МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан _____ В.В. Матросов

« 27 » июня 2018г.

Рабочая программа дисциплины

Компьютерная графика
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
Бакалавриат
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки
02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Профиль подготовки
Информационные системы и технологии
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация
Бакалавр
(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения
очная
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2018

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Компьютерная графика» (Б1.Б.25) предназначена для студентов 4 курса бакалавриата (7 семестр), обучающихся по направлению 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» относится к обязательным дисциплинам базовой части ОПОП. Обеспечивает подготовку базового уровня общепрофессинальных компетенций ОПК-3 и ОПК-2. Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Студенты к моменту освоения дисциплины «Компьютерная графика» должны быть ознакомлены с основными теоретическими понятиями и прикладными знаниями, полученными в рамках изучения дисциплин: «Алгебра и геометрия», «Дискретная математика», «Информатика», «Языки программирования». При выполнении практических заданий необходимо владение методами программирования на языке C++, желательно – на C#.

Целями освоения дисциплины являются:

- Овладение понятиями, методами и алгоритмами в области знаний «Компьютерная графика».
- Освоение современных технологий инженерной графики и графических API, таких как GDI+ (MS .NET Framework), OpenGL.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций**
ОПК-3 (завершающий этап) Способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям	**Знать**: З1(ОПК-3) Теоретические основы инженерной графики, основные методы, алгоритмы, базовые структуры данных, средства программирования задач инженерной графики. **Уметь**: У1(ОПК-3) разрабатывать математические модели и алгоритмы для решения задач инженерной графики; У2(ОПК-3) использовать дополнительные пакеты, средства и библиотеки инженерной графики при программировании; **Владеть**: В1(ОПК-3) навыками работы с системным и прикладным обеспечением инженерной графики для решения задач математического моделирования в своей предметной области, а также современным программным обеспечением инженерной графики

ОПК-2 (завершающий этап) Способность применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, методологии системной инженерии, системы автоматизации проектирования, электронные библиотеки и коллекции, сетевые технологии, библиотеки и пакеты программ, современные профессиональные стандарты информационных технологий	**Знать**: З1(ОПК-3) методы научной визуализации, основанные на анализе и интерпретации научных данных. **Уметь**: У1(ОПК-3) использовать методы инженерной графики и научной визуализации для решения научно-исследовательских и прикладных задач. **Владеть**: В1(ОПК-3) навыками решения практических задач обработки изображений и трехмерных данных научных исследований.

3. Структура и содержание дисциплины «Компьютерная графика»

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 66 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часов занятия лекционного типа, 32 часа занятия лабораторного типа, 2 – контроль самостоятельной работы), 33 часа составляет самостоятельная работа обучающегося, 45 часов отведено на контроль.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины . Форма промежуточной аттестации по дисциплине	**Всего (часы)**	**В том числе**				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				**Самостоятельная работа обучающегося, часы**
		Занятия лекционного типа	**Занятия семинарского типа**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
Введение. Компьютерная графика в информационных системах	**2**	**1**		**0**	**1**	**1**
Теория цвета. Цвет и цветовые модели	**4**	**1**		**2**	**3**	**1**
Принципы программирования 2d-графики и графического интерфейса пользователя	**3**	**0**		**2**	**2**	**1**
Обработка изображений, фильтры	**10**	**4**		**2**	**6**	**4**
Параметрические полиномиальные кривые и поверхности	**6**	**2**		**0**	**2**	**4**
Базовые растровые алгоритмы	**4**	**2**		**0**	**2**	**2**

Основные алгоритмы вычислительной геометрии	**6**	**2**		**0**	**2**	**4**
Фракталы. Метод систем итеративных функций	**4**	**0**		**0**	**0**	**4**
Координатный метод в компьютерной и инженерной графике	**5**	**2**		**2**	**4**	**1**
Графический 3d-конвейер и синтез изображений	**5**	**2**		**2**	**4**	**1**
Методы текстурирования	**2**	**0**		**2**	**2**	**0**
Базовые программные средства 3D-графики. OpenGL	**3**	**0**		**2**	**2**	**1**
Методы и алгоритмы трехмерной графики. Реалистичная визуализация 3d-сцен	**10**	**2**		**8**	**10**	**0**
Удаление невидимых элементов. Тени. Оптимизация вычислений	**4**	**2**		**2**	**4**	**0**
Шейдеры в 3d-графике	**7**	**2**		**4**	**6**	**1**
Методы моделирования природных объектов и явлений с применением шейдеров	**6**	**2**		**0**	**2**	**4**
Научная визуализация	**16**	**8**		**4**	**12**	**4**
В т.ч. текуший контроль	**2**			**2**	**2**	
Промежуточная аттестация **–экзамен**						

