

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(ТГПУ)**

«УТВЕРЖДАЮ»  
Декан физико-математического  
факультета



А.Н. Макаренко

2013 года

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б.2.В.03 – Вычислительная геометрия**

ТРУДОЕМКОСТЬ (В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ) 7

Направление подготовки 230400.62 – информационные системы и технологии

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

### **1. Цели изучения дисциплины.**

Целью преподавания дисциплины является изучение и освоение базовых понятий, моделей, методов, структур данных и алгоритмов, применяемых при решении задач вычислительной геометрии. Цель позволяет конструировать содержание новых дисциплин и элективных курсов для предпрофильной и профильной подготовки обучающихся, обеспечивающее качество образовательного процесса, а также способствует осуществлению профессионального и личностного самообразования, проектированию дальнейшего образовательного маршрута и профессиональной карьеры.

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

Данная дисциплина входит в профессиональный цикл М.2 (вариативную часть) и изучается в первом семестре магистерской программы «Информатика в образовании» по направлению подготовки 050100 – «Педагогическое образование». Изучение данной дисциплины необходимо для успешного освоения дисциплины «Дизайн-эргономические требования к педагогическим программным средствам».

### **3. Требования к уровню освоения программы.**

Компетенции, формируемые учебной дисциплиной «Вычислительная геометрия»:  
владение широкой общей подготовкой (базовыми знаниями) для решения практических задач в области информационных систем и технологий (ОК-6);

умение критически оценивать свои достоинства и недостатки, наметить пути и выбрать средства развития достоинств и устранения недостатков (ОК-7);

готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОК-10);

способность к проектированию базовых и прикладных информационных технологий (ПК-11);

способность разрабатывать средства реализации информационных технологий (методические, информационные, математические, алгоритмические, технические и программные) (ПК-12);

готовность участвовать в работах по доводке и освоению информационных технологий в ходе внедрения и эксплуатации информационных систем (ПК-15);

готовность проводить подготовку документации по менеджменту качества информационных технологий (ПК-17);

способность обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений (ПК-25);

готовность использовать математические методы обработки, анализа и синтеза результатов профессиональных исследований (ПК-26);

способность оформлять полученные рабочие результаты в виде презентаций, научно-технических отчетов, статей и докладов на научно-технических конференциях (ПК-27).

способность к осуществлению инсталляции, отладки программных и настройки технических средств для ввода информационных систем в промышленную эксплуатацию (ПК-31).

готовность обеспечивать безопасность и целостность данных информационных систем и технологий (ПК-33);

готовность адаптировать приложения к изменяющимся условиям функционирования (ПК-34);

способность составления инструкций по эксплуатации информационных систем (ПК-35).

Обучающийся в результате изучения дисциплины «Вычислительная геометрия» должен:

*знать:*

- представление и моделирование геометрических объектов;
  - алгоритмы построения выпуклой оболочки и триангуляции;
  - решение задач в области вычислительной геометрии: сглаживание кривых и поверхностей, построение линий уровня и т.д.;
  - алгоритмы компьютерной графики: отрисовка примитивов, заливка, отсечение невидимых контуров и т.д.
  - методы оценки вычислительной сложности геометрического алгоритма;
- уметь:*
- применять алгоритмы вычислительной геометрии в практических приложениях;
  - разрабатывать прикладные программы геометрического проектирования для нужд конкретных предметных областей, в том числе педагогические программные средства;
- владеть:*
- навыками разработки эффективных математических моделей для описания геометрических данных;
  - навыками проектирования программных систем, использующих решение геометрических задач.

#### 4. Общая трудоемкость дисциплины 7 зачетных единиц и виды учебной работы.

Вид учебной работы	Трудоемкость (в соответствии с учебным планом) (час)	Распределение по семестрам (в соответствии с учебным планом) (час)		
	252	5		
Аудиторные занятия	114 (в том числе в интера. – 12)	114 (в том числе в интера. – 12)		
Лекции	57	57		
Практические занятия				
Семинары				
Лабораторные работы	57	57		
Другие виды аудиторных работ				
Другие виды работы				
Самостоятельная работа	111	111		
Курсовой проект (работа)				
Реферат				
Расчетно-графические работы				
Формы текущего контроля				
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом	27	экзамен		

#### 5. Содержание учебной дисциплины.

##### 5.1. Разделы учебной дисциплины.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (темы)	Аудиторные часы					Самостоятельная работа (час)
		ВСЕГО	лекции	практические (семинары)	Лабораторные	В т.ч. интерактивные формы обучения (не менее 40%)	
1	Введение. Понятие, предмет и объект вычислительной геометрии.	6	6				5
2	Алгоритмы построения выпуклых	30	12		18	2	26

