

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Высшая школа информационных технологий и информационных систем



подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Функциональное программирование Б3.В.3

Направление подготовки: 230700.62 - Прикладная информатика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Зиятдинов М.Т.

**Рецензент(ы):**

Насрутдинов М.Ф.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Аблаев Ф. М.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Высшей школы информационных технологий и информационных систем:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 68953514

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) Зиятдинов М.Т.

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения курса "Функциональное программирование" является формирование таких профессиональных компетенций, как знание функциональной парадигмы программирования, являющейся одной из мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий, способность выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения различных задач в функциональном стиле; применять современные технологии разработки программных комплексов, контролировать качество программных продуктов.

В курсе даются определения различных вариантов лямбда-исчисления, примеры их применения. Разрабатываются интерпретаторы лямбда-исчисления

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.В.3 Профессиональный" основной образовательной программы 230700.62 Прикладная информатика и относится к вариативной части. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Курс читается во втором семестре третьего курса.

Изучение курса основывается на изучении курсов "Программирование", "Информационные технологии и системы" и "Математическая логика"

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-5 (общекультурные компетенции)	способен самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, стремится к саморазвитию
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способен применять к решению прикладных задач базовые алгоритмы обработки информации, выполнять оценку сложности алгоритмов, программировать и тестировать программы
ПК-16 (профессиональные компетенции)	способен оценивать и выбирать современные операционные среды и информационно-коммуникационные технологии для информатизации и автоматизации решения прикладных задач и создания ИС
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способен ставить и решать прикладные задачи с использованием современных информационно-коммуникационных технологий
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способен моделировать и проектировать структуры данных и знаний, прикладные и информационные процессы
ПК-17 (профессиональные компетенции)	способен применять методы анализа прикладной области на концептуальном, логическом, математическом и алгоритмическом уровнях
ПК-21 (профессиональные компетенции)	способен применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- грамматики, определяющие абстрактный синтаксис термов бестипового лямбда-исчисления, типов лямбда-исчисления с простыми типами, типов лямбда-исчисления с рекурсивными типами;
- правила вычисления термов бестипового лямбда-исчисления;
- правила типизации термов лямбда-исчисления с простыми типами, лямбда-исчисления с рекурсивными типами;
- алгоритм Хиндли-Милнера вычисления наиболее общего типа;
- кодирование Чёрча чисел, булевых значений, списков;
- простые расширения лямбда-исчисления с простыми типами.

2. должен уметь:

- вычислять термы бестипового лямбда-исчисления;
- выводить типы лямбда-исчисления с простыми типами и лямбда-исчисления с рекурсивными типами;
- применять простые расширения лямбда-исчисления с простыми типами;
- программировать интерпретаторы лямбда-исчисления.

3. должен владеть:

- теоретическими знаниями о вариантах лямбда-исчисления

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- выполнять решения простых задач в формализме лямбда-исчисления;
- строить интерпретаторы лямбда-исчисления.

**4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 6 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

**4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю**

**Тематический план дисциплины/модуля**

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение	6	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Бестиповые арифметические выражения	6	2	2	2	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Вычисление, арифметические и булевы выражения	6	3-4	4	4	0	
4.	Тема 4. Бестиповое лямбда-исчисление	6	5	2	2	0	
5.	Тема 5. Программирование на языке лямбда-исчисления	6	6	2	2	0	
6.	Тема 6. Представление термов без использования имен	6	7	2	2	0	
7.	Тема 7. Типизированные арифметические выражения	6	8	2	2	0	
8.	Тема 8. Лямбда-исчисление с простыми типами	6	9	2	4	0	
9.	Тема 9. Соответствие Карри-Говарда	6	10	2	0	0	
10.	Тема 10. Простые расширения лямбда-исчисления с простыми типами	6	11-12	4	6	0	
11.	Тема 11. Нормализация	6	13	2	0	0	
12.	Тема 12. Рекурсивные типы	6	14-15	4	6	0	
13.	Тема 13. Метатеория рекурсивных типов	6	16-17	4	0	0	
14.	Тема 14. Реконструкция типов	6	18	2	6	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	экзамен
	Итого			36	36	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Общее описание дисциплины, цели и задачи

### Тема 2. Бестиповые арифметические выражения

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Термы. Синтаксис. Индукция на термах. Семантические стили. Вычисление, булевы выражения, нормальные формы

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Реализация бестиповых арифметических выражений

### **Тема 3. Вычисление, арифметические и булевы выражения**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Вычисление. Одношаговое вычисление. Многошаговое вычисление

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Реализация вычисления выражений

### **Тема 4. Бестиповое лямбда-исчисление**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Термы. Абстрактный и конкретный синтаксис. Переменные и метапеременные. Область видимости. Операционная семантика, виды редукций

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Реализация лямбда-исчисления

### **Тема 5. Программирование на языке лямбда-исчисления**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Функции с несколькими аргументами, каррирование. Булевские константы Чёрча. Пары. Числа Чёрча. Рекурсия

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Реализация нескольких концепций на языке лямбда-исчисления

### **Тема 6. Представление термов без использования имен**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Термы и контексты. Индексы де Брауна. Сдвиг и подстановка. Вычисление

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Изменение реализации лямбда-исчисления для использования индексов де Брауна

### **Тема 7. Типизированные арифметические выражения**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Отношение типизации. Теоремы о безопасности (безопасность = продвижение + сохранение).

