

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор _____ В.П. Гергель

« ____ » _____ 2017 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Функциональное программирование

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

02.03.01 Математика и компьютерные науки

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Общий профиль

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2017 г.

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Курс «Функциональное программирование» (Б1.В.ДВ.06.01) относится к дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1 «Дисциплины, модули» ОПОП по направлению подготовки 02.03.01 «Математика и компьютерные науки». Дисциплина преподаётся в 7 семестре. Трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (всего 108 часов).

1. Целями освоения дисциплины являются:

- знакомство с парадигмой функционального программирования, ее достоинствами и ограничениями, с лямбда-исчислением, а также с началами математической теории языков программирования и теории типов;
- овладение современным языком функционального программирования Haskell.

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

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-2: способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности. Завершающий этап	В1 (ОПК-2): Владеть навыками поиска информации в документации к библиотеке языка Haskell.
ОПК-4: способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем. Завершающий этап	У1 (ОПК-4): Уметь писать программы на языке Haskell. У2 (ОПК-4): Уметь использовать монады из библиотеки Haskell, а также определять новые монады, для структурирования программ.
ПК-1: способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области. Завершающий этап	31 (ПК-1): Знать особенности функциональной парадигмы программирования. 32 (ПК-1): Знать определения лямбда-исчисления, его операционной и типовой семантики в виде исчислений. 33 (ПК-1): Знать различные виды полиморфизмов, используемые в языках программирования. 34 (ПК-1): Знать соответствие Карри-Говарда между типовым лямбда-исчислением и логикой.

	<p>У1 (ПК-1): Уметь доказывать по индукции утверждения о понятиях, заданных в виде исчислений.</p> <p>У2 (ПК-1): Уметь использовать понятие подстановки, области видимости, свободных и связанных переменных для определения и доказательства свойств операционной семантики лямбда-исчисления.</p> <p>У3 (ПК-1): Уметь доказывать типовую безопасность языка функционального программирования.</p> <p>У4 (ПК-1): Уметь доказывать сильную нормализуемость простого типизированного лямбда-исчисления.</p> <p>У5 (ПК-1): Уметь анализировать черты функционального программирования в языках других парадигм (Java).</p>
--	--

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часа, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (16 часов занятия лекционного типа, 16 часов практические занятия, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 74 часа составляет самостоятельная работа обучающегося (в т.ч. включая 36 часов подготовки к экзамену).

Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего	В том числе							ная работа обу- чающегося, ча-
			Контактная работа (работа во взаи- модействии с преподавателем), ча- сы из них							
			лек- ци- се- ми- нар- ла- бо- ра- суль- та- Все- го							
1	Программирование на языке Haskell. Основные типы данных. Сопоставление с образцом. Двумерный синтаксис. Анонимные функции. Каррирование. Хвостовая и нехвостовая рекурсия. Функции высших порядков. Свертка. Ленивые вычисления. Бесконечные списки. Алгебраические типы данных. Параметрический полиморфизм и полиморфизм, основанный на классах типов.	22	3,5	3,5					7	15
2	Лямбда-исчисление. Свойство Чёрча-Россера и его следствия. Представление типов данных (пар, натуральных чисел) в чистом лямбда-исчислении. Стратегии исполнения по имени и по значению, с большим и малым шагом. Статическая и динамическая область видимости. Интерпретатор с окружениями, замыкание лямбда-выражения.	22	3,5	3,5					7	15

	Лямбда-выражения в Java.							
3	Простое типизированное лямбда-исчисление. Типовая безопасность: сохранение типов и продвижение. Пары и типы-суммы. Соответствие Карри-Говарда. Понятие о let-полиморфизме и выводе типов.	22	3,5	3,5			7	15
4	Сильная нормализуемость простого типизированного лямбда-исчисления. Методы добавления рекурсии к лямбда-исчислению, комбинатор Y.	14	2	2			4	10
6.	Монады в Haskell. Монады Maybe, Either и []. Законы монад. До-нотация. Метод fail класса Monad. Монада состояния.	22	3,5	3,5			7	15
	В т.ч. текущий контроль	2						
7.	Промежуточная аттестация - экзамен							

4. Образовательные технологии

Занятия проходят в виде лекций-бесед с использованием мультимедийных средств и практической работы в компьютерном классе. Во время практической части занятия студенты пишут программы на языке Haskell.

