**Программа учебной дисциплины «Компьютерная графика»**

Утверждена

Академическим советом ООП

Протокол № от «\_\_»\_\_\_\_\_20\_\_ г.

|  |  |
| --- | --- |
| Автор  | Доцент ДПИ Ахметсафина Р.З. |
| Число кредитов  | 8 |
| Контактная работа (час.)  | 60 |
| Самостоятельная работа (час.)  | 244 |
| Курс  | 4 |
| Формат изучения дисциплины | Без использования он-лайн курса |

1. **ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ**

Цели освоения дисциплины «Компьютерная графика»:

* формирование у студентов профессиональных компетенций, связанных с использованием математических и алгоритмических основ компьютерной графики, технологий формирования и обработки графических изображений;
* развитие умений, основанных на полученных теоретических знаниях, позволяющих на творческом и репродуктивном уровне создавать и применять эффективные алгоритмы и приложения для решения задач компьютерной графики;
* получение студентами навыков самостоятельной исследовательской работы, предполагающей изучение специфических алгоритмов, инструментов и средств, необходимых для решения задач компьютерной графики.
* получение практических навыков использования алгоритмов компьютерной графики и графических библиотек при разработке приложений;

В результате освоения дисциплины студент должен:

 **Знать**:

— математические основы векторной графики;

— алгоритмические основы компьютерной графики;

— методы программных реализаций алгоритмов растровой и векторной графики;

— методы создания реалистичных трехмерных изображений;

— технологии формирования и обработки графических изображений;

**Уметь**:

— разрабатывать программное обеспечение, реализующее алгоритмы компьютерной графики, использовать графические библиотеки низкого уровня;

— анализировать разработанные алгоритмы и программы, написанные на языках высокого уровня, оценивать эффективность алгоритмов и их реализаций.

**Иметь навыки (приобрести опыт)**:

— разработки и анализа алгоритмов решения задач компьютерной графики

— использования графических библиотек низкого уровня с целью формирования реалистичных изображений и обработки изображений;

— самостоятельного решения задач компьютерной графики, изучения новых возможностей и средств разработки программ

Изучение дисциплины «Компьютерная графика» базируется на следующих дисциплинах:

* «Дискретная математика»,
* «Программирование»,
* «Алгоритмы и структуры данных»,
* «Архитектура вычислительных систем»,
* «Операционные системы»

Основные положения дисциплины могут быть использованы в дальнейшем при выполнении выпускной квалификационной работы, изучении дисциплин магистратуры по направлению «Программная инженерия»

1. **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Лекции**

**Тема 1. Введение**

История развития компьютерной графики. Развитие вычислительной геометрии, математических и алгоритмических основ КГ. Развитие технологий, графических библиотек. Понятие графического конвейера.

**Тема 2. Алгоритмы растровой графики**

Целочисленные алгоритмы Брезенхема построения отрезка и окружности. Алгоритмы заливки сплошных областей. Алгоритмы отсечения.

Алгоритмы построения плоских кривых, имеющих аналитическое описание. Элементарные, составные и замкнутые кривые Безье, B-сплайны, их свойства.

**Тема 3. Математические основы 2D и 3D графики**

Виды моделей КГ. Описание полигональных моделей. Базовые геометрические преобразования: поворот, масштабирование, отражение на плоскости и в пространстве. Однородные координаты, сдвиг на плоскости и в пространстве.

Проекции, виды проекций. Получение ортогональных и перспективных проекций 3D – объектов. Последовательность выполнения преобразований.

Каркасные и сплошные модели.

Методы удаления невидимых линий и граней. Алгоритм Робертса, z-буфер.

**Тема 4. Построение реалистичных изображений**

Природа света и цвета. Источники света. Методы и модели закраски сплошных объектов – плоская, Гуро, Фонга. Текстуры. Тени, виды теней, подходы к генерации теней.

**Тема 5. Графическая библиотека OpenGL**

История создания, версии, состав библиотеки, подключение библиотеки. Вспомогательные сторонние библиотеки. Создание контекста. Основные методы. Графический конвейер. Шейдеры. Язык GLSL.

Описание полигональных моделей. Загрузка мешей. Виды текстур. Установка источников освещения. Формирование теней. Анимация изображений.

**Тема 6. Обработка изображений**

Экранные эффекты. Виды фильтров. Обработка изображения линейными и пространственными фильтрами.