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Реализация типизированных арифметических выражений

### **Тема 8. Лямбда-исчисление с простыми типами**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Типы функций. Отношение типизации. Свойства типизации. Типизируемость и стирание типов

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Реализация лямбда-исчисления с простыми типами

### **Тема 9. Соответствие Карри-Говарда**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Изоморфизм Карри-Говарда

### **Тема 10. Простые расширения лямбда-исчисления с простыми типами**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Базовые типы. Единичный тип. Последовательное исполнение. Пары. Кортежи. Записи. Типы-суммы. Варианты. Рекурсия. Списки

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Реализация нескольких концепций на языке лямбда-исчисления с простыми типами

### **Тема 11. Нормализация**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Нормализация. Теорема о нормализуемости термов лямбда-исчисления с простыми типами

### **Тема 12. Рекурсивные типы**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Списки. "Жадные" функции. Поток. Объекты. Рекурсия

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Реализация лямбда-исчисления с рекурсивными типами

**Тема 13. Метатеория рекурсивных типов**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Индукция и коиндукция. Конечные и бесконечные типы. Проверка принадлежности. Регулярные деревья

**Тема 14. Реконструкция типов**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Типовые переменные и подстановки. Типизация на основе ограничений. Унификация. Главные типы. Неявные аннотации типов. Алгоритм Хиндли-Милнера

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Реализация алгоритма реконструкции типов Хиндли-Милнера

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Бестиповое лямбда-исчисление	6	5	Написание программы интерпретатора бестипового лямбда-исчисления	2	Проверка программы интерпретатора бестипового лямбда-исчисления
				Написание программы интерпретатора бестиповых арифметических выражений	2	Проверка программы интерпретатора бестиповых арифметических выражений
5.	Тема 5. Программирование на языке лямбда-исчисления	6	6	Написание программ вычисления суммы, произведения, булевых операций и т.п. в кодировке Чёрча на бест	4	Проверка программ вычисления суммы, произведения, булевых операций и т.п. в кодировке Чёрча на бестиповом лямбда-исчислении
6.	Тема 6. Представление термов без использования имен	6	7	Рефакторинг интерпретатора бестипового лямбда-исчисления для использования индексов де Брауна	2	Проверка использования индексов де Брауна

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Типизированные арифметические выражения	6	8	Проверка программы Написание программы интерпретатора типизированных арифметических выражений	4	Проверка программы интерпретатора типизированных арифметических выражений
8.	Тема 8. Лямбда-исчисление с простыми типами	6	9	Написание программы интерпретатора лямбда-исчисления с простыми типами	4	Проверка программы интерпретатора лямбда-исчисления с простыми типами
10.	Тема 10. Простые расширения лямбда-исчисления с простыми типами	6	11-12	Расширение интерпретатора лямбда-исчисления с простыми типами для возможности использования пар, зап	6	Проверка возможности использования пар, записей, типов-сумм, вариантных типов, списков, рекурсии и т.д.
12.	Тема 12. Рекурсивные типы	6	14-15	Написание библиотеки работы со списками на лямбда-исчислении с рекурсивными типами	2	Проверка библиотеки работы со списками на лямбда-исчислении с рекурсивными типами
				Написание интерпретатора и системы вывода типов для лямбда-исчисления с рекурсивными типами	4	Проверка интерпретатора и системы вывода типов для лямбда-исчисления с рекурсивными типами
14.	Тема 14. Реконструкция типов	6	18	Написание системы вывода типов Хиндли-Милнера	6	Проверка системы вывода типов Хиндли-Милнера
	Итого				36	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Разбор конкретных ситуаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Введение



## **Тема 2. Бестиповые арифметические выражения**

## **Тема 3. Вычисление, арифметические и булевы выражения**

## **Тема 4. Бестиповое лямбда-исчисление**

Проверка программы интерпретатора бестипового лямбда-исчисления , примерные вопросы:

Запуск на тестах, например,  $(\lambda x \rightarrow x) 3 ((\lambda f b \rightarrow b t f) (\lambda f \rightarrow t) (\lambda s z m n \rightarrow m s z (n s z)) (\lambda s z m n \rightarrow s (m s z))) (s (s (s z))) (s (s z))$  и т.п.

