

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Математическая логика и теория алгоритмов

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Информационные системы и технологии

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.08 Математическая логика и теория алгоритмов относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1: Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации УК-1.2: Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности УК-1.3: Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов	УК-1.1: Знает алгоритмы определения тождественной истинности формул логики высказываний и проверки на общезначимость формул логики предикатов. УК-1.2: Умеет подбирать универсальную алгоритмическую модель для решения научно-исследовательской задачи. УК-1.3: Имеет практический опыт работы с тремя универсальными алгоритмическими моделями (рекурсивные функции, машины Тьюринга, нормальные алгоритмы Маркова).	Аудиторная контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы Практическая задача
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Знает основные положения и концепции в области математических и естественных наук, базовые теории и истории основного, теории коммуникации; знает основную терминологию ОПК-1.2: Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала,	ОПК-1.1: Разбирается в принципах построения формальных теорий, исключающих возможность возникновения противоречий; совершенствует умение правильно рассуждать, правильно делать умозаключения и выводы, получая в результате	Аудиторная контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы Практическая задача

	<p><i>интерпретировать различные математические объекты</i></p> <p><i>ОПК-1.3: Имеет практический опыт работы с решением стандартных математических задач и применяет его в профессиональной деятельности</i></p>	<p><i>истинные высказывания.</i></p> <p><i>ОПК-1.2:</i> <i>Умеет выводить теоремы из аксиом или ранее доказанных утверждений (на примерах исчисления высказываний и исчисления предикатов), умеет определять тождественную истинность формул.</i></p> <p><i>Знает три универсальных алгоритмических модели (рекурсивные функции, машины Тьюринга, нормальные алгоритмы Маркова), умеет с их помощью реализовывать простейшие алгоритмические задачи.</i></p> <p><i>ОПК-1.3:</i> <i>Имеет практический опыт решения стандартных задач по математической логике и теории алгоритмов.</i></p>		
--	---	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	49
Промежуточная аттестация	45 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	
Тема 1. Введение (принципы построения формальных теорий).	4	2	0	2	2
Тема 2. Исчисление высказываний.	29	8	6	14	15
Тема 3. Исчисление предикатов.	27	9	4	13	14
Тема 4. Теория алгоритмов.	31	10	6	16	15
Тема 5. Формальные теории 1-го порядка	6	3	0	3	3
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	144	32	16	50	49

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Принципы построения формальных теорий.

Тема 2. Основные равносильности (законы) логики высказываний; определение формальной теории; аксиомы исчисления высказываний; основные и производные правила вывода исчисления высказываний.

Тема 3. Определение предиката, свободные и связанные переменные; основные равносильности (законы) логики предикатов; аксиомы исчисления предикатов; основные правила вывода исчисления предикатов; производные правила вывода в исчислении предикатов: правила переименования связанных переменных, правило связывания квантором; теоремы об общезначимых формулах в исчислении высказываний и в исчислении предикатов.

Тема 4. Прimitивно рекурсивные функции: базовые функции и элементарные операции; определение и примеры примитивно рекурсивных функций; ограниченный и неограниченный операторы минимизации; определения общерекурсивных и частично рекурсивных функций; определение и способы задания машины Тьюринга; определение нормального алгоритма Маркова и порядок его работы; тезисы Черча, Тьюринга и Маркова о вычислимых функциях; теорема Райса и ее смысл.

Тема 5. Особенности прикладных исчислений. Аксиомы для равенства. Теоремы о рефлексивности, симметричности и транзитивности отношения равенства в теории с равенством (без доказательства). Формальная арифметика: ее аксиомы и их смысл. Теоремы Геделя о неполноте (без доказательства) и их смысл.

На практических занятиях более подробно изучается программный материал в плоскости отработки практических умений и навыков и усвоения следующих тем:

1. Виды формул логики высказываний.
2. Правильность рассуждений. Алгоритм редукции проверки тождественной истинности формул логики высказываний.

3. Алгоритмы Квайна и резолюций проверки общезначимости формул исчисления высказываний.
4. Логические и кванторные операции над предикатами. Формулы логики предикатов.
5. Выполнимость и общезначимость в логике предикатов. Нормальные формы.
6. Рекурсивные функции.
7. Построение программ для машин Тьюринга.
8. Нормальные алгоритмы Маркова.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=872203&idb=0>

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Аудиторная контрольная работа) для оценки сформированности компетенции УК-1:

Вариант 3.

Задание 1. С помощью алгоритма Квайна проверьте тождественную истинность формулы:

$$A(x, y, z) = (\bar{x} \& (y \vee z)) \rightarrow ((x \rightarrow z) \rightarrow y).$$

Задание 2. Используя алгоритм редукции, проверьте правильность рассуждения:

Если курс ценных бумаг повышается или процентная ставка падает, то курс акций не понижается или налоги не повышаются. Курс акций понижается тогда и только тогда, когда растет курс ценных бумаг и налоги растут. Следовательно, если процентная ставка снижается, то курс акций не понижается или курс ценных бумаг не растет.