Домашние задания направлены на закрепления материала и содержат как задания по программированию, так и теоретические задания.

Конспекты или слайды лекций, домашние задания, объявления и другая информация по курсу публикуются в Интернете, например, на сайте <https://nngufall2016fp.wordpress.com>.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

5.1. Виды самостоятельной работы студентов

- Изучение литературы и проработка теоретического материала лекционных занятий;
- подготовка домашних заданий к научно-практическим занятиям;
- подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена.

5.2. Методические указания для обучающихся

Список литературы и рекомендованные Интернет-ресурсы указаны в настоящей программе (раздел 7), а также на сайте курса.

5.3. Вопросы для контроля

1. Основные типы данных языка Haskell (Integer, Int, Float, Bool, Char, String, кортежи, списки). Основные конструкции языка: if, case, образцы, определение функций, локальные определения (let и where).
2. Примеры рекурсивных функций на числах и списках, их трассировка. Хвостовая рекурсия.
3. Примеры ленивых вычислений. Бесконечные структуры данных, их использование. Замыкание списка.
4. Передача функций как аргументов и их возвращение как результатов. Каррирование (currying), сечение инфиксных операторов. Функции map, foldr и foldl, примеры их использования.
5. Классы типов в Haskell на примере Eq, Ord и Show. Объявление принадлежности типа классу. Конструкторы типов.
6. Алгебраические типы данных. Представление списков, деревьев, синтаксических выражений.
7. Лямбда-исчисление: его синтаксис, альфа-конверсия, подстановка, бета-редукция. Нормальная форма, вопрос ее существования. Конфлюентность (без доказательства) и ее следствия.
8. Редукционные стратегии: нормальная, вызов по имени, вызов по значению. Связь нормальной стратегии и нормальной формы (без доказательства).
9. Семантики с малым и большим шагом, их связь (без доказательства).
10. Статическая и динамическая область видимости.
11. Семантика с большим шагом и окружением. Замыкание лямбда-выражения.
12. Комбинатор Y (неподвижной точки). Представление рекурсивных функций в бестиповом лямбда-исчислении. Представимость всех вычислимых функций (без доказательства). Тезис Чёрча-Тьюринга.
13. Простое типизированное лямбда-исчисление: правила вывода, примеры типизируемых термов.
14. Свойство сохранения типов для простого типизированного лямбда-исчисления.
15. Свойство продвижения для простого типизированного лямбда-исчисления.
16. Расширения типов: пары и суммы. Сохранение типов и продвижение.
17. Изоморфизм Карри-Говарда.
18. Нормализация термов: доказательство того, что вычисление по вызову каждого замкнутого типизируемого терма останавливается.
19. Неограниченная рекурсия в типовом лямбда-исчислении. Сохранение типов и продвижение. Существование замкнутых термов каждого типа.
20. Монады Maybe, Either и [].
21. Законы монад, их проверка для Maybe.
22. До-нотация. Метод fail класса Monad. Связь замыкания списков и списочной монады.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

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

Результаты обучения (знания, умения и навыки) в таблицах, приведённых ниже, взяты из таблицы компетенций в разделе 2.

