

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

Одобрено УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ,
Протокол №2-8/2021 От 30.08.2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА И ТЕОРИЯ АЛГОРИТМОВ

(Наименование дисциплины)

09.03.01 - Информатика и вычислительная техника

(Код (шифр), наименование направления подготовки (специальности) ФГОС)

Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

(Профиль направления)

Название программы бакалавриата

бакалавр

(Квалификация (степень) выпускника)

очная

Форма обучения (очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

г. Обнинск 2021 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению подготовки 09.03.01 – Информационные системы и технологии (уровень бакалавриата), приказа Минобрнауки России №1367 от 19.12.2013 г.

Автор(ы)


З.Х. Насыров, доцент каф. ПМ

Рецензент

Заведующий лаб. Математических методов ФИАЦ ФГБУ «НПО «Тайфун»,
д.т.н Д. А. Камаев.

Программа рассмотрена на заседании отделения интеллектуальных кибернетических систем (О)
(протокол № 5/7 от «30» июля 2021 г.)

Руководитель образовательной программы
09.03.01 Информатика и вычислительная техника

 С.О. Старков
«30» июля 2021 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Целью курса является формирование необходимой математической базы по аксиоматическим теориям, нечеткой логике, рекурсивным функциям, машинам Тьюринга и формальным языкам для изучения последующих общепрофессиональных и специальных дисциплин.

Задачами изучения курса являются

Обучение студентов методам и мышлению, характерным для указанных выше разделов математической логики и теории алгоритмов на основе изучения лекционного материала и его закрепления с помощью решения задач и упражнений.

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Знать: методы моделирования аксиоматических и алгоритмических систем Уметь: делать оценку сложности алгоритмов и анализировать результаты работы алгоритмов
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	Владеть: методами решения основных видов задач.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: математический анализ, дискретная математика

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетные единицы (з.е.), 144 академических часов.

3.1. Объём дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

Объем дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	144
Контактная* работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	64
Аудиторная работа (всего**):	48
лекции	32
семинары, практические занятия	16
Внеаудиторная работа (всего**):	0
групповая, индивидуальная консультация	
Самостоятельная работа обучающихся** (всего)	36
Вид промежуточной аттестации обучающегося экзамен	54

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Общая трудоёмкость всего (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля успеваемости

			Аудиторные учебные занятия			СРО	
			Лек	Сем/Пр	Лаб		
1.	Аксиоматические теории	15	10	4		1	Проверка на семинаре
2.	Нечеткая логика и нечеткие множества	4	2	2		0	Проверка на семинаре
3.	Рекурсивные функции	11	6	4		1	Проверка на семинаре
4.	Машины Тьюринга	10	6	4		0	Проверка на семинаре
5.	Формальные языки и грамматики	9	6	2		1	Проверка на семинаре
6.	Сложность алгоритмов.	5	4	1		0	Проверка на семинаре

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Аксиоматические теории	Понятие аксиоматической теории. Определение исчисления высказываний. Теорема дедукции, теоремы о двойном отрицании, доказательство от противного, введение конъюнкции и закон противоречия в исчислении высказываний. Интерпретация и теорема о непротиворечивости. Теорема о полноте исчисления высказываний. Доказательство выводимости формул методом резолюций. Неклаузальное правило резолюций. Понятие теории первого порядка. Аксиомы и правила вывода исчисления предикатов, непротиворечивость и полнота. Метод резолюций в теории предикатов. Аксиоматические теории с равенством. Формальная арифметика.
2.	Нечеткая логика и нечеткие множества	Нечеткая логика, операции дизъюнкции, конъюнкции, отрицания и их свойства. Нечеткая импликация и эквиваленция, их свойства. Нечеткие множества и операции над ними
3.	Рекурсивные функции	Понятие алгоритмической системы. Понятие примитивно рекурсивной функции. Примитивная рекурсивность функций сложения, умножения, усеченной разности и знака числа. Примитивная рекурсивность предикатов равенства и неравенства, условная функция. Теорема о примитивной рекурсивности ограниченной суммы, произведения, кванторов. Теорема об ограниченном операторе наименьшего

