

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.Г. Прохоренко

«05» декабря 2023 г.

Регистрационный № УД – 476/б.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

6-05-0533-11 Прикладная информатика

профилизации специальности:

Информационные аналитические системы

Программное обеспечение информационных систем

Комплексное проектирование и управление жизненным циклом

сложных информационных систем

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 6-05-0533-11-2023, примерного учебного плана № 6-05-05-029/пр. от 30.01.2023, учебных планов БГУ: № 6-5.3-59/03, № 6-5.3-59/04, № 6-5.3-59/05 от 15.05.2023, № 6-5.3-59/01ин, № 6-5.3-59/02ин, №6-5.3-59/03ин. от 31.05.2023.

СОСТАВИТЕЛИ:

С.В. ШОЛТАНЮК, старший преподаватель кафедры компьютерных технологий и систем Белорусского государственного университета.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Б.А. ЗАЛЕССКИЙ, заведующий лабораторией обработки и распознавания изображений Объединённого института проблем информатики Национальной академии наук Беларуси, доктор физико-математических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой компьютерных технологий и систем
(протокол № 4 от 20.11.2023);

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 3 от 30.11.2023)

Заведующий кафедрой _____



В.В. Казачёнок

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины «Математические методы компьютерной графики» – ознакомить студентов с математическими методами графического представления разнообразных объектов, особенностями их моделирования и визуализации, обусловленными свойствами самих объектов, их расположением и сферами применения полученных изображений.

Задачи учебной дисциплины:

1. Закрепить ранее изученные и изучить новые математические модели основных геометрических объектов, их взаиморасположения и взаимодействия;
2. Изучить основные преобразования геометрических пространств, широко используемые при моделировании и визуализации компьютерной графики;
3. Сформировать навыки решения типовых задач в области компьютерной графики.

Место учебной дисциплины. В системе подготовки специалиста с высшим образованием учебная дисциплина относится к модулю «Компьютерная графика» компонента учреждения образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Дисциплина «Математические методы компьютерной графики» тесно связана со следующими дисциплинами:

- Модуль «Высшая математика»: «Аналитическая геометрия», «Алгебра и теория чисел» и «Математический анализ»;
- Модуль «Дискретная математика и алгоритмы»: «Теория графов» и «Алгоритмы и структуры данных»;
- «Методы вычислений».

Методы, излагаемые в данном курсе, используются в дисциплине «Программирование компьютерной графики».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Математические методы компьютерной графики» должно обеспечить формирование следующих базовых профессиональных и специализированных компетенций:

базовые профессиональные компетенции:

БПК-1. Применять аппарат дифференциального и интегрального исчисления, методы аналитической геометрии и линейной алгебры для построения математических моделей и решения прикладных задач;

специализированные компетенции:

СК-2. Применять полученные теоретические и практические навыки для решения задач компьютерной графики в профессиональной деятельности.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- типы компьютерной графики;
- основные математические модели геометрических объектов;
- методы и алгоритмы определения их расположения относительно друг друга и наблюдателя;
- особенности визуализации геометрических объектов и их свойств (цвета, освещения, прозрачности);

уметь:

- строить математические модели геометрических объектов;
- выбирать и применять методы и алгоритмы визуализации для решения типовых задач вычислительной геометрии и компьютерной графики;

владеть:

- основными методами и алгоритмами моделирования и визуализации геометрических объектов.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается во 2 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Математические методы компьютерной графики» отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 216 часов, в том числе 102 аудиторных часа, из них: лекции – 68 часов, лабораторные занятия – 30 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Введение в компьютерную графику

Тема 1.1. Введение в компьютерную графику

Определение и основные задачи компьютерной графики. Место компьютерной графики в современной информатике. Области применения компьютерной графики. История развития компьютерной графики. Интерактивная компьютерная графика. Виды компьютерной графики.

