

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

«24» октября 2017 г.

Программа аспирантуры

Направление 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника

Направленность (специальность) 05.13.15 – Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Проблема исключения вычислительных аномалий»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.3.2

Всего: 72 часа

Семестр 5, в том числе 6 часов – контактная работа,  
48 часов – самостоятельная работа,  
18 часов – контроль

Москва 2017

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. № 875, и паспорта специальности, 05.13.15 Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети, указанной в номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** изучения дисциплины является изучение методов исключения вычислительных аномалий, возникающих при выполнении программных реализаций алгоритмов на ЭВМ.

**Задачами** дисциплины являются:

- изучение причин возникновения вычислительных аномалий;
- изучение методов исключения вычислительных аномалий;
- изучение современных методов отладки и исследования программ;
- ознакомление с новыми подходами в машинной арифметике и их реализацией на современных параллельных вычислительных архитектурах.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- Способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- Владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- Способность объективно оценивать результаты исследований и разработок, выполненных другими специалистами и в других научных учреждениях (ОПК-5);
- Умение самостоятельно разрабатывать аппаратные или программные средства вычислительной техники (ПК-1);
- Знание современных теоретических и экспериментальных методов исследования и анализа современных вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей (ПК-2);
- Умение пользоваться методами и средствами эффективного использования вычислительной техники и компьютерных сетей (ПК-5).

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **знать:**

- методы и алгоритмы реализации высокоточных вычислений на современных параллельных вычислительных архитектурах (ПК-5);
- методы исключения вычислительных аномалий в реализациях алгоритмов (ПК-1);

### **уметь:**

- производить проектирование и комплексные исследования в междисциплинарных областях (УК-2);
- следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- использовать современные информационно-коммуникационные технологии для проведения научных исследований (ОПК-2);
- объективно анализировать алгоритмы, предлагаемые другими специалистами (ОПК-5);
- разрабатывать методы исключения вычислительных аномалий (ПК-2);

### **владеть:**

- владение основами традиционных и новых подходов в машинной арифметике и вычислительной геометрии, а также способами их применения на практике (ПК-5).
- методами объективной оценки результатов мировых исследований и разработок в машинной арифметике (ОПК-5);

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1. Вычисления с плавающей запятой и их особенности**

Семантический разрыв между абстрактным алгоритмом и его реализацией на данной вычислительной системе. Различия между арифметикой действительных чисел, арифметикой с плавающей запятой и её реализациями на конкретных аппаратных архитектурах. Стандарт IEEE754. Зависимость результата вычислений от опций компилятора. Вычислительные аномалии как следствие семантического разрыва.

### **2. Ошибки округления и методы ограничения их влияния на примере задач вычислительной геометрии**

Алгоритмы вычислительной геометрии и их подверженность влиянию ошибок округления. Топологическая целостность данных. Вычислительные аномалии в алгоритмах вычислительной геометрии. Методы снижения влияния ошибок округления на результаты алгоритмов. Проявление вычислительных аномалий в задачах других типов. Задачи, сводящиеся к задачам вычислительной геометрии. Задачи ранжирования. Изменение свойств чисел при округлении.

### **3. Формализация понятия «вычислительная аномалия»**

Качественно неверный результат, недостоверный результат. Интервальные вычисления. Вычисления с исключением ошибок округления, вычисления с ослаблением влияния ошибок округления, примеры реализаций.

### **4. Применение современных вычислительных архитектур для исключения вычислительных аномалий**

Использование графических процессоров для вычислений (GP GPU). Архитектура NVIDIA CUDA, её преимущества и ограничения. Варианты реализации вычислений повышенной разрядности для архитектуры NVIDIA CUDA. Системы счисления, допускающие распараллеливание арифметических операций (многомодульная и знакоразрядная системы счисления).

### **6. Современные подходы к тестированию и верификации алгоритмов.**

Тестирование алгоритмов на устойчивость методом фаззинга (fuzzing), а именно, методом подачи на вход некорректных, специально сгенерированных, или случайных данных. Применение фаззинга для проверки алгоритмов на подверженность вычислительным аномалиям. Статический и динамический

анализ программ. Формальная верификация программ. Методы формальной верификации: абстрактная интерпретация, анализ путей выполнения. Программные средства статического анализа программ и формальной верификации: язык спецификаций ACSL, clang, cppcheck.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 5-й семестр – дифференцированный зачет.