4. Образовательные технологии

Используются активные и интерактивные образовательные технологии в форме лекций и практических занятий. Практические занятия - одна из форм учебного занятия, направленная на развитие самостоятельности обучающихся и приобретение умений и навыков. Данные учебные занятия углубляют, расширяют, детализируют полученные на лекции знания. Практическое занятие предполагает выполнение студентами по заданию и под руководством преподавателей нескольких домашних практических работ. В рамках практических занятий изучаются синтаксисы языков, применяемых для программирования задач инженерной графики, изучаются также библиотеки для 2D и 3D визуализации, со студентами обсуждаются возможные способы решения типовых учебных задач, проводится их сравнительный анализ. Основное внимание уделяется развитию у студентов навыков программирования и отладки, в том числе приложений для графических процессоров, обсуждаются типичные ошибки, методы их обнаружения и устранения, проверяются программы студентов, изучается текущий прогресс в обучении. Самостоятельная работа студентов в ходе всего учебного года предполагает выполнение ряда практических заданий. При этом в каждом задании студенты проходят весь путь, начиная от постановки учебной задачи до сдачи преподавателю работающей программы и ответов на вопросы преподавателя. Успешная сдача практических работ является основным критерием при постановке экзамена по дисциплине.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

5.1. Виды самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Компьютерная графика» включает выполнение домашних практических заданий, подготовку к тестированию и собеседованию на экзамене.

Темы домашних практических заданий:

1) «Цветовые модели». Преобразование изображения из модели RGB в HSV
2) «Обработка изображений». Реализация точечных и матричных фильтров, инструментов математической морфологии.
3) «Моделирование и визуализация трехмерных полигональных сцен с помощью OpenGL. Текстурирование простых объектов»
4) «Трассировка лучей»

5.2. Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов

Литература для самостоятельного изучения представлена в пункте 7.

Самостоятельная работа может происходить как в читальном зале библиотеки, так и в домашних условиях.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций ОПК-3 и ОПК-2 на различных этапах их формирования.

Карта компетенций для оценивания умений и навыков

Индикаторы компетенции	**Критерии оценивания (дескрипторы)**						
	«плохо»	**«неудовлетворительно»**	**«удовлетворительно»**	**«хорошо»**	**«очень хорошо»**	**«отлично»**	**«превосходно»**
Умения У1(ОПК-3)У2(ОПК-3) У1(ОПК-3)	отсутствует способность решения стандартных задач	наличие грубых ошибок при решении стандартных задач	способность решения основных стандартных задач с негрубыми ошибками	способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями	способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей	способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач	способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач
Навыки В1(ОПК-3) В1(ОПК-2)	полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией	отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией	наличие минимально необходимого множества навыков	наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях	наличие всех основных навыков, продемонстрированных в стандартных ситуациях	наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях	наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных и нестандартных ситуациях
З1(ОПК-3) З1(ОПК-2)	полное отсутствие знаний, предусмотренных компетенцией	отсутствие ряда важнейших знаний, предусмотренных данной компетенцией	наличие минимально необходимого множества знаний	наличие большинства основных знаний, продемонстрированное в стандартных ситуациях	наличие всех основных знаний, продемонстрированных в стандартных ситуациях	наличие всех знаний, продемонстрированное в стандартных ситуациях	наличие всех знаний, продемонстированное в стандартных и нестандартных ситуациях
Баллы, %	0-30	30-50	50-70	70-80	80-90	90-98	98-100

6.2. Описание шкал оценивания

Для оценивания результатов учебной деятельности студентов при изучении дисциплины «Компьютерная графика» используется балльная система оценки учебной работы студентов (п. 6.1). По результатам итоговой аттестации проставляются оценки «плохо», «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «очень хорошо», «отлично», «превосходно».