Раздел 2. Математические основы компьютерной графики

Тема 2.1. Моделирование элементарных геометрических объектов

Элементарные объекты: прямая, отрезок прямой, луч, полигон. Алгоритмы определения свойств и взаимного расположения объектов на плоскости и в пространстве. Алгоритмы генерации случайных полигонов.

Тема 2.2. Аффинные преобразования

Линейное преобразование, его основные свойства. Матрица линейного преобразования. Аффинные преобразования. Простейшие аффинные преобразования: перенос, поворот, масштабирование, вращение. Методы расчёта матриц сложных преобразований.

Тема 2.3. Проективные преобразования

Системы координат в компьютерной графике. Классификация проекций. Типы параллельных проекций. Свойства параллельных проекций. Типы центральных (перспективных) проекций. Однородные координаты. Свойства центральных проекций. Точки схода.

Раздел 3. Основные алгоритмы вычислительной геометрии

Тема 3.1. Алгоритмы отсечения и удаления невидимых линий и поверхностей

Отсечение отрезков. Алгоритм Коэна-Сазерленда. Алгоритм Лианга-Барски. Алгоритм Кируса-Бека. Алгоритм Николла-Ли-Николла.

Алгоритмы отсечения полигонов. Алгоритм Сазерленда-Ходжмана. Алгоритм Вейлера-Азертонна.

Алгоритмы отсечения полиэдров. Алгоритм Робертса и его модификации. Алгоритм Варнока. Алгоритм художника. Алгоритм z-буфера.

Тема 3.2. Базовые растровые алгоритмы

Введение в растеризацию линий. Алгоритм DDA-линии (цифровой дифференциальный анализатор). Алгоритм Брезенхема. Алгоритм Кастла-Питвея. Растеризация со сглаживанием (антиалиасингом). Алгоритм Ву. Растеризация окружностей и эллипсов.

Тема 3.3. Построение выпуклой оболочки

Алгоритмы построения выпуклой оболочки для множества точек на плоскости. Алгоритмы Джарвиса, Грэхема, Эндрю, «быстрой оболочки».

Тема 3.4. Триангуляция

Понятие триангуляции. Структуры данных для представления триангуляции. Триангуляция полигона. Триангуляция хордами. Триангуляция по диагоналям. Триангуляция методом «отрезания ушей». Контролируемая триангуляция полигона.

Триангуляция множества точек. Оптимальная триангуляция. Жадный алгоритм. Триангуляция Делоне, её свойства. Классификация алгоритмов построения триангуляции Делоне. Итеративные алгоритмы. Алгоритмы построения триангуляции Делоне слиянием. Алгоритмы прямого построения триангуляции Делоне.

Тема 3.5. Алгоритмы геометрической оптики

Основные задачи и базовые законы геометрической оптики. Метод трассировки лучей. Понятие световой энергии.

Пересечение луча с поверхностью. Отражение и преломление луча. Закон Бугера прохождения света через непрозрачную среду.

Лучевые методы моделирования оптических эффектов и их свойства. Тень, отражение, преломление геометрических объектов. Геометрические и вычислительные особенности оптических эффектов.

Раздел 4. Математические модели линий, поверхностей и объектов

Тема 4.1. Приближение линий и поверхностей

Кривизна и кручение линии. Интерполяция линий и поверхностей методом Лагранжа, методом наименьших квадратов. Кривые и поверхности Безье. Сплаины. Билинейная интерполяция.

Тема 4.2. Визуализация поверхностей в пространстве

Способы классификации моделей поверхностей. Методы изображения поверхностей. Построение каркаса для каркасной поверхности.

Моделирование кинематических поверхностей. Поверхности элементарных преобразований. Моделирование рёбер и желобов при помощи кинематических поверхностей. Восстановление кинематических элементов поверхности.

Линейчатые поверхности. Развёртка поверхностей.

Тема 4.3. Модели цвета и освещения

Цвет как характеристика восприятия света зрением человека. Физические и биологические предпосылки восприятия цвета человеком.