**Примерный перечень тем практических занятий:**

1. Основы создание графических приложений в Windows. Программирование графики с использованием GDI. Реализация целочисленных растровых алгоритмов Брезенхема, алгоритмов заливки сплошных областей, алгоритма отсечения.
2. Реализация плоских сплайновых кривых: элементарные, составные, замкнутые кривые Безье, B-сплайны.
3. Описание полигональных моделей. Реализация сдвига, вращения, масштабирования. Платоновы тела. Описание сферы, тора и т.п.
4. Виды проекций. Реализация ортогональной и перспективной проекции. Однородные координаты. Последовательность преобразований объекта для вывода на экран.
5. Реализация алгоритмов удаления невидимых линий и граней.
6. Модели освещения. Виды источников освещения. Методы закраски трехмерных тел – сплошная, Гуро, Фонга.
7. Программирование графики с использованием библиотеки OpenGL. Полигональные модели. Текстуры. Шейдеры, язык шейдеров. Источники освещения. Построение теней.
8. Обработка изображений.

На практических занятиях языком программной реализации алгоритмов является язык программирования С++. Используются библиотеки OpenGL и вспомогательные. Среда программирования может быть любой, по согласованию с преподавателем.

По теме каждого практического занятия необходимо выполнить задание – реализовать программный проект. Задание по теме будет размещено в LMS, результат работы необходимо загрузить в соответствующий проект в LMS не позже назначенного срока.

В случае опоздания без уважительной причины студенты могут сдать работу в Проект для опоздавших. При этом оценка за проект делится на два.

Все проекты защищаются преподавателю на практических занятиях.

1. **ОЦЕНИВАНИЕ**

**Формы контроля знаний студентов**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип контроля | Форма контроля | модули | Параметры  |
| 1 | 2 | 3 |
| Текущий(неделя) | Домашнее задание 1 |  | 3-я – 8-я недели |  | Реализация алгоритмов создания сложной трехмерной сцены  |
| Текущий(неделя) | Домашнее задание 2 |  |  | 5-я – 8-я недели | Реализация трехмерной сцены с использованием библиотеки OpenGL  |
| Промежуточный | Экзамен |  |  | 11 – я неделя | Устный экзамен 60 мин. |

**Критерии оценки знаний, навыков**

Оценки по всем формам контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

**Текущий контроль** предусматривает два контрольных домашних задания (КДЗ), выполняемых во втором и в третьем модулях.

***КДЗ*** включает разработку, кодирование, тестирование и отладку программ реализации задания. По результатам выполнения КДЗ оформляется отчет в электронном виде. Защита КДЗ проводится лично преподавателю.

КДЗ размещается в LMS в разделе «Проекты». В установленный срок студент загружает в LMS архив, содержащий полностью оформленный отчет и программу реализации КДЗ. Оценка за КДЗ выставляется с учетом полноты выполнения задания, оформления результатов и защиты преподавателю.

**Самостоятельная работа студентов** предполагает выполнение заданий по темам практических занятий. Задания по темам размещаются в LMS, сдаются студентами в указанный срок в виде проектов.

Допускается выполнение заданий с некоторым опозданием (но не более основного времени, выделенного на выполнение задания). В случае несвоевременной сдачи заданий по темам и КДЗ оценка по ним снижается вдвое.

При опоздании по уважительным причинам оценка не снижается, а сроки выполнения могут быть увеличены.

**Итоговый контроль**: экзамен в конце 3-го модуля. Проводится в устной форме. Экзамен состоит из двух частей:

* теоретической, проводится в форме устной беседы по тематике дисциплины (30 мин.);
* практической, связанной с обсуждением результатов выполнения заданий (30 мин.).

**Порядок формирования оценок по дисциплине**

По всем видам работ выставляется 10-балльная оценка.

Оценивается **самостоятельная работа студентов Осам. работа**: правильность и полнота выполнения заданий по темам практических занятий. Оценки за самостоятельную работу студента преподаватель выставляет в рабочую ведомость.

**Текущая оценка Отекущий**рассчитывается как взвешенная сумма оценок за два КДЗ:

Отекущий = 0,5 \*·Одз1 + 0,5 \*·О дз2.

**Накопленная оценка** за текущий контроль учитывает результаты студента по текущему контролю следующим образом:

Онакопленная= 0,5 \* Отекущий + 0,5 \* Осам.работа,

Способ округления — арифметический.

**Результирующая оценка** определяется соотношением:

Орезульт. = 0,7 \* Онакопленная + 0,3 \*·Оэкз.

где Оэкз. оценка за экзамен.

Окончательно формула для расчета оценки за дисциплину имеет вид

Орезульт. = 0,175 \*·Одз1 + 0,175 \*·Одз2 + 0,35 \* Осам.работа + 0,3\*Оэкз

Перевод в пятибалльную оценку осуществляется в соответствии со следующей таблицей.