### **Вопросы для самоконтроля и проведения зачетов**

1. Опишите формат чисел с плавающей запятой. Перечислите недостатки чисел такого формата. (ПК-5)
2. Сформулируйте критерий достоверности результата вычислений. (ПК-5)
3. Каким свойством должна обладать оценка ошибки округления, чтобы её можно было использовать для определения достоверности результата вычислений? (ПК-5)
4. В каких участках исходного кода алгоритма возможно возникновение недостоверного результата? (ПК-1)
5. Приведите пример реализации вычислений с исключением ошибок округления. (ПК-1)
6. Приведите пример реализации вычислений с ослаблением влияния ошибок округления. (ПК-1)
7. Приведите пример вычислительной аномалии для одного из алгоритмов вычислительной геометрии. (ОПК-5)
8. Почему алгоритмы вычислительной геометрии настолько подвержены влиянию ошибок округления? (ОПК-2)
9. Какие ограничения имеет применение вычислений с исключением ошибок округления?(ПК-2)
10. Назовите особенности вычислительных архитектур графических процессоров.(ОПК-2)
11. Почему при реализации высокоточных вычислений на графических процессорах необходим переход к другим системам счисления?(ОПК-2)
12. Назовите преимущества и недостатки многомодульной системы счисления.(ПК-5)
13. Назовите преимущества и недостатки знакоразрядной системы счисления.(ПК-5)

14. Для вычисления выражений какого вида применение многомодульной системы счисления даст преимущество перед знакоразрядной?(ПК-5)
15. Приведите примеры классов задач, не относящихся к вычислительной геометрии, для которых также возникают вычислительные аномалии. (ПК-5)
16. Назовите отличия статического и динамического анализа программ.(ОПК-2)
17. Формальная верификация программ. Языки спецификаций.(ОПК-5)
18. Перечислите методы статического анализа программ. (ОПК-2)
19. Предмет вычислительной геометрии. Основные задачи и подзадачи, встречающиеся в алгоритмах вычислительной геометрии.(ПК-5)
20. Вычисления с ослаблением влияния ошибок округления как универсальный способ обеспечения корректности результатов геометрического моделирования и исключения вычислительных аномалий.(ПК-1)
21. Объясните причины возникновения ошибок округления. Перечислите способы ограничения влияния ошибок округления на точность выполнения алгоритмов вычислительной геометрии.(ПК-2)
22. Дайте определение понятию «вычислительная аномалия».(ПК-2)
23. Объясните, почему алгоритмы решения задач вычислительной геометрии влиянию ошибок округления (на примере построения выпуклой оболочки множества точек плоскости). (ПК-2)
24. Перечислите преимущества модулярной системы счисления перед позиционной. Возможности точного оперирования с рациональными числами. (ПК-5).
25. Знакоразрядная система счисления. Возможности распараллеливания арифметических операций в знакоразрядной системе счисления. (ПК-5).

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная литература:**

1. Кнут Д. Искусство программирования. Том 1. Основные алгоритмы / Д. Кнут — М.: Вильямс, 2014. — 720 стр. — ISBN 978-5-8459-0080-7

### **Дополнительная литература:**

2. Кнут Д. Искусство программирования. Том 2. Получисленные

- алгоритмы / Д. Кнут — М.: Вильямс, 2003. — 832 стр. — ISBN 5-84590-081-6
3. Алгоритмы. Построение и анализ / Т. Кормен и др. — 2-е изд., стереотип. — М.: МЦНМО, 2004. — 960 стр. — ISBN 5-900916-37-5
  4. Зубков С.В. Assembler для DOS, Windows и Unix / С.В. Зубков — М.: ДМК Пресс, 2006 г. — 608 стр. — ISBN 5-940742-59-9
  5. Fuzzing. Исследование уязвимостей методом грубой силы / М. Саттон и др. — СПб.: Символ-плюс, 2009 г. — 560 стр. — ISBN 978-5-93286-147-9
  6. Роджерс Д. Математические основы машинной графики / Д.Роджерс, Дж.Адамс — М.: Мир, 2001г. — 604 стр. — ISBN 5-03-002143-4