Понятие цветовой модели. Классификация цветовых моделей. Понятие цветового пространства.

Аддитивная цветовая модель RGB. Субтрактивная цветовая модель CMY и ее модификация CMYK. Стандартные цветовые пространства и преобразования между ними. Перцепционные модели HSB и HSL и их геометрическая интерпретация. Аппаратно-независимые цветовые модели и их применение.

Тема 4.4. Моделирование освещения и закраски поверхностей

Факторы, влияющие на закраску поверхности. Типы источников света. Фоновое освещение. Диффузное и направленное (зеркальное) отражение и преломление светового луча. Поглощение световой энергии. Блики.

Функция закраски Фонга. Методы закраски: однотонная закраска, метод Гуро, метод Фонга.

Использование текстур для закраски поверхностей.

Тема 4.5. Моделирование трехмерных тел

Понятие трёхмерного объекта. Каркасные, граничные (поверхностные) и сплошные модели трёхмерных объектов. Построение и свойства каркаса трёхмерного объекта. Граничная модель объекта. Свойства, обусловленные границей объекта. Воксельные и конструктивные модели. Операции со множествами, используемые при визуализации конструктивных моделей.

Модели полиэдров: «рёбра», «вершины + рёбра», «грани», «вершины + грани».

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	Введение в компьютерную графику							
1.1	Введение в компьютерную графику	2						Отчёт по аудиторным и домашним практическим упражнениям с их устной защитой
2	Математические основы компьютерной графики							
2.1	Моделирование элементарных геометрических объектов	10			6			Отчёт
2.2	Аффинные преобразования	6			4			Отчёт
2.3	Проективные преобразования	6			4			Коллоквиум
3	Основные алгоритмы вычислительной геометрии							
3.1	Алгоритмы отсечения и удаления невидимых линий и поверхностей	6			4			Отчёт
3.2	Базовые растровые алгоритмы	4			2			Отчёт
3.3	Построение выпуклой оболочки	4			2			Отчёт
3.4	Триангуляция	6			2		2	Контрольная работа

3.5	Алгоритмы геометрической оптики	6			4			Отчёт
4	Математические модели линий, поверхностей и объектов							
4.1	Приближение линий и поверхностей	6			1			Отчёт
4.2	Визуализация поверхностей в пространстве	2					1	Отчёт
4.3	Модели цвета и освещения	4			1			Отчёт
4.4	Моделирование освещения и закраски поверхностей	4					1	Контрольная работа
4.5	Моделирование трехмерных тел	2						Коллоквиум
ВСЕГО		68			30		4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Геометрия и алгебра : электронный учебно-методический комплекс для специальностей: 1-31 03 03 «Прикладная математика (по направлениям)», 1-31 03 04 «Информатика», 1-31 03 05 «Актуарная математика», 1-31 03 06-01 «Экономическая кибернетика (по направлениям)», 1-98 01 01-01 «Компьютерная безопасность (по направлениям)» / БГУ, Фак. прикладной математики и информатики, Каф. высшей математики ; сост.: Г. П. Размыслович, А. В. Филиппов. – Минск : БГУ, 2020. – 2803 с. : – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/242860>. – Дата доступа: 31.10.2023.

2. Никулин, Е.А. Компьютерная графика. Модели и алгоритмы : учебное пособие для студентов направления подготовки "Информатика и вычислительная техника" / Е. А. Никулин. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2023. – 706 с. – URL: <https://reader.lanbook.com/book/213038#1>.

3. Никулин, Е.А. Компьютерная графика. Оптическая визуализация : учеб. пособие для студ. напр. подготовки "Информатика и вычислительная техника" / Е. А. Никулин. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2023. – 196 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/320786>.

