

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра математического обеспечения вычислительных систем**

**Авторы-составители: Рябинин Константин Валентинович  
Рихтер Татьяна Васильевна**

Рабочая программа дисциплины

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И АЛГОРИТМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ  
ГРАФИКИ**

Код УМК 66728

Утверждено  
Протокол №5  
от «09» июня 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Вычислительная геометрия и алгоритмы компьютерной графики

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.03.02** Прикладная математика и информатика  
направленность Системное программирование и компьютерные технологии

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Вычислительная геометрия и алгоритмы компьютерной графики** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**01.03.02** Прикладная математика и информатика (направленность : Системное программирование и компьютерные технологии)

**ПК.2** способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат

**ПК.7** способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Системное программирование и компьютерные технологии)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	8
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	56
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	88
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (4) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (8 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Вычислительная геометрия и алгоритмы компьютерной графики. Первый семестр**

Курс обеспечивает знакомство студентов с современными технологиями компьютерной графики, алгоритмами синтеза и обработки двумерных и трёхмерных изображений.

#### **Введение в компьютерную графику**

Обзор современных технологий, методов и программных решений в области компьютерной графики.

#### **Математические основы построения изображений**

Разъяснений математических моделей хранения изображений и математических аппаратов, необходимых для вывода изображений на экран.

#### **Цветовые модели**

Знакомство студентов с основными подходами к представлению цвета в компьютерной графике (цветовыми моделями), объяснение назначения и особенностей цветовых моделей, демонстрация перехода от одной модели к другой.

#### **Синтез двумерных и трёхмерных изображений средствами OpenGL**

Знакомство с основными технологиями и приёмами синтеза двумерных и трёхмерных изображений средствами библиотек, реализующих стандарт OpenGL.

#### **Организация интерактивности, анимации и сложных визуальных эффектов в реальном времени**

Объяснение принципов организации интерактивности и анимации; знакомство с технологиями создания сложных визуальных эффектов в реальном времени.

#### **Программируемый графический конвейер**

Знакомство студентов с программируемым графическим конвейером и шейдерами (микропрограммами для графического процессора, которые выполняют определённые этапы графического конвейера). Знакомство с языком программирования шейдеров GLSL (с его синтаксисом, типами данных и встроенными функциями).

#### **Модели освещения**

Знакомство студентов с основными подходами моделирования освещения. Вывод закона Ламберта (простейшего закона вычисления освещённости поверхности в точке). Объяснение бликовой модели Фонга. Объяснение способов вычисления нормалей к поверхности для учёта кривизны при вычислении освещения и прочих оптических эффектов. Вывод матрицы трансформации нормалей.

#### **Кривые и поверхности**

Знакомство студентов с кубическими сплайнами и кривыми Безье. Объяснение применения этих кривых в компьютерной графике. Знакомство студентов со способами хранения и генерации трёхмерных моделей (в частности, тел вращения).

#### **Текстуры и спрайты**

Знакомство студентов с понятием текстуры, способами её наложения на трёхмерные поверхности и способами фильтрации. Изучение принципов мипмэппинга.

#### **Обработка (фильтрация) изображений**

Обзор основных технологий обработки (фильтрации) изображений.

#### **Теория фракталов**

Введение в теорию фракталов. Объяснение места и назначения фракталов в компьютерной графике.

Разбор способов построения фракталов.

### **Оптимизация процесса визуализации**

Знакомство студентов с основными подходами к оптимизации процесса визуализации и оптимизации кода шейдеров.

### **Сглаживание границ объектов на изображении**

Объяснение проблемы ступенчатости границ объектов на изображении и способов её решения.

Сравнительная характеристика различных алгоритмов сглаживания границ объектов на изображении.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

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

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Рябинин К. В. Вычислительная геометрия и алгоритмы компьютерной графики. Работа с 3D-графикой средствами OpenGL: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Прикладная математика и информатика"/К. В. Рябинин.-Пермь:ПГНИУ,2017, ISBN 978-5-7944-2722-6.-1.-Библиогр.: с. 99 <https://elis.psu.ru/node/423220>
2. Колошкина, И. Е. Компьютерная графика : учебник и практикум для вузов / И. Е. Колошкина, В. А. Селезнев, С. А. Дмитроченко. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 233 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12341-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/447417>

### Дополнительная:

1. OpenGL. Руководство по программированию/М. Ву, Т. Девис, Дж. Нейдер, Д. Шрайнер ; [пер. с англ. : Е. Васильев, Е. Эрман].-4-е изд..-СПб.:Питер,2006, ISBN 5-94723-827-6.-624.
2. Залогова Л. А. Компьютерная графика:практикум/[науч. ред. С. В. Русаков].-М.:Лаб. Базовых Знаний,2005, ISBN 5-93208-169-4.-320.



## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.intuit.ru/studies/courses/70/70/info> Алгоритмические основы современной компьютерной графики

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Вычислительная геометрия и алгоритмы компьютерной графики** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);

доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

ОС Calculate Linux Desktop

Среда разработки Code::Blocks

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий - меловая и (или) маркерная доска, компьютерный класс (аппаратное и программное обеспечение определено в Паспортах компьютерных классов)

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными

компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Вычислительная геометрия и алгоритмы компьютерной графики**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и  
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.2</b> способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат</p>	<p>Знать основные методы синтеза изображений средствами ЭВМ, уверенно использовать соответствующий математический аппарат; владеть навыком написания программ для синтеза графических изображений в реальном масштабе времени</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные методы синтеза изображений средствами ЭВМ, не умеет пользоваться соответствующим математическим аппаратом и не владеет навыком написания программ для синтеза графических изображений в реальном масштабе времени.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Знает лишь самые базовые приёмы синтеза изображений средствами ЭВМ, ориентируется в терминологии, но не обладает чётким знанием алгоритмов синтеза изображений и плохо ориентируется в соответствующих математических методах, а также не продемонстрировал хороших навыков программирования (как написания программ в целом, так и, в частности, программ синтеза графических изображений в реальном масштабе времени)</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Продемонстрированы хорошие навыки программирования (как написания программ в целом, так и, в частности, программ синтеза графических изображений в реальном масштабе времени), знает основные приёмы синтеза изображений средствами ЭВМ, однако неуверенно ориентируется в соответствующем математическом аппарате.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Продемонстрированы уверенные знания основных методов синтеза изображений средствами ЭВМ, уверенно пользуется соответствующим математическим аппаратом и владеет навыком написания программ для синтеза графических</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.7</b> способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения</p>	<p>Уметь использовать методы вычислительной геометрии для построения алгоритмов синтеза двумерных и трёхмерных изображений в реальном масштабе времени. Владеть навыками написания программного кода с использованием низкоуровневого API OpenGL, Direct3D, Vulkan или Metal.</p>	<p><b>Отлично</b> изображений в реальном масштабе времени.</p> <p><b>Неудовлетворител</b> Не умеет использовать методы вычислительной геометрии для построения алгоритмов синтеза двумерных и трёхмерных изображений в реальном масштабе времени. Не владеет основными навыками написания программного кода с использованием ни одного из низкоуровневых API: OpenGL, Direct3D, Vulkan или Metal.</p> <p><b>Удовлетворительн</b> В целом умеет использовать методы вычислительной геометрии для построения алгоритмов синтеза двумерных и трёхмерных изображений в реальном масштабе времени, однако допускает грубые ошибки при алгоритмизации и управлении графическими ресурсами. Плохо владеет основными навыками написания программного кода с использованием низкоуровневого API OpenGL, Direct3D, Vulkan или Metal (на выбор студента).</p> <p><b>Хорошо</b> Умеет использовать методы вычислительной геометрии для построения алгоритмов синтеза двумерных и трёхмерных изображений в реальном масштабе времени, однако допускает незначительные ошибки в алгоритмизации и управлении графическими ресурсами. Владеет основными навыками написания программного кода с использованием низкоуровневого API OpenGL, Direct3D, Vulkan или Metal (на выбор студента).</p> <p><b>Отлично</b> Умеет использовать методы вычислительной геометрии для построения алгоритмов синтеза двумерных и трёхмерных изображений в реальном масштабе времени. В совершенств владеет основными навыками написания программного кода с использованием низкоуровневого API</p>

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<b>Отлично</b> OpenGL, Direct3D, Vulkan или Metal (на выбор студента).

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 45 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 45 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Введение в компьютерную графику <b>Входное тестирование</b>	Знания в области алгебры, геометрии и программирования -- письменный ответ на вопросы теста.
<b>ПК.2</b> способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат <b>ПК.7</b> способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения	Программируемый графический конвейер <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Компьютерная программа (исходный текст и выдаваемый результат)
<b>ПК.2</b> способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат <b>ПК.7</b> способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения	Кривые и поверхности <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Компьютерная программа (исходный текст и выдаваемый результат)

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.2</b> способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат</p> <p><b>ПК.7</b> способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения</p>	<p>Текстуры и спрайты</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Компьютерная программа (исходный текст и выдаваемый результат)</p>
<p><b>ПК.2</b> способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат</p> <p><b>ПК.7</b> способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения</p>	<p>Теория фракталов</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Компьютерная программа (исходный текст и выдаваемый результат)</p>
<p><b>ПК.2</b> способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат</p> <p><b>ПК.7</b> способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения</p>	<p>Сглаживание границ объектов на изображении</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Письменный ответ на теоретический вопрос из предложенного списка</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Введение в компьютерную графику

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Знания в области геометрии	5
Знания в области программирования	3
Знания в области алгебры	2

### Программируемый графический конвейер

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Согласованная работа вершинного и фрагментного шейдеров, корректная работа с графическим API	5
Вывод кольчатого прямоугольника	3
Вывод волнистого прямоугольника	2

### Кривые и поверхности

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Корректное освещение	6
Корректные вычисление и трансформация нормалей	5
Корректные построение и трансформация поверхности	5
Согласованная работа вершинного и фрагментного шейдеров, корректная работа с графическим API	4

### Текстуры и спрайты

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Корректное смешивание и наложение двух текстур	9
Корректные загрузка и настройка двух текстур	6
Согласованная работа вершинного и фрагментного шейдеров, корректная работа с графическим API	5

### Теория фракталов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**



Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Корректный ввод данных пользователем, корректное и стабильное построение кривой по заданным пользователем точкам (отсутствие аварийных завершений программы или исчезновения кривой при добавлении очередной точки)	6
Корректные вычисление и трансформация нормалей, корректное освещение	5
Корректные построение, трансформация и отображение тела вращения	5
Согласованная работа вершинного и фрагментного шейдеров, корректная работа с графическим API	4

### **Сглаживание границ объектов на изображении**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Знание математических основ вычислительной геометрии	13
Знание технических принципов и алгоритмов построения изображений средствами современных ЭВМ	10
Знание определений из компьютерной графики и вычислительной геометрии	7