CGAL, GPL-license), ([www.cgal.org](http://www.cgal.org))

3) Курс: Создание графических моделей с помощью Open Graphics Library(OpenGL). ИНТУИТ (<http://www.intuit.ru/studies/courses/2313/613/info>)

г) теоретические основы (факультативно)

- 1) Gerald Farin. Curves and Surfaces for CAGD. A Practical Guide. (5-th edition). Academic Press. 2002. -521p.
- 2) Геометрическое моделирование: Учебное пособие / Н.Н. Голованов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 400 с.
- 3) Голованов Н. Н. Геометрическое моделирование: учебник для учреждений высш. проф. обр-я / Н. Н. Голованов. - М.: Изд. центр «Академия», 2011. -272с.
- 4) Голованов Н. Н. Геометрическое моделирование: учебник для учреждений высш. проф. обр-я / Н. Н. Голованов. - М.: Изд. «Физ.-мат. лит.», 2002. -472с.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ПК-10:**

- 1) Реализовать интерполяционный сплайн Эрмита и сглаживающий сплайн Безье, используя (или не используя) открытую библиотеку программ
- 2) Реализовать интерполяционный сплайн Сплайн Кэтмун-Рома, используя (или не используя) открытую библиотеку программ.
- 3) Реализовать сглаживание полигонального контура В-сплайном; исследовать свойства В-сплайнов, используя открытую библиотеку программ.
- 4) Реализовать Алгоритм Чайкина, итерационную и предельную маски В-сплайна, используя (или не используя) открытую библиотеку программ
- 5) Реализовать схему интерполяции (DLG) для управляющей ломаной.
- 6) Реализовать кубические поверхности Кунса, используя открытую библиотеку программ
- 7) Реализовать поверхности Эрмита, затягивающую остов кривых, как поверхность перехода, используя открытую библиотеку программ
- 8) Реализовать поверхности, затягивающие сетку кривых заплатами Кунса, как поверхность перехода, используя открытую библиотеку программ.
- 9) Реализовать треугольные подразбиения поверхности, заданной управляющей грубой сеткой, используя открытую библиотеку программ.
- 10) Реализовать интерполирующее подразбиение поверхности, заданной управляющей грубой сеткой, используя открытую библиотеку программ.
- 11) Реализовать рациональную поверхность Безье, используя открытую библиотеку программ.

12) Реализовать NURBS поверхность, используя открытую библиотеку программ.

13) Реализовать преобразование координат точки и вектора в барицентрические координаты и треугольную поверхность Безье криволинейного PN- треугольника, используя открытую библиотеку программ, а также детализацию PN-треугольника

### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическая задача)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Лабораторная работа выполнена практически в полном объеме и в срок; результаты работы программы корректны на тестовых примерах или проведен требуемый вычислительный эксперимент; результаты работы представлены преподавателю; исполнитель может объяснить действия команд программы и внести простые изменения в алгоритм по требованию преподавателя.
не зачтено	Работа не выполнена или выполнена не в полном объеме (программа работает некорректно, не проведены заданные вычислительные эксперименты); результаты работы не представлены преподавателю или представлены с существенным нарушением срока; исполнитель не может объяснить действия команд программы и не может внести простые изменения в алгоритм по требованию преподавателя.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены все	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи.

	отказа обучающегося от ответа	место грубые ошибки	негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

**5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

**5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-10**



## 1. Роль геометрического моделирования в CAD системах

1.1. 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.

1.2. Полупространства. CSG - Constructive Solid Geometry. CSG Tree. Sweeping: Extrusion, Revolving. Boundary Representation (B-rep). New Challenges to Geometric Modeling

2. Открытые системы и библиотеки геометрического моделирования.

## 3. Сплаины

3.1. Однородные и барицентрические координаты, аффинные и выпуклые комбинации. Сплаины интерполяционные: Эрмита и Фергюссона, Кардинальный сплайн, Сплайн Кэтмул-Рома.

3.2. Сплаины сглаживающие (smoothing splines): Безье, Безье по Кастельжо, свойства сплайнов Безье; B-сплайны и NURBS: Рекурсивное вычисление полиномиальных коэффициентов Кокса-де-Бура; равномерный B-сплайн; кратность узлов; свойства B-сплайнов.

## 4. Линейчатые поверхности

4.1. Общие сведения о линейчатых поверхностях. Конические и цилиндрические поверхности, определитель поверхности. Торсовые поверхности. Поверхности Каталана: цилиндроид, коноид косая плоскость. Инженерный способ задания линейчатых поверхностей

## 5. Поверхности 2 порядка

5.1. эллиптический тип (эллипсоид); гиперболический тип (двухполостный и однополостный гиперболоид, конус – уравнения и вид); параболический тип (эллиптический параболоид, гиперболический параболоид).

5.2. Поверхности 2 порядка как 1-кратные линейчатые (определение 1- кратности, однополостный гиперболоид и гиперболический параболоид – формулировка теорем)

## 6. Поверхности Кунса и Эрмита:

6.1. Линейные, обобщенные и кубические поверхности Кунса;

6.2. Поверхности Эрмита: затягивающая остоу кривых; поверхность перехода;

6.3. Поверхности, затягивающие сетку кривых заплатами Кунса

## 7. Кривые подразбиения

7.1. Алгоритм Чайкина. Один шаг подразбиения. Консолидированная математика одного шага. Локальная матрица подразбиения. Собственные векторы и значения. Оценочные маски.