4. Размыслович, Г.П. Геометрия и алгебра. Практикум : учеб. пособие для студ. учреждений высш. образования по спец. "Прикладная математика", "Информатика", "Актуарная математика" и напр. спец. "Экономическая кибернетика", "Комп. безопасность", "Прикладная информатика" / Г. П. Размыслович, А. В. Филиппов, В. М. Ширяев. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 382 с.

5. Математические методы компьютерной графики : электронный учебно-методический комплекс для специальности: 6-05-0533-11 «Прикладная информатика», профилизация «Информационные аналитические системы». В 3 ч. Ч. 1. Математические основы компьютерной графики / С. В. Шолтанюк ; БГУ, Фак. прикладной математики и информатики, Каф. компьютерных технологий и систем. – Минск : БГУ, 2023. – 240 с. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/303481>. – Дата доступа: 31.10.2023.

Перечень дополнительной литературы

1. Васильков, Д.М. Геометрическое моделирование и компьютерная графика: вычислительные и алгоритмические основы [Электронный ресурс]: курс лекций / Д. М. Васильков. – Минск: БГУ, 2011. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/27612>. – Дата доступа: 31.10.2023.

2. Вычислительная геометрия. Алгоритмы и приложения = Computational Geometry: Algorithms and Applications. / М. Берг [и др.]. – М.: ДМК-Пресс, 2016. – 438 с.

3. Павлидис, Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. / Т. Павлидис – М.: Радио и связь, 1986. – 395 с.

4. Препарата, Ф. Вычислительная геометрия: Введение = Computational Geometry An introduction. / Ф. Препарата, М. Шеймос – М.: Мир, 1989. – 478 с.
5. Роджерс, Д. Математические основы машинной графики: Пер. с англ. / Д. Роджерс, Дж. Адамс. – М.: Мир, 2001. – 604 с., ил.
6. Таранчук, В. Б. Современные средства Wolfram МАТНЕМАТІСА и их применение при преподавании компьютерной графики [Электронный ресурс] / В. Б. Таранчук, В. А. Кулинкович // Сетевое научное издание "Информационные ресурсы, системы и технологии". – 2015. – Режим доступа: <http://irsit.ru/article462>. – Дата доступа: 31.10.2023.

Интернет-ресурсы

1. Matplotlib documentation — Matplotlib 3.8.0 documentation [Electronic resource]. – Mode of access: <https://matplotlib.org/stable/index.html>. – Date of access: 31.10.2023.
2. Основы WebGL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://webglfundamentals.org/webgl/lessons/ru/>. – Дата доступа: 31.10.2023.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Контроль работы студента проходит в следующих формах:

- Устно-письменная: отчёты по аудиторным и домашним практическим упражнениям с их устной защитой, которые оцениваются на основе полноты ответа, глубины понимания отдельных терминов и темы занятия в целом, а также эффективности и рациональности найденных способов решения задач.

- Письменная: коллоквиумы, контрольные работы, которые оцениваются на основе полноты ответа, владения отдельными терминами и темами заданий в целом, способностью применять наиболее подходящие способы решения поставленных задач.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Математические методы компьютерной графики» учебным планом предусмотрен **экзамен**.

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения.

Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации:

Формирование отметки за текущую аттестацию:

- отчёты по аудиторным и домашним практическим упражнениям – 40%,
- контрольные работы – 60%.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей аттестации и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки по текущей аттестации составляет 40%, экзаменационной отметки – 60%.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 3.4. Триангуляция (2 ч.)

Примерный перечень вопросов и заданий:

1. Триангуляция полигона. Триангуляция хордами. Триангуляция по диагоналям. Триангуляция методом «отрезания ушей». Контролируемая триангуляция полигона.

2. Триангуляция множества точек. Оптимальная триангуляция. Жадный алгоритм. Триангуляция Делоне, её свойства. Классификация алгоритмов построения триангуляции Делоне. Итеративные алгоритмы. Алгоритмы построения триангуляции Делоне слиянием. Алгоритмы прямого построения триангуляции Делоне.