	оболочек и триангуляции.						
3	Решение прикладных задач с использованием прямоугольной и треугольной сеток.	24	12		12	4	26
4	Задачи, связанные с кривыми и поверхностями на плоскости и в пространстве.	24	12		12	2	26
5	Алгоритмы компьютерной графики.	30	15		15	4	28
	<b>Итого:</b>	<b>114/3,2</b> <small>зач.ед.</small>	<b>57</b>	–	<b>57</b>	<b>12/11%</b>	<b>111</b>

### **5.2. Содержание разделов дисциплины.**

#### *1. Введение. Понятие, предмет и объект вычислительной геометрии.*

Понятие о компьютерной графике. Видеопамять, видеоадаптеры. Растровая и векторная графика. Алгоритмы компьютерной графики и их связь с геометрией. Понятие, предмет и объект вычислительной геометрии.

#### *2. Алгоритмы построения выпуклых оболочек и триангуляций.*

Выпуклые множества на плоскости. Понятие выпуклости с точки зрения элементарной геометрии и с точки зрения линейной алгебры. Выпуклая комбинация, как частный случай линейной комбинации. Выпуклая оболочка множества точек. Простейший метод построения выпуклой оболочки (на основе поиска самого «левого» или «правого» вектора). Относительное положение точки и вектора. Эффективные методы: метод Джарвиса (заворачивание подарка), метод Грэхема, метод «разделяй и властвуй». Оценка эффективности методов построения выпуклой оболочки. Слияние выпуклых оболочек.

Понятие о триангуляции множества точек. Набор треугольников и отношение соседства. Зависимость количества треугольников от числа точек. Простейший алгоритм триангуляции. Жадная триангуляция. Минимальная триангуляция и отсутствие эффективного алгоритма минимальной триангуляции. Диаграмма Вороного и триангуляция Делоне. Критерий Делоне. Подходы к построению триангуляции Делоне: построение по диаграмме Вороного, перестроение произвольной триангуляции по критерию Делоне, использование динамического кэширования.

#### *3. Решение прикладных задач с использованием прямоугольной и треугольной сеток.*

Моделирование пространственных объектов: точные и приближенные методы. Использование прямоугольных и треугольных сеток. Цифровая модель рельефа, как простейший пример. Преимущество треугольной сетки на примере задачи построения линий уровня. Построение диаграммы Вороного по триангуляции Делоне. Применение триангуляции Делоне для эффективного приближенного решения задачи коммивояжера.

#### *4. Задачи, связанные с кривыми и поверхностями на плоскости и в пространстве.*

Явное и параметрическое описание кривых и поверхностей. Простейшая модель кривой и ее недостатки. Задача сглаживания кривых. Сплайны и кривые Безье, их применение. Построение линий уровня по коридору.

#### *5. Алгоритмы компьютерной графики.*

Отрисовка примитивов. Прямые линии, прямоугольники, окружности, эллипсы, дуги. Алгоритмы удаления невидимых линий и поверхностей. Простой алгоритм заливки. Метод Фонга. Прямая и обратная фотограмметрические задачи. Понятие об обратной трассировке луча.

### **5.3. Лабораторный практикум.**

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	2	Нахождение выпуклой оболочки набора точек методом упорядочивания крайних точек по возрастанию полярного угла.
2	2	Нахождение выпуклой оболочки набора точек методом Грэхема.
3	2	Алгоритм быстрого метода построения выпуклой оболочки.

4	2	Алгоритм построения жадной триангуляции.
5	2	Простейший алгоритм построения триангуляции со структурами triang1 и triang2.
6	2	Триангуляция Делоне множества точек.
7	2	Построение диаграммы Вороного по триангуляции Делоне. Построение триангуляции Делоне по диаграмме Вороного.
8	3	Алгоритм построения линий уровня.
9	4	Аппроксимация с помощью кубических сплайнов.
10	4	Сглаживание с помощью кривых Безье.
11	5	Отрисовка примитивов.
12	5	Простой алгоритм заливки.

## **6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.**

### 6.1. Основная литература по дисциплине:

1. Долганова Н.Ф. Элементы вычислительной геометрии. 2009.
2. Долганова Н.Ф. Элементы вычислительной геометрии: алгоритмы построения выпуклой оболочки. 2010.

### 6.2. Дополнительная литература:

1. Дегтярев В. М. Компьютерная геометрия и графика. 2011.
2. Никулин Е. А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики. 2005.
3. Атанасян Л. С., Базылев В. Т. Геометрия. 1986. – Ч. 1-2.
4. Базылев В. Т., Дуничев К. И. Геометрия. 1975. – Ч. 1-2.
2. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных. 2007.

### 6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины.

<http://algotlist.manual.ru/math/geom/>

### 6.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Среда разработки, основанная на языке Object Pascal (Lazarus/Delphi).  
Интерактивная доска.

