

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра дифференциальных уравнений

УТВЕРЖДАЮ

Декан математического факультета



Нестеров П.Н.

21 мая 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Математические основы 3D-моделирования**

Направление подготовки (специальности)  
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)  
«Прикладное программирование и информационные технологии»

Форма обучения очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от 19 апреля 2024 г., протокол № 8

Программа одобрена НМК  
математического факультета  
протокол № 9 от 3 мая 2024 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина "Математические основы 3D-моделирования" обеспечивает приобретение знаний и умений в соответствии с государственным образовательным стандартом. Целью курса «Математические основы 3D-моделирования» являются ознакомление студентов с математическим аппаратом, необходимым для 3D-моделирования. Обсуждается применение данного аппарата для решения актуальных практических задач.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, и является элективной дисциплиной. Дисциплина "Математические основы 3D-моделирования" входит в цикл дисциплин, которые обеспечивают овладение аналитическими и численными методами, необходимыми для подготовки специалиста-математика. Она основывается на знаниях, полученных слушателями при изучении дисциплин "Математический анализ", "Алгебра," "Функциональный анализ." Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины "Математические основы 3D-моделирования", используются при изучении общепрофессиональных дисциплин, а также ряда специальных дисциплин. Данная дисциплина является дисциплиной по выбору.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Профессиональные компетенции</b>		
<b>ПК-2</b> Способен понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	<b>И-ПК-2.1</b> Обладает устойчивыми знаниями в области основных математических дисциплин, их аппарата и результатов <b>И-ПК-2.2</b> Обладает способностью применять современный математический аппарат в решении различных задач <b>И-ПК-2.3</b> Способен совершенствовать свои навыки, связанные с применением современного	<b>Знать:</b> методы линейной алгебры и геометрии, а также численные методы, необходимые для работы с триангулированными поверхностями. <b>Уметь:</b> - разрабатывать методы обработки сигналов на основе гармонического анализа, - реализовывать эти методы на языке программирования высокого уровня. <b>Владеть навыками:</b> использования математического аппарата для решения прикладных задач в будущей профессиональной деятельности.

	математического аппарата	
--	--------------------------	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 акад. часа.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Вводная лекция. Основные понятия алгебры и геометрии. Пространство $R^3$ , скалярное, векторное и смешанное произведение векторов.	8	1	4				3	
2	Кватернионы: основные свойства. Применение кватернионов в компьютерной графике и 3d-моделировании.	8	1	4		1		3	
3	Реализация классов, необходимых для осуществления основных операций с 3d-моделями.	8	1	4				3	
4	Основные форматы хранения 3D-моделей.	8	1	4		1		3	Контрольная работа
5	Триангуляции и триангулированные поверхности. Структуры данных для представления триангуляции.	8	1	4				3	
6	Задача 3d-печати и 3d- сканирования. Основные инструменты необходимые для обработки моделей.	8	1	4		1		3	
7	Алгоритмы построения триангулированной поверхности по облаку точек.	8	1	4				3	
8	Булевы операции на	8	1	4		1		3	Контрольная работа

	триангулированных поверхностях.								
							0,3	3,7	зачет
	Итого		8	32		4	0,3	27,7	

## 5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по закреплению полученных на лекции знаний.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

## 6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

## 7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

- Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)
- Электронная библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com>
- Электронная библиотечная система «Юрайт» <https://urait.ru>
- Электронная библиотечная система «Консультант студента»  
<https://www.studentlibrary.ru>

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и ее применение. - Томск, ТГУ, 2022.  
[https://indorsoft.ru/books/2002/SkvortsovAV-2002-01.Book\(Trn\).pdf](https://indorsoft.ru/books/2002/SkvortsovAV-2002-01.Book(Trn).pdf)
2. Скворцов А. В., Мирза Н. С. Алгоритмы построения и анализа триангуляции. - Томск, ТГУ, 2006 [https://indorsoft.ru/books/2006/SkvortsovAV-2006-08.Book\(Trn\).pdf](https://indorsoft.ru/books/2006/SkvortsovAV-2006-08.Book(Trn).pdf)

### **б) дополнительная литература**

1. Арнольд В. И. Геометрия комплексных чисел, кватернионов и спинов. - Москва, МЦНМО, 2002. <https://mccme.ru/free-books/izdano/2002/VIA-kvatern.pdf>
2. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: введение. - Москва “Мир” 1989. [http://lib.ysu.am/open\\_books/50477.pdf](http://lib.ysu.am/open_books/50477.pdf)

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

### **Автор(ы) :**

Старший преподаватель  
кафедры дифференциальных уравнений

Преображенский И. Е.