7.2. Алгоритм для кривых подразбиения. Производная подразбитой функции. Анализ касательных для 2D кривой. DLG-схема интерполяции.

## 8. Поверхности подразбиения:

8.1. Треугольные подразбиения. Маски усреднения, оценки и вычисления касательных. Алгоритм.

8.2. Создание складки поверхности без обрезания кривых. Поверхностные схемы. Вершинные схемы. Интерполирующее подразбиение поверхностей.

## 9. Рациональные сплайновые поверхности

9.1. Поверхность Безье и ее характеристический многогранник; рациональная поверхность Безье; рациональная поверхность Безье 2-го порядка в матричной форме;

9.2. поверхности скругления; правила дифференцирования рациональных поверхностей.

9.3. NURBS поверхности, понятие порядка и характеристического многогранника; примеры NURBS-поверхностей; понятие плазовой поверхности.

## 10. Треугольные поверхности

10.1. преобразование координат точки и вектора в барицентрические координаты; треугольная билинейная поверхность; треугольная порция поверхности на трех кривых – треугольная поверхность Кунса;

10.2. треугольная поверхность Безье: геометрический смысл и свойство индексов  $ijk$  характеристической точки; формула в барицентрических координатах, примеры, криволинейный PN- треугольник;

10.3. алгоритм Де Кастельжо: рекуррентные соотношения для вычисления точки с координатами  $a, b, c$  по характеристическим точкам  $P_{ijk}$

10.4. увеличение числа характеристических точек треугольной поверхности Безье; треугольная рациональная поверхность Безье;

## 11. Симплексные сплайны:

11.1. B-сплайны на двумерной области определения, полуоткрытая выпуклая область, производная симплексного сплайна в направлении вектора  $t$ ;

11.2. Примеры симплексных сплайнов.

11.3. DMS поверхности; выражение для произвольной точки DMS поверхности через нормированные симплексные сплайны (CC)  $N_{ijk}$ .

## 12. Дифференциальная геометрия кривых и поверхностей.

12.1. Условие регулярности параметрической кривой; Касательная к кривой; Соприкасающаяся плоскость и нормали к кривой; Соприкасающаяся окружность; Длина дуги кривой и Естественная параметризация; Кривизна и Кручение;

12.2. Треугольник и Формулы Френе, их кинематическое истолкование;

Натуральные уравнения кривой.

**Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент дал развернутый ответ на все вопросы и при этом продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент дал развернутый ответ на все вопросы.
очень хорошо	Студент дал ответ на все вопросы, возможно с незначительными недочетами.
хорошо	Студент ответил на большую часть вопросов с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент ответил на большую часть вопросов с существенными недочетами.
неудовлетворительно	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

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

Основная литература:

1. Ефимов Н. В. Высшая геометрия / Ефимов Н. В. - 7-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 584 с. - Рекомендовано Министерством образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов математических специальностей высших учебных заведений. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 5-9221-0267-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=665711&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Шульц Михаил Михайлович. Аналитическая и вычислительная геометрия : спецкурс : учеб.-метод. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки "Информ. технологии", "Приклад. математика и информатика" / ННГУ. - Н. Новгород : [б. и.], 2010 (Тип. ННГУ). - 125 с. - 80.00., 100 экз.

2. Макаров Е. М. Линейные и аффинные пространства в компьютерной геометрии : учебно-методическое пособие / Макаров Е. М. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2019. - 36 с. - Рекомендовано методической комиссией Института информационных технологий, математики и механики для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 01.03.01 «Математика», 02.03.01 «Математика и компьютерные науки». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Математика.,

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=709379&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Используется только открытое программное обеспечение, установленное на персональных компьютерах обучающихся:

- 1) MS Windows XP|8|10 установленная на персональном компьютере обучающегося
- 2) MS Visual Studio Community 2017 или MS Visual Studio Express 2015 для Web (<https://www.microsoft.com/ru-ru/SoftMicrosoft/vs2015Web.aspx>) – бесплатная версия (на персональном компьютере обучающегося).
- 3) GTEngine - Geometric Tools Engine <http://www.geometrictools.com//> Лицензия BSL ([https://www.geometrictools.com/License/Boost/LICENSE\\_1\\_0.txt](https://www.geometrictools.com/License/Boost/LICENSE_1_0.txt))
- 4) CGAL ([www.cgal.org](http://www.cgal.org)) – Computer Geometry Algorithms Library (лицензия: LGPL, GPL)
- 5) Желательно наличие NVIDIA CUDA актуальной версии.
- 6) OpenNURBS Initiative: <https://www.rhino3d.com/opennurbs> (лицензия: LGPL). The openNURBS Initiative provides CAD, CAM, CAE, and computer graphics software developers the tools to accurately transfer 3D geometry between applications.
- 7) Библиотека алгоритмов на C++ DFRogers\_NURBS\_C-kode: [http://www.narassociates.com/nurbs/c\\_code.html](http://www.narassociates.com/nurbs/c_code.html) (лицензия: BSD)

В компьютерном классе используется лицензионное программное обеспечение:

- Операционные системы семейства Microsoft Windows, лицензия по подписке Microsoft Imagine.
- Среда разработки семейства Microsoft Visual Studio, лицензия по подписке Microsoft Imagine.

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Турлапов Вадим Евгеньевич, доктор технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.