3. Осуществить триангуляцию заданного полигона по диагоналям и/или при помощи хорд.

4. Осуществить триангуляцию Делоне заданного множества точек на плоскости итеративным алгоритмом.

Форма контроля – контрольная работа.

Тема 4.2. Визуализация поверхностей в пространстве (1 ч.)

Примерный перечень вопросов и заданий:

1. Способы классификации моделей поверхностей. Методы изображения поверхностей. Построение каркаса для каркасной поверхности.

2. Построить примерное изображение заданной каркасной поверхности.

Форма контроля – отчёт по аудиторным и домашним практическим заданиям с устной защитой.

Тема 4.4. Моделирование освещения и закраски поверхностей (1 ч.)

Примерный перечень вопросов:

1. Функция закраски Фонга. Методы закраски: однотонная закраска, метод Гуро, метод Фонга.

2. Пользуясь функцией закраски Фонга, вычислить видимый цвет плоской поверхности при заданном освещении и собственном цвете поверхности.

Форма контроля – контрольная работа.

Примерная тематика лабораторных занятий

Занятия № 1-3. Элементарные объекты: прямая, отрезок прямой, луч, полигон. Алгоритмы определения свойств и взаимного расположения объектов на плоскости и в пространстве. Алгоритмы генерации случайных полигонов.

Занятия № 4-5. Линейное преобразование, его основные свойства. Матрица линейного преобразования. Аффинные преобразования. Простейшие аффинные преобразования: перенос, поворот, масштабирование, вращение. Методы расчёта матриц сложных преобразований.

Занятия № 6-7. Системы координат в компьютерной графике. Классификация проекций. Типы параллельных проекций. Свойства параллельных проекций. Типы центральных (перспективных) проекций. Однородные координаты. Свойства центральных проекций. Точки схода.

Занятие № 8. Отсечение отрезков. Алгоритм Козна-Сазерленда. Алгоритм Лианга-Барски. Алгоритм Кируса-Бека. Алгоритм Николла-Ли-Николла.

Занятие № 9. Алгоритмы отсечения полигонов. Алгоритм Сазерленда-Ходжмана. Алгоритм Вейлера-Азертонна.

Алгоритм Робертса отсечения полиэдров и его модификации.

Занятие № 10. Введение в растеризацию линий. Алгоритм DDA-линии (цифровой дифференциальный анализатор). Алгоритм Брезенхема. Алгоритм Кастла-Питвея. Растеризация со сглаживанием (антиалиасингом). Алгоритм Ву. Растеризация окружностей и эллипсов.

Занятие № 11. Алгоритмы построения выпуклой оболочки для множества точек на плоскости. Алгоритмы Джарвиса, Грэхема, Эндрю, «быстрой оболочки».

Занятие № 12. Понятие триангуляции. Структуры данных для представления триангуляции.

Триангуляция полигона. Триангуляция хордами. Триангуляция по диагоналям. Триангуляция методом «отрезания ушей». Контролируемая триангуляция полигона.

Триангуляция множества точек. Оптимальная триангуляция. Жадный алгоритм. Триангуляция Делоне, её свойства. Классификация алгоритмов построения триангуляции Делоне. Итеративные алгоритмы. Алгоритмы построения триангуляции Делоне слиянием. Алгоритмы прямого построения триангуляции Делоне.

Занятия № 13-14. Основные задачи и базовые законы геометрической оптики. Метод трассировки лучей. Понятие световой энергии.

Пересечение луча с поверхностью. Отражение и преломление луча. Закон Бугера прохождения света через непрозрачную среду.

Лучевые методы моделирования оптических эффектов и их свойства. Тень, отражение, преломление геометрических объектов. Геометрические и вычислительные особенности оптических эффектов

Занятие № 15. Кривизна и кручение линии. Интерполяция линий и поверхностей методом Лагранжа, методом наименьших квадратов. Кривые и поверхности Безье. Сплаины. Билинейная интерполяция.