## **7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.**

### **7.1. Методические рекомендации (материалы) преподавателю.**

При изложении материала курса лекций преподавателю рекомендуется использовать не только список литературы, приведенный в перечне рекомендуемой литературы (п. 6.1.), но и опираться на фундаментальные труды в области вычислительной геометрии: 1) *Препарата Ф., Шеймос М.* Вычислительная геометрия (Москва, 1989); 2) *Роджерс Д., Адамс Дж.* Математические основы машинной графики (Москва, 2001); 3) *Фокс А., Пратт М.* Вычислительная геометрия: применение в проектировании и на производстве (Москва, 1982).

При рассмотрении темы «Триангуляция Делоне» целесообразно опираться на книгу *Скворцова А.В.* Триангуляция Делоне и ее применение (Томск, 2002).

При проведении лабораторных занятий предполагается использование разработанных методических материалов (см. основная литература [2]), в которых предусмотрено несколько уровней работы с алгоритмами построения структур вычислительной геометрии (от репродуктивного до самостоятельного); а также различных активных и интерактивных форм проведения занятий (рецензирование студентами работ друг друга, оппонирование студентами проектов реализации самостоятельных работ).

Материал дисциплины следует излагать на дедуктивной (аксиоматической) основе, учитывая интегративный характер дисциплины, синтезирующей в себе положения из фундаментальных основ информатики, математики и программирования.

Целесообразно применять «задачный» подход к изучению всех разделов курса, т.е. рассмотрение каждого раздела курса должно происходить на примере конкретных

практических задач. При этом задачи должны подбираться таким образом, чтобы развивалась алгоритмическая культура и алгоритмическое мышление студентов, а также формировалось хорошо развитое теоретическое (понятийное) мышление в области информатики и геометрии.

Преподаватель, читающий данный курс, при изложении дисциплины должен постараться донести до студентов осознание того, что обучение навыкам программирования, а также разработки и использования новых информационных технологий невозможно и без обучения математики на углубленном уровне.

### ***7.2. Методические рекомендации для студентов.***

Студентам в обязательном порядке рекомендуется вести конспект лекций.

На лабораторных занятиях при практической реализации алгоритмов вычислительной геометрии следует опираться на уже имеющиеся разработанные материалы (см. основная литература [2]) и выполнять перечень заданий приведенных в них как в рамках аудиторных часов, так и в рамках самостоятельной работы.

По завершению курса студенту необходимо владеть навыками: анализа готового программного продукта, доработки программного продукта и создания собственных программных продуктов. При этом допускается отступление от приведенных вариантов и средств реализации алгоритмов. Основным требованием является понимание основных идей и способов реализации алгоритмов на различных уровнях готовности.

## **8. Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.**

### ***8.1. Тематика рефератов.***

1. Алгоритмы ЦДА для вычерчивания отрезка и окружности.
2. Алгоритмы Берзенхема для вычерчивания отрезка и окружности.
3. Алгоритм отсечения для множества отрезков.
4. Алгоритм отсечения для многоугольников.
5. Удаление невидимых граней многогранника.
6. Алгоритм плавающего горизонта для удаления невидимых линий.

### ***8.2. Вопросы и задания для самостоятельной работы, в том числе групповой самостоятельной работы обучающихся.***

1. Нахождение выпуклой оболочки набора точек методом «Разделяй и властвуй».
2. Триангуляция Делоне множества точек.
3. Построение диаграммы Вороного по триангуляции Делоне.
4. Построение триангуляции Делоне по диаграмме Вороного.
5. Использование линейных преобразований в задачах компьютерной графики (параллельный перенос, повороты, проективные преобразования).
6. Отсечение набора отрезков и полигонов по границам области выпуклого полигона.
7. Построение кубических кривых Безье.
8. Кубические сплайны.
9. Кривая Фергюсона.

### ***8.3. Вопросы для самопроверки, диалогов, обсуждений, дискуссий, экспертиз.***

См. п. 8.5.

### ***8.4. Примеры тестов.***

*Задание 1.*

Является ли прямая выпуклой фигурой?

Является ли открытый шар выпуклой фигурой?

Является ли закрытый шар выпуклой фигурой?

Является ли тетраэдр выпуклой фигурой?

- Является ли точка выпуклой фигурой?
- Является ли пустое множество выпуклой фигурой?
- Является ли пересечение двух выпуклых фигур выпуклой фигурой?
- Является ли пересечение конечного числа выпуклых фигур выпуклой фигурой?

Варианты ответа:

1. да; (правильный)
2. нет.

*Задание 2.*

Что называется выпуклой оболочкой множества точек  $S$ ?