*Таблица*

*Соответствие оценок по десятибалльной и пятибалльной шкалам*

|  |  |
| --- | --- |
| **По десятибалльной шкале** | **По пятибалльной шкале** |
| 1 – неудовлетворительно2 – очень плохо3 – плохо | неудовлетворительно – 2  |
| 4 – удовлетворительно5 – весьма удовлетворительно | удовлетворительно – 3  |
| 6 – хорошо7 – очень хорошо | хорошо – 4  |
| 8 – почти отлично9 – отлично10 – блестяще | отлично – 5  |

1. **ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Работа на практических занятиях предполагает разработку программ, реализующих алгоритмы растровой и векторной графики, создание реалистичных изображений с использованием графических библиотек.

Домашнее задание предполагает разработку приложений, реализующих вывод сложных объектов, их анимацию, освещение, применение различных эффектов. Для выполнения домашнего задания необходимо самостоятельно изучить некоторые возможности OpenGL.

# **Оценочные средства для текущего контроля студента**

Контрольные домашние задания и задания к практическим занятиям размещены в ЛМС НИУ ВШЭ.

Примеры контрольных домашних заданий.

КДЗ1: Построить поверхность Безье. Обеспечить переключение моделей – каркасной, каркасной с удалением невидимых линий, сплошной с закраской цветом, сплошной с натянутой текстурой. Обеспечить источники освещения, реализовать модели освещения. Анимировать камеру и/или поверхность. Предусмотреть возможность управления опорными вершинами.

КДЗ2: Построить 3D сцену с использованием библиотеки OpenGL версии не меньше 3.3. Реализовать SkyBox, вывести «мыльные пузыри» - полупрозрачные полые сферы, отражающие окружающий мир. Предусмотреть возможность настроек: время жизни, степень прозрачности, геометрия эмиттера и др.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

**Часть 1. Алгоритмические и математические основы КГ**

1. Алгоритмы растровой графики.
	1. Алгоритм Брезенхема построения прямой.
	2. Алгоритм Брезенхема построения окружности
	3. Алгоритм Брезенхема построения эллипса
2. Алгоритмы заливки сплошных областей
3. Алгоритмы отсечения отрезков прямоугольным окном.
4. Сплайновые кривые.
	1. Модели сплайновых кривых
	2. Свойства кривых Безье, В-сплайнов.
	3. Элементарные, составные и замкнутые сплайновые кривые.
	4. Построение сплайновых кривых.
5. Полигональные трехмерные модели и методы их описания.
6. Платоновы тела. Построение сферы, тора.
7. Базовые преобразования трехмерных объектов – вращение, масштабирование, сдвиг. Однородные координаты. Матрицы аффинных преобразований.
8. Виды проекций. Получение ортографических и перспективных проекций.
9. Алгоритм Робертса удаления невидимых ребер.
10. Алгоритмы удаления невидимых граней. Z-буфер
11. Модели освещения Гуро и Фонга.
12. Закраска объектов – сплошная, Гуро, Фонга.

