

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (специальность) 05.13.11 Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Семантика программ»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.2

Всего: 108 часов

Семестр 7, в том числе

6 часов – контактная работа,  
84 часа – самостоятельная работа,  
18 часов – контроль

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, указанной в номенклатуре специальностей научных работников 05.13.11 Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** изучения дисциплины является формирование фундамента профессиональной научной подготовки специалистов высшей квалификации по специальности 05.13.11 путем овладения знаниями об единстве и разнообразии подходов, современных тенденциях и формализмах в теории вычислений и программирования.

**Задачами** дисциплины являются:

- формирование у будущих ученых в области информационных технологий систематизированных, математически подкрепленных представлений о стилях программирования и их взаимосвязи, а также о связанных с ними теоретических проблемах;
- систематизация знаний обучающихся об основных формальных моделях вычислений, известных и нетрадиционных способах задания вычислимых функций и отношений, различных уточнениях понятия вычислительного процесса;
- знакомство с известными типами семантик языков программирования и средствами их описания, задачами и методами анализа семантических характеристик и отношений программ.

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

– способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

– 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);

– владение языками и системами программирования, системами управления базами данных и знаний, операционными системами и программными инструментами для организации взаимодействия программ и программных систем (ПК-4);

– способность выполнять анализ программ и программных систем, их эквивалентные преобразования, верификацию и тестирование (ПК-5).

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать **следующие результаты образования:**

### **знать:**

– определения, назначение и взаимосвязь различных видов семантики программ для основных стилей программирования (УК-1);

– фундаментальные модели и основные проблемы теории программирования и теории вычислений (ОПК-5);

### **уметь:**

– проводить семантический анализ программ, доказывать их свойства и осуществлять эквивалентные преобразования (ПК-5);

– корректно определять новые формальные языки с различными областями интерпретации (ОПК-2);

**владеть:**

– навыками различных стилей программирования с использованием традиционных и специальных языков императивного и декларативного программирования (ПК-4).

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основные понятия (2 часа самостоятельной работы)**

Общие понятия и принципы построения формальных интерпретированных языков. Примеры из математической логики и теории вычислений.

Концепции вычислений. Понятие задачи и массовой проблемы. Неформальное определение вычислимости и его формальные уточнения.

Понятие программы и языка программирования. Средства задания синтаксиса языков программирования и классификация языков по их синтаксической сложности.

Виды семантик языков программирования. Стили и уровни программ и языков программирования. Семантическая классификация языков программирования.

### **Формальные модели в теории вычислений**

(8 часов самостоятельной работы)

Классические уточнения понятия алгоритма. Машина Тьюринга, алгорифмы Маркова, челночные алгорифмы Нагорного, абак. Рекурсивное определение алгоритмов по Криницкому.

Архитектура вычислительной машины фон-Нейманна. Схемы программ. Логическая спецификация программ. Метод Хоара.

## **Теории вычислимых функций (18 часов самостоятельной работы)**

Рекурсивные функции.

Тезис Черча. Рекурсивные и рекурсивно-перечислимые множества. Техника нумерации рекурсивных множеств конструктивных объектов. Алгебра унарных частично-рекурсивных функций (УЧРФ). Эквивалентные преобразования УЧРФ. Существование и вычисление минимальных решений уравнений в алгебре УЧРФ. Исчисление УЧРФ с оператором рекурсии. Универсальная рекурсивная функция. Архитектура машины вычисления значений универсальной функции. Представление универсальной функции как УЧРФ.

Лисп и Рефал. Композиционное функциональное программирование. Решение систем функциональных уравнений. Функциональная система Бэкуса.

## **Трансформационные модели вычислений**

(14 часов самостоятельной работы)

Лямбда-исчисление Черча как универсальная модель вычислений.

Язык лямбда-исчисления. Свободные переменные, контексты, операция подстановки, альфа-конверсия и бета-редукция лямбда-термов. Отношения редукции и конверсии лямбда-термов. Нормальная форма. Теорема Черча-Россера и ее следствия. Редукция термов как процесс вычислений. Стратегии редукции, стандартная редукция. Рекурсия (решение уравнений и систем уравнений) в лямбда-исчислении. Комбинатор Карри. Алгоритмически неразрешимые проблемы. Моделирование в лямбда-исчислении формальных объектов, вычислимых функций и предикатов. Исчисление комбинаторов Карри.

## **Теория направленных отношений и декларативное программирование**

(28 часов самостоятельной работы)

Направленные отношения (НО): основные определения, бестиповые и типизированные НО, языки схем НО, способы композиции НО, основная

универсальная сигнатура. Классификация языков схем направленных отношений, регулярные и рекурсивные схемы НО. Комбинаторные направленные отношения. Направленные отношения в конструктивных базисах, представление комбинаторных НО в конструктивных базисах, представление ЧРФ как НО. Сетевая интерпретация схем НО. Сети, сетевые языки и сетевые грамматики. Реляционная интерпретация сетевых языков. Сетевая интерпретация фундаментальных свойств НО. Логический вывод в логике первого порядка средствами теории НО. Сетевая резолюция. Модели вычислений НО. FLOGOL – интегрированный язык высокого уровня функционального, логического и реляционного программирования на базе теории НО. Синтаксис и семантика языка. Система декларативного программирования S-FLOGOL. Особенности технологии программирования и реализации системы. Работа в структурно-ориентированном редакторе и в графическом редакторе системы.