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Математические основы 3D-моделирования»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,  
используемые в процессе текущей аттестации**

1. Реализовать классы для работы с векторами, кватернионами, отрезками, прямыми, многоугольниками, многогранниками триангулированными поверхностями.
2. Реализовать основные функции для работы с векторами, кватернионами, отрезками, прямыми, многоугольниками, многогранниками триангулированными поверхностями.
3. Реализовать построение модели для 3d-печати и сохранить ее в формате ply.
4. Реализовать алгоритм выполнения булевых операций для триангулированных поверхностей.

Список заданий прилагается отдельным файлом.

**2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**

1. Основные понятия алгебры и геометрии. Пространство  $R^3$ , скалярное, векторное и смешанное произведение векторов.
2. Кватернионы: основные свойства. Применение кватернионов в компьютерной графике и 3d-моделировании.
3. Реализация классов, необходимых для осуществления основных операций с 3d-моделями.
4. Основные форматы хранения 3D-моделей.
5. Триангуляции и триангулированные поверхности. Структуры данных для представления триангуляции.
6. Задача 3d-печати и 3d-сканирования. Основные инструменты необходимые для обработки моделей.
7. Алгоритмы построения триангулированной поверхности по облаку точек.
8. Булевы операции на триангулированных поверхностях. Постановка задач, алгоритмы решения.

**3. Перечень компетенций, этапы их формирования,  
описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах  
их формирования, описание шкалы оценивания**

**3.1 Шкала оценивания сформированности компетенций и ее описание**

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трехуровневой шкале:

**Пороговый уровень** - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

**Продвинутый уровень** - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

**Высокий уровень** - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.

### 3.2 Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Код компетенции	Форма контроля	Этапы формирования (№ темы (раздела))	Показатели оценивания	Шкала и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования		
				Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Профессиональные компетенции						
ПК-2	Экзамен	<p><u>Знать:</u> Основные понятия алгебраические и геометрические понятия, необходимые для работы с 3d-моделями.</p> <p><u>Уметь:</u> использовать и разрабатывать и методы работы с 3d-моделями.</p> <p>Уметь реализовывать эти методы на языке программирования высокого уровня.</p> <p><u>Владеть навыками:</u> использования математического аппарата для решения прикладных задач.</p>	<p>Знать свойства геометрических объектов.</p> <p>Умение формулировать основные задачи работы с 3d-моделями.</p> <p>Умение применять простейшие методы работы с 3d-моделями.</p> <p><u>Владеть навыками:</u> выполнения 3d-сканирования и 3d-печати.</p>	<p>1. Знание основные методы вычисления и построения геометрических моделей.</p> <p>2. Умение формулировать основные задачи работы с 3d-моделями и реализовывать основные алгоритмы.</p> <p>3. Умение применять методы обработки 3d-моделей к практическим задачам</p> <p>Владеть навыками: использования математического аппарата для решения прикладных задач.</p>	<p>1. Знание основные методы вычисления и построения геометрических моделей, а также границ их практической применимости.</p> <p>Уметь оценивать трудоемкость алгоритмов</p> <p>2. Уметь оценивать трудоемкость основных алгоритмов.</p> <p>Реализовывать основные классы, необходимые для работы с 3ed-моделями</p> <p>3. Уметь применять методы обработки 3d-моделей к практическим задачам</p> <p>Владеть навыками: использования математического аппарата для решения прикладных задач.</p>	

### 3.3. Критерии оценивания степени овладения знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности, определяющие уровни сформированности компетенций

**Пороговый уровень** (общие характеристики):

- владение основным объемом знаний по программе дисциплины;

- знание основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы без существенных ошибок;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- знание базовых теорий, концепций и направлений по изучаемой дисциплине;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.

#### **Продвинутый уровень (общие характеристики):**

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме программы дисциплины;
- использование основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

#### **Высокий уровень (общие характеристики):**

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины;
- точное использование терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- безупречное владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

### **3.4. Описание процедуры выставления оценки**

В зависимости от уровня сформированности каждой компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка. Для дисциплин, изучаемых в течение нескольких семестров, оценка может выставляться не только по окончании ее освоения, но и в промежуточных семестрах. Вид оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «незачтено») определяется рабочей программой дисциплины в соответствии с учебным планом.



Оценка «отлично» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на продвинутом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «зачет» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

## **Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Математические основы 3D-моделирования»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» являются лекции. Это связано с тем, что в основе численных методов лежит серьезный математический аппарат, требующий детального разбора. По большинству тем предусмотрены практические занятия, преимущественно в форме лабораторных работ, на которых студенты реализуют на ЭВМ основные численные методы, изучаемые в курсе.

В конце семестра студенты сдают зачет. Зачет выставляется по результатам выполнения лабораторных работ, а также выполняется контрольная работа, чтобы проверить знание теоретического материала.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» самостоятельно студенту затруднительно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.