**Часть 2. Графическая библиотека OpenGL**

1. Графическая библиотека OpenGL. История развития, назначение и основные возможности. Графический конвейер. Появление шейдеров. Языки шейдеров.
2. OpenGL. Развитие и версии. Типы данных. Формат команд OpenGL.
3. OpenGL. Создание контекста. Внешние библиотеки, их назначение.
4. OpenGL. Системы координат. Матрицы.
5. OpenGL. Графический конвейер. Виды шейдеров и их назначение.
6. OpenGL. Способы задания 3D-моделей. Меши.
7. OpenGL. Структура шейдера. Передача данных в шейдеры.
8. Язык GLSL. Основные типы данных. Векторы и матрицы.
9. OpenGL. VBO и VAO – назначение, основные функции
10. OpenGL.Текстуры, виды текстур, наложение текстур, мультитекстурирование.
11. OpenGL. Имитация тумана. Виды и модели туманов
12. OpenGL. Освещение, источники света, их характеристики.
13. OpenGL. Тени. Алгоритмы построения теней. Теневая карта и ее использование.
14. Обработка изображений в OpenGL. Фильтры, виды фильтров. Технология применения фильтров.
15. **РЕСУРСЫ**
	1. **Основная литература**
16. [Wolff David. OpenGL 4 Shading Language Cookbook [Электронный ресурс]](https://ebookcentral.proquest.com/lib/hselibrary-ebooks/detail.action?docID=1441782&query=OpenGL) / [Wolff, David](https://ebookcentral.proquest.com/lib/hselibrary-ebooks/search.action?contributors=%22Wolff%2c+David%22) [Packt Publishing Ltd](https://ebookcentral.proquest.com/lib/hselibrary-ebooks/search.action?publisher=%22Packt+Publishing+Ltd%22) 2013 – 394 p. URL: [https://ebookcentral.proquest.com/lib/hselibrary-ebooks/detail.action?docID=1441782](https://ebookcentral.proquest.com/lib/hselibrary-ebooks/detail.action?docID=1441782&query=OpenGL) - *ЭБС ProQuest Ebook Central - Academic Complete*
17. Movania Muhammad Mobeen. OpenGL Development Cookbook [Электронный ресурс] / OpenGL Development Cookbook [Movania, Muhammad Mobeen](https://ebookcentral.proquest.com/lib/hselibrary-ebooks/search.action?contributors=%22Movania%2c+Muhammad+Mobeen%22) [Packt Publishing Ltd](https://ebookcentral.proquest.com/lib/hselibrary-ebooks/search.action?publisher=%22Packt+Publishing+Ltd%22) 2013 - 375 p. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/hselibrary-ebooks/detail.action?docID=1214969> - *ЭБС ProQuest Ebook Central - Academic Complete*
18. Jacobo Rodríguez GLSL Essentials [Электронный ресурс] / GLSL Essentials [Rodríguez, Jacobo](https://ebookcentral.proquest.com/lib/hselibrary-ebooks/search.action?contributors=%22Rodr%c3%adguez%2c+Jacobo%22) [Packt Publishing Ltd](https://ebookcentral.proquest.com/lib/hselibrary-ebooks/search.action?publisher=%22Packt+Publishing+Ltd%22) 2013 URL: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/hselibrary-ebooks/detail.action?docID=1593855> - *ЭБС ProQuest Ebook Central - Academic Complete*
19. John Vince. Mathematics for Computer Graphics [Электронный ресурс] / Mathematics for Computer Graphics John Vince Springer-Verlag London Ltd. 2017 URL: [https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4471-7336-6](https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4471-7336-6#authorsandaffiliationsbook) – ЭБС springer.com
20. [Боресков, А. В.](http://opac.hse.ru/absopac/index.php?url=/auteurs/view/140874/source:default) Компьютерная графика: учебник и практикум для приклад. бакалавриата / [А. В. Боресков](http://opac.hse.ru/absopac/index.php?url=/auteurs/view/140874/source:default), [Е. В. Шикин](http://opac.hse.ru/absopac/index.php?url=/auteurs/view/8079/source:default). – М.: Юрайт, 2016. – 219 с. – (Сер. "Бакалавр". Прикладной курс) . Дополнительная литература
	1. **Программное обеспечение**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование** | **Условия доступа** |
| 1. |  Microsoft Windows 7 Professional RUSMicrosoft Windows 10 | *Из внутренней сети университета (договор)* |
| 2. | Microsoft Office Professional Plus 2010 и выше | *Из внутренней сети университета (договор)* |
| 3 | Microsoft Visual Studio 2015 Community и выше | *Свободно распространяемое ПО* |
| 4 | JetBrains CLion Community Edition | *Свободно распространяемое ПО* |
| 5 | GNU Compiler Collection (GCC) | *Свободно распространяемое ПО* |

* 1. **Интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование** | **Условия доступа** |
| 1. | Описание API графической библиотеки OpenGL, языка GLSL | [*https://opengl.org/*](https://opengl.org/)[*https://www.khronos.org/opengl/*](https://www.khronos.org/opengl/) |
| 2 | Вспомогательные библиотеки загрузка функций OpenGL, работа с оконной системой, загрузка 3D-моделей, загрузка изображений, работа с текстомматематическая библиотека | [*http://glew.sourceforge.net/*](http://glew.sourceforge.net/)[*http://freeglut.sourceforge.net/*](http://freeglut.sourceforge.net/)[*https://www.glfw.org/*](https://www.glfw.org/)[*http://www.assimp.org/*](http://www.assimp.org/)[*http://freeimage.sourceforge.net/*](http://freeimage.sourceforge.net/)[*https://www.freetype.org/*](https://www.freetype.org/)[*https://glm.g-truc.net/0.9.9/index.html*](https://glm.g-truc.net/0.9.9/index.html) |

* 1. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для лекционных занятий по дисциплине, оснащенные мультимедийным проектором с дистанционным управлением.

Учебные аудитории для практических занятий и самостоятельной работы, оснащенные компьютерами, на которых установлены интегрированные среды разработки Microsoft Visual Studio версии 2015 и выше и/или CLion версии 2016.0 и выше, набор компиляторов GNU Compiler Collection (GCC) версии 6.1 и выше.

Компьютеры подключены к сети Интернет для обеспечения доступа студентов к справочным материалам и возможности скачивания необходимых библиотек