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u> ПК-1	отсутствие знаний материала	наличие грубых ошибок в основном материале	знание основного материала с рядом негрубых ошибок	знание основного материала с рядом заметных погрешностей	знание основного материала с незначительными погрешностями	знание основного материала без ошибок и погрешностей	знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей
<u>Умения</u> ОПК-4, ПК-1	отсутствие умений	практическое отсутствие умений	большие пробелы в умениях	умения с отдельными ошибками	умения с незначительными ошибками	умения без существенных ошибок	умения с полным отсутствием ошибок
<u>Навыки</u> ОПК-2	полное отсутствие навыков	отсутствие навыков обоснования решения большинства типов задач	наличие навыков обоснования решения только части задач с негрубыми ошибками	наличие навыков обоснования решения большинства задач с существенными погрешностями	наличие навыков обоснования решения большинства задач с несущественными погрешностями	владение навыками обоснования решения всех теоретических задач с несущественными погрешностями	владение навыками обоснования решения всех теоретических задач без погрешностей
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0–10%	11–30%	31–50%	51–70%	71–85%	86–99%	100%

6.2.Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде письменного экзамена. Задания включают в себя как теоретические вопросы (формулировки определений, теорем), так и практические задачи (написание программ на языке Haskell).

За ответ на каждый вопрос или задачу дается от 0 до 2 баллов согласно таблице в п. 6.3. Итоговая оценка зависит от отношения набранного количества баллов к общему количеству баллов.

Оценка	Доля набранных баллов
Превосходно	100%
Отлично	90-100%
Очень хорошо	85-90%
Хорошо	75-85%
Удовлетворительно	60-75%
Неудовлетворительно	40-60%
Плохо	< 40%

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

Уровень владения компетенциями определяется по результатам решения задач на письменном экзамене.

Критерии оценок задач в письменном экзамене

Решена полностью	2
Решена основная часть задачи, или задача решена с недочетами	1,5
Решена задача наполовину	1
Сделан первый этап в решении задачи	0,5
Нет решения	0

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

Примеры задач для оценки сформированности знаний и умений компетенции ПК-1

1. Для каждого вхождения переменной в терм $\lambda ab.(\lambda c.a(dc))c(\lambda a.ab)$

- укажите, свободное оно или связанное, и во втором случае укажите λ , открывающую область видимости данное переменной.
2. Найдите нормальную форму терма $\lambda x y. (\lambda z. (\lambda x. zx)) (\lambda y. zy)) (xy)$.
 3. Неподвижной точкой терма F называется такой терм X , что $FX = X$. Пусть $Y = \lambda f. (\lambda x. f (xx)) (\lambda x. f (xx))$.
Покажите, что YF является неподвижной точкой F для любого терма F . Верно ли, что YF редуцируется к $F(YF)$?

Примеры задач для оценки сформированности умений компетенций ОПК-2, ОПК-4

1. Напишите функцию `transpose :: [[a]] -> [[a]]`, которая транспонирует прямоугольную матрицу. Матрица представлена в виде списка строк одинаковой длины.
Например,
`> transpose [[1,2,3],[4,5,6]]`
`[[1,4],[2,5],[3,6]]`
2. Напишите функцию `merge :: [Int] -> [Int] -> [Int]`, которая сливает два упорядоченных списка в один.
3. Напишите функцию `composeAll :: [a -> a] -> (a -> a)`, берущую список функций и возвращающую их последовательную композицию (функция, являющаяся головой списка, применяется последней).

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

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

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература

Кубенский А.А. Функциональное программирование. М.: Юрайт, 2017. 348 с.
<https://biblio-online.ru/book/658E3C89-AAD5-498B-8B34-A29E1750D810>

б) дополнительная литература

Зыков С.В. Программирование. Функциональный подход. — М.: Юрайт, 2017. — 164 с.
<https://biblio-online.ru/book/01895238-C98A-4D79-B8F6-22C52843C355>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Официальный сайт языка Haskell
<https://www.haskell.org/>

Язык и библиотеки Haskell 98
<http://haskell.ru/index.html>

Haskell 2010 Language Report
<https://www.haskell.org/onlinereport/haskell2010/>

Курс «Язык и библиотеки Haskell 98». Интуит.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1174/233/info>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет». Наличие рекомендованной литературы.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС с учетом рекомендаций ОПОП ВО по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки».

Автор: ст. преп. _____ Макаров Е.М.

Рецензент(ы): _____

Заведующий кафедрой: д.ф.м.н., проф. _____ Кузнецов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского

от _____ года, протокол № _____.