Варианты ответа:

1. выпуклое множество, содержащее  $S$ ;
2. множество, содержащее  $S$  нет;
3. наименьшее выпуклое множество, содержащее  $S$ . (правильный)

*Задание 3.*

Пусть в  $d$ -мерном евклидовом пространстве  $E^d$  заданы  $k$  различных точек  $p_1, \dots, p_k$ .  
Как называется множество точек вида:

$$p = a_1 p_1 + a_2 p_2 + \dots + a_k p_k \quad (a_i \in \mathbb{R}, \quad a_i \geq 0, \quad a_1 + a_2 + \dots + a_k = 1) ?$$

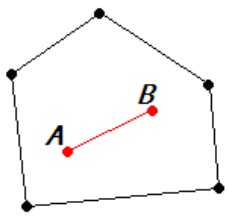
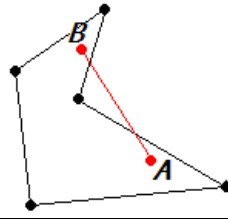
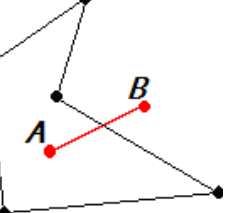
Варианты ответа:

1. выпуклым множеством; (правильный)
2. единичным множеством;
3. линейным множеством.

*Задание 4.*

Когда множество  $L$ , принадлежащее  $d$ -мерному евклидовому пространству  $E^d$ , является выпуклым?

Варианты ответа:

1. (правильный)	
2.	
3.	

*Задание 5.*

Во скольких точках пересекает границу выпуклого тела луч, исходящий из внутренней точки этого тела.

Варианты ответа:

1. 1; (правильный)
2. 2;
3. 3.

*Задание 6.*

Что называется политопом?

Варианты ответа:

1. пересечение конечного множества замкнутых полупространств;  
(правильный)
2. пересечение множества замкнутых полупространств;
3. пересечение конечного множества полупространств.

Тестирование проводится в рамках текущего контроля. Тестирование проводится во время занятий не реже двух раз в семестр (на 8-9 учебное неделе; на последней неделе семестра).

Тест-билет содержит вопросы по пройденным на момент тестирования дидактическим единицам. Общее количество вопросов в тест-билете – 15-25 вопросов.

Критерии оценки:

- «5» – 85 - 100% правильных ответов.
- «4» – 70 - 84% правильных ответов.
- «3» – 50 - 69% правильных ответов.
- «2» – меньше 49 % правильных ответов.

#### ***8.5. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (к экзамену).***

1. Понятие о компьютерной графике.
2. Понятие о видеопамяти, видеоадаптерах.
3. Понятие о растровой и векторной графике.
4. Алгоритмы компьютерной графики и их связь с геометрией.
5. Основные понятия начертательной геометрии и вычислительной геометрии.
6. Выпуклые множества на плоскости.
7. Понятие выпуклости с точки зрения элементарной геометрии и с точки зрения линейной алгебры.
8. Выпуклая комбинация, как частный случай линейной комбинации.
9. Понятие выпуклой оболочки множества точек.
10. Алгоритм построения выпуклой оболочки с помощью упорядочивания крайних точек по полярному углу.
11. Метод обхода Грэхема.
12. Алгоритм Эндрю.
13. Метод обхода Джарвиса.
14. Алгоритм типа «Разделяй и властвуй» для построения выпуклой оболочки.
15. Алгоритм «быстрого построения» выпуклой оболочки.
16. Оценка эффективности методов построения выпуклой оболочки.
17. Понятие триангуляции и ее представление в ЭВМ.
18. Проверка принадлежности точки треугольнику.
19. Простейший алгоритм построения триангуляции.
20. Оптимальная триангуляция.
21. Жадный алгоритм построения триангуляции.
22. Триангуляция Делоне.
23. Связь триангуляции Делоне и диаграммы Вороного.
24. Некоторые способы проверки условия Делоне.
25. Подходы к построению триангуляции Делоне.
26. Преимущество треугольной сетки на примере задачи построения линий уровня.
27. Построение линий уровня по триангуляции.
28. Понятие коридора и его использование при построении линий уровня.



- 29.Сглаживание. Обзор методов.
- 30.Кубические сплайны.
- 31.Кривые Безье.
- 32.Простейший алгоритм закраски.

***8.6. Темы для написания курсовой работы.***

Не предусмотрены.

***8.7. Формы контроля самостоятельной работы.***

Защита рефератов.

Защита проектов заданий для самостоятельной работы.

Тестирование.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки **230400.62 – Информационные системы и технологии**

Рабочая программа учебной дисциплины составлена:

Кандидат технических наук,  
заведующий кафедрой информатики                     *АС*                     А.Н. Стась

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры информатики  
протокол №                     1                     от «                     30                     »                     августа                     2013 г.

Зав. кафедрой информатики                     *АС*                     А.Н. Стась

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена методической комиссией физико-математического факультета

протокол №                     1                     от «                     30                     »                     августа                     2013 г.

Председатель методической комиссии                     *ЗАС*                     З.А. Скрипко