		аргумента. Теорема об операторе совместной рекурсии. Частично-рекурсивные функции, тезис Черча. Общерекурсивные функции, функция Аккермана.
4.	Машины Тьюринга	Определение машины Тьюринга, примеры. Транспозиция и копирование чисел машинами Тьюринга. Представление чисел и вычисление функций машинами Тьюринга, примеры вычисления $Z(x)$, $N(x)$. Композиция машин Тьюринга, примеры циклического сдвига, копирования n чисел и вычисление функций с сохранением аргументов. Правильное вычисление машинами Тьюринга селекторных функций и суперпозиции функций. Правильное вычисление функций, задаваемых оператором примитивной рекурсии. Вычисление функций, задаваемых неограниченным оператором наименьшего значения. Теорема Тьюринга. Универсальная машина Тьюринга. Неразрешимость проблемы останова.
5.	Формальные языки и грамматики	Понятие формального языка, операции с ними. Понятие формальной грамматики, иерархия Хомского. Регулярные языки, теорема об их объединении. Теоремы о конкатенации и итерации регулярных языков. Понятие конечного автомата. Теоремы о распознавании регулярных языков конечными автоматами. Преобразования конечных автоматов. Контекстно свободные языки и грамматики. Стековые автоматы.
6.	Сложность алгоритмов.	Понятие сложности алгоритма, полиномиальная и экспоненциальная сложность, классы P и E. Недетерминированная машина Тьюринга и класс NP. Полиномиальная сводимость и NP-полнота.

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Аксиоматические теории	Применение метода резолюций в исчислении высказываний и теории предикатов.
2.	Нечеткая логика и нечеткие множества	Операции нечеткой логики. Нечеткие множества и операции над ними.
3.	Рекурсивные функции	Выражение примитивно рекурсивных функций через основные примитивно рекурсивные функции. Ограниченные суммы, произведения, кванторы. Оператор наименьшего аргумента. Частично-рекурсивные функции.
4.	Машины Тьюринга	Вычисление функций и предикатов машинами Тьюринга. Композиция машин Тьюринга.
5.	Формальные языки и грамматики	Объединение, конкатенация и итерация регулярных языков. Распознавание регулярных языков конечными автоматами. Преобразования конечных автоматов
6.	Сложность алгоритмов.	Примеры NP-полных задач.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Насыров А.З., Насыров З.Х. Математическая логика и теория алгоритмов. --- Обнинск: ИАТЭ, 2003.
2. Насыров З.Х. Сборник задач по дискретной математике. --- Обнинск: ИАТЭ, 2003.
3. Насыров А.З., Насыров З.Х. Алгоритмы и их сложность. --- Обнинск: ИАТЭ, 2002.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
1.	Аксиоматические теории	УК-1, ОПК-1	Контрольная работа №1, экзамен.
2.	Нечеткая логика и нечеткие множества	ОПК-1	Контрольная работа №1, экзамен.
3.	Рекурсивные функции.	ОПК-1	Контрольная работа №1, экзамен.
4.	Машины Тьюринга	ОПК-1	Контрольная работа №2, экзамен.
5.	Формальные языки и грамматики	ОПК-1	Контрольная работа №2, экзамен.
6.	Сложность алгоритмов.	ОПК-1	Контрольная работа №2, экзамен.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.2.1. Экзамен

а) типовые вопросы (образец)

1. Сформулировать и доказать теорему о двойном отрицании в исчислении высказываний.
2. Построить машину Тьюринга $\$C\$$ для копирования одного числа.
3. Сформулировать и доказать теорему об объединении регулярных языков.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В ответе на каждый вопрос элемент знания оценивается в 40%, а элемент умения — в 60%/

в) описание шкалы оценивания:

Ответы на 1, 2 и 3 вопрос составляют 14, 13 и 13 баллов соответственно.

6.2.2. Контрольная работа №1

а) типовые задания (образец)

Задание 1. Используя метод резолюций докажите, что в исчислении высказываний $(\neg b \vee \neg c) \vee (\neg b \vee \neg c) \vee (\neg a \vee b \vee c) \vee (\neg a \vee \neg c \vee d) \vdash \neg a, \neg b \vee \neg c, d \vee \neg b, \neg c, \neg d$.

Задание 2. Пусть A, B, C, D, E -- множества и даны нечеткие значения предикатов $\mu(x \in A) = 0,2$, $\mu(x \in B) = 0,4$, $\mu(x \in C) = 0,5$, $\mu(x \in D) = 0,1$, $\mu(x \in E) = 0,6$ для некоторого элемента x . Найдите нечеткое значение предиката $x \in M$, если $M = (A + B) \cap (C \cdot (D^2 \cup E))$.

Задание 3. Представьте в виде суперпозиции основных примитивно рекурсивных функций функцию $f(x)$, заданную с помощью оператора примитивной рекурсии так: $f(0) = 3$, $f(x+1) = f(x) + 4 \operatorname{sg}(5 \operatorname{ur} x) + 7 \operatorname{ol}\{\operatorname{sg}\}(5 \operatorname{ur} x)$.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В ответе на каждый вопрос элемент знания оценивается в 30%, элемент умения — в 40%, а элемент владения (навыка) – в 30%.

в) описание шкалы оценивания:

Ответы на 1, 2 и 3 вопрос составляют по 10 баллов.

6.2.3. Контрольная работа №2

а) типовые задания (образец):

Задание 1. Напишите программу машины Тьюринга для вычисления функции $y = x - \operatorname{ol}\{\operatorname{sg}\}|x-2|$.