Результаты работы студентов оцениваются непрерывно в ходе семестра. При этом оценка сформированности компетенций ОПК-3 и ОПК-2 в части «уметь» и «владеть» оценивается по результатам выполнения практических заданий. В семестре студент должен выполнить не менее трех практических заданий и пройти собеседование по проделанной работе. Оценка сформированности компетенций ОПК-3 и ОПК-2 в части «знать» определяется в результате собеседования по заранее подготовленным вопросам к экзамену. Текущий контроль формирования компетенций ОПК-3 и ОПК-2 в части «знать» проводится с помощью тестирования

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии**:**
- тестирование;
- индивидуальное собеседование;
- устные и письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии**:**
- практические задания, включающие постановку одной сложной учебной задачи в виде краткой формулировки действий, которые следует выполнить, и описания результата, который нужно получить.
- индивидуальное собеседование по результатам практического задания

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Для оценивания текущих результатов обучения в виде знаний проводятся тестирования по темам «Теория цвета и обработка изображений», «.NET GDI+» и «Алгоритм трассировки лучей» по 20 вопросов на 30 минут.

Итоговый тест состоит из 30 вопросов на 30 минут и содержит в себе вопросы из всех трех тем, выбираемые случайным образом из банка вопросов.

Примерный список контрольных вопросов варианта итогового теста для проведения тестирования для оценивания результатов обучения в виде знаний З1(ОПК-3, ОПК-2) формирования ОПК-3, ОПК-2. Приведены варианты ответов, правильный вариант отмечен знаком «+»

1. Тип – одиночный выбор.

Восприятие цвета глазом человека обеспечивают специальные клетки
- колбочки
- палочки
- нейроны

2. Тип – одиночный выбор.

Задача: Желтый при белом свете лист бумаги осветили синим цветом. Какой цвета листа мы при этом увидим?

- Синий
- Зеленый
- Красный
- Белый
- Черный
- Малиновый

3. Тип – одиночный выбор.

Задача: Желтый при белом свете лист бумаги осветили малиновым цветом (Magenta). Какой цвета листа мы при этом увидим?

- Синий
- Белый
- Черный
- Малиновый

4. Тип – одиночный выбор.

Как называются цвета в цветовой модели CIE XYZ?

- насыщенные
- перенасыщенные
- люминантные
- дополнительные

5. Тип вопроса: ввод значения

Для модели CIE XYZ координаты x,y равны: x=0.2, y=0.5. Чему равно z?
Верное значение**: z=**

6. Тип вопроса: ввод значения

Запишите разложение люминантности L по базису RGB со значениями коэффициентов, заданными с точностью до одного десятичного знака, (например, L=0.9R+0.9G+0.9B).

Верное значение: L=

7. Тип вопроса: одиночный выбор

Назовите модель рекомендованную для линеаризации представления света от источников.

- HSB
- HLS
- L*a*b*
- L*c*d*
- L*u*v*

8. Тип вопроса: одиночный выбор

Назовите модель рекомендованную для линеаризации представления отраженного света.

- HSB
- HLS
- L*a*b*
- L*c*d*
- L*u*v*

9. Тип вопроса: множественный выбор.

В каких моделях освещения для вычисления цвета используется интерполяция?

- Модель Гуро.
- Модель Фонга.
- Модель Ламберта.

10. Тип вопроса: множественный выбор.

Чтобы вычислить угол преломленного луча, необходимо знать:

- Интенсивность падающего луча.
- Угол падающего луча.
- Угол отраженного луча.
- Коэффициенты преломления.

11. Тип вопроса: одиночный выбор.

Чем отличается идеальное преломление от диффузного:

- Идеальное преломление создает более правдоподобную картину.
- В диффузном преломлении лучи расходятся в разные стороны.

12. Тип вопроса: одиночный выбор.

Сколько стадий у графического конвейера.

- 2.
- 3.
- 4.
- 6.

13. Тип вопроса: одиночный выбор.

Выберите верную последовательность шагов геометрической стадии:

- Triangle setup, wireframe, transformation, lightning/shading,view port projection, tesselation.
- Wireframe, tesselation, transformation, lightning/shading, view port projection, triangle setup.
- Transformation, lightning/shading, wireframe, tesselation, view port projection, triangle setup.

14. Тип вопроса: множественный выбор.

Какие системы координат используются в графическом конвейере:

- Локальная (связанная с объектом).
- Мировая.
- Экранная (связанная с экраном)
- Система координат, связанная с камерой.

15. Тип вопроса: одиночный выбор.

Выберите верную последовательность шагов стадии рендеринга.

- HSR, texture mapping, alpha-blending and fogging, anti-aliasing, dithering, frame buffer, post-processing.
- Texture mapping, alpha-blending and fogging, HSR, anti-aliasing, dithering, frame buffer, post-processing.
- HSR, frame buffer, texture mapping, alpha-blending and fogging, anti-aliasing, dithering, , post-processing.

16. Тип вопроса: одиночный выбор.