Проверка программы интерпретатора бестиповых арифметических выражений , примерные вопросы:

Запуск на тестах, например,  $2+3 \ 2*(3+4) \ 2*(3-4+5)/2 \ \text{if } t \ \text{then } 2+3 \ \text{else } 3*4 \ \text{if } t \ \text{then } 2+3 \ \text{else } f \ \text{if } 3 \ 2-t$  и т.п.

## **Тема 5. Программирование на языке лямбда-исчисления**

Проверка программ вычисления суммы, произведения, булевых операций и т.п. в кодировке Чёрча на бестиповом лямбда-исчислении , примерные вопросы:

Запуск на интерпретаторе лямбда-исчисления

## **Тема 6. Представление термов без использования имен**

Проверка использования индексов де Брауна , примерные вопросы:

Анализ кода

## **Тема 7. Типизированные арифметические выражения**

Проверка программы интерпретатора типизированных арифметических выражений , примерные вопросы:

Запуск на тестах, например,  $2+3 \ 2*(3+4) \ 2*(3-4+5)/2 \ \text{if } t \ \text{then } 2+3 \ \text{else } 3*4 \ \text{if } t \ \text{then } 2+3 \ \text{else } f \ \text{if } 3 \ 2-t$  и т.п.

## **Тема 8. Лямбда-исчисление с простыми типами**

Проверка программы интерпретатора лямбда-исчисления с простыми типами , примерные вопросы:

Запуск на тестах, например,  $(\lambda x::\text{Int} \rightarrow x) 3 \ (\lambda x::\text{Bool} \rightarrow x) 3$  и т.п.

## **Тема 9. Соответствие Карри-Говарда**

## **Тема 10. Простые расширения лямбда-исчисления с простыми типами**

Проверка возможности использования пар, записей, типов-сумм, вариантных типов, списков, рекурсии и т.д. , примерные вопросы:

Запуск на тестах

## **Тема 11. Нормализация**

## **Тема 12. Рекурсивные типы**

Проверка библиотеки работы со списками на лямбда-исчислении с рекурсивными типами , примерные вопросы:

Запуск на интерпретаторе лямбда-исчисления с рекурсивными типами

Проверка интерпретатора и системы вывода типов для лямбда-исчисления с рекурсивными типами , примерные вопросы:

Запуск на тестах

## **Тема 13. Метатеория рекурсивных типов**

## **Тема 14. Реконструкция типов**

Проверка системы вывода типов Хиндли-Милнера , примерные вопросы:

Запуск на тестах

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

1. Типы функций. Отношение типизации в лямбда-исчислении с простыми типами. Свойства типизации
2. Определите терм бестипового лямбда-исчисления для возведения числа в степень

### 3. Напишите функцию преобразования числа в римскую систему счисления

#### 7.1. Основная литература:

1. Программирование на языках высокого уровня: Учебное пособие / О.Л. Голицына, И.И. Попов. - М.: Форум, 2008. - 496 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). (переплет) ISBN 978-5-91134-209-8, 3000 экз.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=139428>
2. Основы алгоритмизации и программирования: Учебное пособие / В.Д. Колдаев; Под ред. Л.Г. Гагариной. - М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. - 416 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). (переплет) ISBN 978-5-8199-0279-0, 1000 экз.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=336649>
3. Алгоритмизация и программирование : Учебное пособие / С.А. Канцедал. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 352 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). (переплет) ISBN 978-5-8199-0355-1, 1000 экз.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=391351>

#### 7.2. Дополнительная литература:

1. Масленникова, О. Е. Основы искусственного интеллекта [Электронный ресурс]: учеб. пособие / О. Е. Масленникова, И. В. Гаврилова. - 2-е изд., стер. - М.: ФЛИНТА, 2013. - 282 с. - ISBN 978-5-9765-1602-1.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=465912>
2. Введение в специальность программиста: Учебник / В.А. Гвоздева. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2011. - 208 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). (переплет) ISBN 978-5-8199-0297-4, 500 экз.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=251565>

#### 7.3. Интернет-ресурсы:

Beginners Mailing List archives - <https://www.haskell.org/pipermail/beginners/>  
FP Complete school - <https://www.fpcomplete.com/school>  
Hackage - <http://hackage.haskell.org/>  
Haskell Center - <https://www.fpcomplete.com/business/haskell-center/overview/>  
Haskell Wiki - <https://www.haskell.org/haskellwiki/Haskell>

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Функциональное программирование" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Лекционная аудитория

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 230700.62 "Прикладная информатика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Зиятдинов М.Т. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Насрутдинов М.Ф. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.