Задание 2. Пусть даны машины Тьюринга F , P и Q , вычисляющие функции $f(x, y, z)$, $p(x)$ и $q(x)$ соответственно без сохранения аргумента. Постройте машину Тьюринга H для вычисления функции, заданной формулой $h(x) = f(\operatorname{bigl}(p(q(x)), x, q(p(x))\bigr))$.

Задание 3. Для языка $L = \{a^2, b^2c\}^+$ найдите порождающую его регулярную грамматику G и постройте конечный автомат K , воспринимающий L .

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В ответе на каждый вопрос элемент знания оценивается в 30%, элемент умения — в 40%, а элемент владения (навыка) – в 30%.

в) описание шкалы оценивания:

Ответы на 1, 2 и 3 вопрос составляют по 10 баллов.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Итоговый балл по дисциплине получается суммированием количества баллов набранных по каждой из 2 контрольных работ и баллов за экзамен. Оценка «отлично» ставится за 90 — 100 баллов, «хорошо» за 75 – 89 баллов, «удовлетворительно» за 60 – 74 балла, «неудовлетворительно» за 0 — 59 итоговых баллов.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная учебная литература:

1. Герасимов А.С. Курс математической логики и теории вычислимости, учебное пособие, Лань, 2014. - адрес: www.e.lanbook.ru.

2. Глухов М.М., Шишков А.Б. Математическая логика. Дискретные функции. Теория алгоритмов, учебное пособие. Лань, 2012. - адрес: www.e.lanbook.ru.

б) дополнительная учебная литература:

3. Насыров А.З., Насыров З.Х. Математическая логика и теория алгоритмов. --- Обнинск: ИАТЭ, 2003.
4. Мальцев А.И. Алгоритмы и рекурсивные функции. --- М.:~Наука, 1965.
5. Кудрявцев В.Б., Алешин С.В., Подколзин А.С. Введение в теорию автоматов. --- М.:~Наука, 1985.
6. Гаврилов Г.П., Сапоженко А.А. Задачи и упражнения по курсу дискретной математики. --- М.:~Наука, 1992.

7. Лавров И.А., Максимова Л.Л. Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов. --- М.:~Наука, 1975.
8. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Алгебра, языки, программирование. --- Киев: Наукова думка, 1974.
9. Касьянов В.Н. Лекции по теории формальных языков, автоматов и сложности вычислений. --- Новосибирск: НГУ, 1995.
10. Рейуорд-Смит В.Дж. Теория формальных языков. --- М.:~Радио и связь, 1988.
11. Гулина О.М. Введение в теорию формальных языков. Учебное пособие по курсу "Языки и грамматики". --- Обнинск: ИАТЭ, 2000.
12. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. --- М.:~Мир, 1982.
13. Лорьер Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта. --- М.:~Мир, 1991.
14. Логический подход к искусственному интеллекту. --- М.:~Мир, 1990.}
15. Насыров А.З., Насыров З.Х. Алгоритмы и их сложность. --- Обнинск: ИАТЭ, 2002.

8. Перечень ресурсов* информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины www.library.mephi.ru, www.e.lanbook.ru.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебного занятия	Организация деятельности студента
Лекция	При изучении дисциплины следует иметь в виду, что этот раздел высшей математики очень бурно развивается и учебный материал в разных учебных пособиях может сильно отличаться и терминологически и по стилю изложения и по содержанию. Поэтому на первой стадии изучения следует придерживаться материала конспектов лекций и основной литературы. При желании более глубокого изучения можно знакомиться с материалом излагаемым в дополнительной литературе.
Практические занятия	Для уверенности в правильности решения задачи полезно проверить ответ с помощью альтернативного решения или на частном случае.
Контрольная работа	Изучить методические указания по решению контрольных задач и потренироваться на решении аналогичных задач.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций и рекомендуемую литературу

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Электронная библиотека НИЯУ МИФИ

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Учебная аудитория достаточной вместимости для потока (лекция) или группы (семинары), проектор и ноутбук.

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Часов в интерактивной форме – 10.

Планомерная организация последовательности лекций и практических занятий в сочетании с внеаудиторной работой студента. При изложении разделов даются указания на связь с учебным материалом других дисциплин учебного плана, а также практическими приложениями. Систематические индивидуальные консультации.

Интерактивный подход заключается в вовлечении присутствующих студентов в обсуждение рассматриваемых методов решения задачи выработку новых приемов в их решении.

12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Самостоятельная работа студентов состоит в выполнении домашних заданий в соответствии с темами практических занятий. Контроль осуществляется путем проверки на практических занятиях.

№	Тема самостоятельной работы	Литература	Число часов
1	Аксиоматические теории	[3]	1
2	Рекурсивные функции	[3]	1
3	Формальные языки и грамматики	[3]	1

12.3. Краткий терминологический словарь

Не требуется.