Какие объекты являются основными объектами полигональной поверхности.

- Вершины. (+)
- Ребра.
- Треугольники.
- Многоугольники.

17. Тип вопроса: одиночный выбор.

Z-буфер это:

- Список объектов в порядке удаленности от камеры.
- Список поверхностей в порядке удаленности от камеры.
- Двумерный массив глубин (+)

18. Тип вопроса: одиночный выбор.

Какой вид теней соответствует точечному источнику света:

- Hard shadows. (+)
- Soft shadows.
- Umbra
- Penumbra

19. Тип вопроса: одиночный выбор.

Shadow volume это:

- Полигональный объем пространства, отбрасывающий тень.
- Полигональный объем пространства, из которого не наблюдается источник света (+)

20. Тип вопроса: краткий ответ.

Что такое операция свертки.

Ответ: это математическая операция, применённая к двум функциям f и g, , порождающая третью функцию

21. Тип вопроса: одиночный выбор.

Что формирует растровое изображение

- Треугольники
- Пиксели(+)
- Полигоны

22. Тип вопроса: множественный выбор.

Какие аббревиатуры относятся к цветовым моделям?

- ABC
- HSV(+)
- LAB(+)
- RGB(+)
- MCYK

23. Тип вопроса: множественный выбор.

Какие операции матморфологии сохранят размер объекта?

- Opening(+)
- Closing(+)
- Dilation
- Erosion
- Top Hat

24. Тип вопроса: одиночный выбор.

Какой фильтр способен убрать шум «Соль и перец» из бинарного изображения?

- Медианный(+)
- Усреднение
- Тиснение
- Гауссовский

25. Тип вопроса: короткий ответ

Что такое бинарное изображение

Ответ: Изображение, пиксели которого могут принимать одно из двух значений (обычно 0 или 1)

26. Тип вопроса: короткий ответ

Напишите формулу для фильтра «инверсия».

Ответ: 255-R, 255-G, 255-B

27. Тип вопроса: короткий ответ

Что приближают фильтры поиска границ на изображении?

Ответ: градиент

28. Тип вопроса: короткий ответ

Какого цвета считается естественное освещение в сцене?

Ответ: белого

29. Тип вопроса: короткий ответ
Назовите субтрактивные модели цвета, которые вы знаете.
Ответ: CMYK
30. Тип вопроса: короткий ответ
Напишите ядро фильтра Собеля.
Ответ: $\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Список вопросов для индивидуального собеседования на экзамене:

1. Компьютерная графика в информационных системах. Классификация разделов инженерной графики в широком смысле.
2. Теория цвета. Цвет и цветовые модели. Классификация моделей и их использование в графических форматах.
3. Принципы, API, классы и методы программирования 2d-графики и графического интерфейса пользователя для .NET Framework
4. Обработка изображений, фильтры точечные и матричные, методы матморфологии в обработке изображений.
5. Параметрические полиномиальные кривые и поверхности. Сплайны Безье и NURBS.
6. Базовые растровые алгоритмы. Алгоритм Брезенхэма.
7. Основные алгоритмы вычислительной геометрии
8. Фракталы геометрические и алгебраические. Метод систем итеративных функций.
9. Координатный метод в компьютерной и инженерной графике. Однородные координаты. Структура матрицы преобразования. Классификация проекций.
10. Перспективные проекции. Классификация. Геометрическая интерпретация коэффициентов матрицы.
11. Математические основы захвата трехмерного движения объекта по плоским изображениям.
12. Графический 3d-конвейер и синтез изображений. Архитектура вершинного и пиксельного (фрагментного) шейдеров. Шейдеры и графический конвейер.
13. Методы текстурирования. Линейная, билинейная, трилинейная и анизотропная фильтрация. Bump-mapping и normal-mapping. Антиалиасинг.
14. Базовые программные средства 3D-графики. OpenGL (или DirectX: что изучалось)
15. Локальные модели освещения. Понятия Lighting и Shading.
16. Глобальное моделирование освещения. Основные понятия и подходы. Трассировка лучей. Излучательность (Radiosity). Метод фотонных карт (Photon-mapping).
17. Методы и алгоритмы трехмерной графики. Реалистичная визуализация 3d-сцен
18. Удаление невидимых элементов. Тени.
19. Подходы к оптимизации вычислений в компьютерной графике
20. Визуализация в реальном времени и использование шейдерных языков в 3d-графике
21. Методы моделирования природных объектов и явлений с применением шейдеров
22. Научная изуализация и метод Volume Rendering.