Аддитивная цветовая модель RGB. Субтрактивная цветовая модель CMY и ее модификация CMYK. Стандартные цветовые пространства и преобразования между ними. Перцепционные модели HSB и HSL и их геометрическая интерпретация.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется *практико-ориентированный подход*, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использование процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа с целью изучения материала учебной дисциплины предполагает работу с конспектом лекций и рекомендованной учебной литературой. Теоретические сведения закрепляются выполнением серии упражнений по соответствующей теме, при выполнении которых следует руководствоваться методическими разработками, размещенными в электронной библиотеке университета.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Моделирование прямой и плоскости
2. Взаимное положение графических элементов на плоскости и в пространстве
3. Плоские полигоны и их свойства
4. Расположение точек относительно полигона
5. Понятие аффинного пространства
6. Декартовы системы координат в аффинном пространстве
7. Преобразования аффинных пространств. Аффинные преобразования
8. Движения в аффинном пространстве

9. Понятие и основные типы проективных преобразований. Ортографические проекции
10. Понятие и основные типы проективных преобразований. Аксонометрические проекции
11. Понятие и основные типы проективных преобразований. Косоугольные проекции
12. Понятие и основные типы проективных преобразований. Центральные проекции
13. Базовые растровые алгоритмы
14. Выпуклая оболочка множества точек. Алгоритмы построения выпуклой оболочки
15. Триангуляция полигонов методом хорд
16. Триангуляция полигонов диагоналями. Триангуляция полигонов методом отрезания ушей
17. Триангуляция Делоне множества точек на плоскости
18. Алгоритмы отсечения и удаления невидимых рёбер. Алгоритм Сазерленда-Коэна
19. Алгоритмы удаления невидимых граней. Метод трассировки лучей. Алгоритм художника. Алгоритм Робертса. Метод z-буфера
20. Основные понятия геометрической оптики. Законы геометрической оптики. Отражение и преломление светового луча
21. Методы построения оптических эффектов. Условия видимости оптических эффектов. Построение тени точки и других геометрических объектов
22. Методы построения оптических эффектов. Условия видимости оптических эффектов. Построение отражения точки и других геометрических объектов
23. Методы построения оптических эффектов. Условия видимости оптических эффектов. Построение преломления точки и других геометрических объектов
24. Приближение кривых и поверхностей. Интерполяция линий и поверхностей методом Лагранжа и методом наименьших квадратов
25. Приближение кривых и поверхностей. Аппроксимация линий и поверхностей методом наименьших квадратов
26. Классификация поверхностей. Построение каркаса для каркасной поверхности
27. Классификация поверхностей. Моделирование кинематических поверхностей
28. Цветовые модели. Геометрическая интерпретация и преобразования цветовых моделей
29. Моделирование освещённости и цвета поверхностей. Функция закрашки Фонга
30. Моделирование освещённости и цвета поверхностей. Методы закрашки поверхностей
31. Моделирование трёхмерных тел

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Алгебра и теория чисел	Кафедра высшей математики	Нет	Внесение изменений не требуется (протокол № 4 от 20.11.2023)
2. Алгоритмы и структуры данных	Кафедра дискретной математики и алгоритмики	Нет	Внесение изменений не требуется (протокол № 4 от 20.11.2023)
3. Математический анализ	Кафедра высшей математики	Нет	Внесение изменений не требуется (протокол № 4 от 20.11.2023)
4. Методы вычислений	Кафедра вычислительной математики	Нет	Внесение изменений не требуется (протокол № 4 от 20.11.2023)
5. Программирование компьютерной графики	Кафедра компьютерных технологий и систем	Нет	Внесение изменений не требуется (протокол № 4 от 20.11.2023)
6. Теория графов	Кафедра дискретной математики и алгоритмики	Нет	Внесение изменений не требуется (протокол № 4 от 20.11.2023)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУ-
ЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