### **FALGOL-модель языков операторного программирования высокого уровня (14 часов самостоятельной работы)**

Синтаксис и операционная семантика FALGOLa. Трансформационная семантика. Принципы расширений, метасемантика модели. Язык со статическим связыванием переменных (распроцедурирование, блоки, функции, рекурсивные процедуры). Смешанная модель вычислений. Архитектура ВМ с внутренним FALGOL-языком высокого уровня. Представление термов, теги и метатеги, распределенное представление. Индексы вхождения связанных переменных. Функция дефицита. Общая структура, состав и назначение основных компонентов FALGOL-процессора. Режимы работы с блоками, функциями и рекурсивными процедурами. Принцип ассоциативного управления работой процессора. Рабочий цикл. Организация и аппаратная поддержка сборки мусора.

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

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

7 семестр – дифференцированный зачет.

### **Вопросы для самоконтроля и проведения зачета**

1. Связь формального языка и области интерпретации.
2. Константы, переменные, связки, операторы.
3. Денотаты и смысл элементов формального языка.
4. Особенности логических и функциональных формальных языков.
5. Виды семантик языков программирования и их взаимосвязь.
6. Примеры рекурсивных, рекурсивно-перечислимых и рекурсивно-неперечислимых множеств в математической логике и теории программирования.
7. Алгоритмически-неразрешимые проблемы в формальных моделях вычислений.
8. Понятия универсального алгоритма и универсальной функции.
9. Рекурсивное определение алгоритма Криницкого и технологии реализации алгоритмических языков программирования.
10. Отношения редукции и конверсии формальных объектов.
11. Теорема Черча-Россера и ее следствия.
12. Организация описания предметной области в форме многосортного эрбрановского универсума.
13. Денотационная семантика лямбда-исчисления Скотта.
14. Энергичная и ленивая стратегия вычислений в функциональных языках.
15. Семантика оператора рекурсии в формальных моделях вычислений.
16. Алгоритм Кнута-Бендикса, его назначения и область применимости.

17. Проблема эффективности реализации языков декларативного программирования.
18. Связь функциональной системы Бэкуса и теории направленных отношений.
19. Связь семантики языка РЕФАЛ и метода резолюций в логике предикатов первого порядка.
20. Операционная семантика FALGOLa.
21. Метасемантика FALGOLa.
22. Трансформационная семантика FALGOLa. Примеры правил редукции и конверсии.
23. Представление в языке FALGOL конструкций известных языков императивного программирования.
24. Концепция смешанных вычислений.
25. Назначение и организация сборки мусора в FALGOL-процессоре.
26. Представление различных данных как НО.
27. Языки схем НО. Синтаксис. Интерпретация. Оператор рекурсии.
28. Примеры аксиом исчисления сильной эквивалентности схем НО.
29. Сетевые КС-грамматики как средство задания сетевых языков схем НО.
30. Сетевая интерпретация рекурсивных схем НО.
31. Реляционная интерпретация сетевых языков.
32. Сетевое представление свойств НО. Вычисление НО в конструктивных базисах. Процесс вычислений как генерация множества сетей и их последующей редукции.
33. Правило сетевой резолюции. Метод сетевой резолюций доказательства общезначимости формул языка исчислений предикатов первого порядка.
34. Процесс логического вывода как процесс вычисления НО.
35. Общий шаблон и типы выражений в языке FLOGOL. Оператор свертки.

36. Индексированные имена в FLOGOLe.

37. Общая структура описания предметной области в языке FLOGOL.

Понятие запроса.

38. Особенности языков декларативного программирования высокого уровня.

39. Задачи на доказательство свойств операторных программ.

40. Задачи на доказательство свойств функциональных программ.

41. Задачи на определение денотационной семантики схем программ средствами теории направленных отношений.

42. Задачи на лямбда-моделирование функций и предикатов для различных прикладных областей.

43. Задачи на описание функций и предикатов для различных прикладных областей в сетевой форме.

44. Задачи на описание функций, предикатов и отношений для различных прикладных областей на языке FLOGOL.

45. Задачи на доказательство общезначимости формул логики предикатов первого порядка методом сетевой резолюции.

46. Задачи на описание решений задач средствами языка FALGOL и использованием различных стилей программирования.

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

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная литература:**

1. Непейвода Н.Н. Стили и методы программирования. Курс лекций: учебное пособие для вузов. – М.: Интернет-Ун-т информ. технологий, 2005. – 320 с.

2. Кнут Д.Э. Искусство программирования. Т.1: Основные алгоритмы: пер. с англ. / Общ. ред. Ю.В. Козаченко. – 3-е изд. – М.: Вильямс, 2014. 720 с.

### **Дополнительная литература:**

3. Пратт Т., Зелковиц М. Языки программирования: Разработка и реализация: пер. с англ. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2002. – 688 с.
4. Непейвода Н.Н. Прикладная логика: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 2000. – 521 с.
5. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ: пер. с англ. – 2-е изд., стереотип. – М.: МЦНМО, 2004. – 960 с.