Темы практических заданий и примеры вопросов для индивидуального собеседования по итогам практических заданий:

1) «Цветовые модели». Преобразование изображения из модели RGB в HSV
    a. Какие средства были выбраны для реализации пользовательского интерфейса и почему?

b. Какие структуры данных были использованы для хранения изображения?

2) «Обработка изображений». Реализация простейших точечных и матричных фильтров, инструментов математической морфологии
   a. Чем отличается точечный фильтр от матричного?
   b. От чего зависит производительность применения фильтра?
   c. Какие ограничения накладываются на ядро свертки (матричный фильтр)?
   d. Как можно обрабатывать граничные пиксели изображения в случае матричного фильтра?
3) «Моделирование и визуализация трехмерных полигональных сцен с помощью OpenGL. Текстурирование простых объектов»
   a. Диапазон значений текстурных координат?
   b. Как вычисляются текстурные координаты?
   c. Какие способы сглаживания текстур вы знаете?
   d. Что такое MIP текстурирование?
   e. Технология bump mapping. Как с помощью текстуры создать иллюзию более сложной формы предмета?
4) «Алгоритм трассировки лучей»
   a. Является ли алгоритм трассировки лучей распараллеливаемым?
   b. Какие структуры данных обеспечивают трассировку лучей?
   c. Как реализовать рекурсию через очередь?
   d. Назовите ограничения алгоритма трассировки лучей?
   e. Поразмышляйте над разными способами остановки алгоритма?
   f. Чем так привлекателен алгоритм трассировки лучей?

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ от 13.02.2014.
http://www.unn.ru/pages/general/norm-acts/attest_stud%202014.pdf

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1) Курс: Турлапов В.Е. «Компьютерная графика ДО» https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=804.
2) Курс: Александр Куликов, Тамара Овчинникова. Алгоритмические основы современной компьютерной графики, ИНТУИТ (http://www.intuit.ru/studies/courses/70/70/info)
3) Курс: Денис Боголепов, Вадим Турлапов. Компьютерная графика в инженерном анализе и научной визуализации, ИНТУИТ (http://www.intuit.ru/studies/courses/587/443/info)

б) дополнительная литература:

1) Курс: Андрей Семенов. Программирование графических процессоров с использованием Direct3D и HLSL (http://www.intuit.ru/studies/courses/1120/175/info)
2) Курс: Создание графических моделей с помощью Open Graphics Library(OpenGL). ИНТУИТ (http://www.intuit.ru/studies/courses/2313/613/info)

3) Компьютерная графика. Алгоритмические основы растровой графики (лекция по фильтрации изображений, предполагает регистрацию на сайте ИНТУИТ). http://www.intuit.ru/department/graphics/rastrgraph/8

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1) Труды конференций Графикон http://www.graphicon.ru/
2) Курс "Введение в компьютерное зрение" 2015 (ВМК МГУ) https://www.youtube.com/playlist?list=PLbwKcm5vdiSZGvD9tL4bxj9zXlGfgWstZ
3) Библиотека OpenTK https://github.com/opentk/opentk
4) Спецификации OpenGL и GLSL https://www.opengl.org/
5) Timothy J. Purcell. Ray Tracing on a Stream Processor. 2004 http://graphics.stanford.edu/papers/tpurcell_thesis
6) Martin Christen. Ray Tracing on GPU. http://www.clockworkcoders.com/oglsl/rt
7) Fast 3D triangle-box overlap testing. http://www.cs.lth.se/home/Tomas_Akenine_Moller/pubs/tribox.pdf

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория, оснащенная партами, стульями, учебной доской, проектором. Компьютерный класс для выполнения практических заданий и демонстрации результатов домашних практических заданий. Учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде, в электронных библиотеках и на кафедре математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий ИТММ.

В компьютерном классе установлена операционная система Windows (лицензия), Microsoft Visual Studio 2010 (лицензия), библиотека OpenTK (open source) на сайте https://opentk.github.io/ есть ссылка на лицензию, предваряемая фразой: The Open Toolkit is distributed under the permissive MIT/X11 license and is absolutely free. View license on GitHub (https://github.com/opentk/opentk/blob/master/Documentation/License.txt)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ОПОП ВО по направлению 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Авторы_____В.Е. Турлапов

_____А.А.Белокаменская

Рецензент _____С.Н. Жуков

Заведующий кафедрой_____ Р.Г. Стронгин

Программа одобрена на заседании методической комиссии Радиофизического факультета. Протокол № 02/18 от «27» июня 2018 года.