Задание 3. Приведите к скелемовской нормальной форме формулу логики предикатов, считая P , Q и R бескванторными формулами:

$$\exists x (P(x) \vee (\exists y Q(x, y) \rightarrow \forall y R(x, y))).$$

Задание 4. Докажите тождественную истинность формулы логики предикатов:

$$\forall x (P(x) \rightarrow Q(x)) \rightarrow (\exists x P(x) \rightarrow \exists x Q(x)).$$

Вариант 4.

Задание 1. Методом резолюций проверьте выводимость:

$$\Gamma = \{\bar{C} \vee \bar{D} \vee E, C \& (E \rightarrow F)\} \vdash D \rightarrow F.$$

Задание 2. Используя алгоритм редукции, проверьте правильность рассуждения:

На заводе возникнет дефицит рабочих кадров, если не повысят зарплату. При дефиците рабочих кадров придется отложить открытие нового цеха. Следовательно, если рабочим увеличат зарплату, то открытие нового цеха отложено не будет.

Задание 3. Приведите к предваренной нормальной форме формулу логики предикатов, считая P и Q бескванторными формулами:

$$\exists x (P(x) \vee Q(x)) \rightarrow (\exists x P(x) \rightarrow \forall x Q(x)).$$

Задание 4. Является ли тождественно истинной следующая формула логики предикатов:

$$\exists x (P(x) \& (A \rightarrow Q(x))) \rightarrow (\forall x (P(x) \rightarrow \overline{Q(x)}) \rightarrow \bar{A}) ?$$

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Аудиторная контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Вариант 1.

Задание 1. Проверить на противоречивость множество дизъюнктов:

$$\Gamma = \{\bar{C} \vee \bar{D} \vee E, \bar{E} \vee F, C \vee D, F \vee \bar{D}, \bar{F}\}.$$

Задание 2. Используя алгоритм редукции, проверьте правильность рассуждения:

Поехать на дачу в эти выходные имеет смысл только в том случае, если родители останутся дома или на дачу приедут наши друзья. Родители останутся дома, только если к нам на дачу приедут наши друзья. Следовательно, если друзья не приедут, то нет смысла ехать на дачу в эти выходные.

Задание 3. Приведите к скелемовской нормальной форме формулу логики предикатов, считая P , Q и R бескванторными формулами:

$$\forall x (\forall y P(x, y) \rightarrow \exists y Q(x, y)) \rightarrow \exists x R(x).$$

Задание 4. На некотором множестве $M \neq \emptyset$ заданы два одноместных предиката $A(x)$ и $B(x)$ таких, что $\exists x (A(x) \rightarrow (\bar{A}(x) \vee (\bar{B}(x) \rightarrow A(x)))) \equiv 1$. Докажите тождественную ложность высказывания $\forall x A(x)$.

Вариант 2.

Задание 1. С помощью алгоритма Квайна проверить тождественную истинность формулы $A(x, y, z) = (x \& y \rightarrow z) \rightarrow (x \rightarrow (y \rightarrow z))$.

Задание 2. Используя алгоритм редукции, проверьте правильность рассуждения:

Для того чтобы прибор работал правильно, необходимо использовать исправные комплектующие и не допустить ошибки при соединении этих комплектующих. Дополнительная проверка показала, что все комплектующие исправные. Следовательно, прибор будет работать правильно в том и только том случае, если все комплектующие соединены безошибочно.

Задание 3. Приведите к предваренной нормальной форме формулу логики предикатов, считая P и Q бескванторными формулами:

$$\exists x (P(x) \vee Q(x)) \& (\forall x P(x) \rightarrow \exists x Q(x)).$$

Задание 4. Является ли тождественно истинной следующая формула логики предикатов:

$$\exists x \forall y (Q(x) \rightarrow P(x, y)) \sim (\forall x Q(x) \rightarrow \exists x \forall y P(x, y)) ?$$

Критерии оценивания (оценочное средство - Аудиторная контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой.
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично».
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо».
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо».
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно».
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо».

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	знаний вследствие отказа обучающегося от ответа		много негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	подготовк и. Ошибок нет.	
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».

	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»
--	-------	---

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-1

1. Формализация понятия алгоритма.
2. Понятие рекурсивных функций. Примитивно рекурсивные функции: базовые функции и элементарные операции.
3. Примеры простейших примитивно рекурсивных функций.
4. Теорема о примитивной рекурсивности суммы и произведения примитивно рекурсивных функций (без доказательства). Примитивная рекурсивность функций “частное от деления x на y ”, “остаток от деления x на y ”, “признак деления x на y ”.
5. Ограниченный оператор минимизации и его применения. Теорема Робинсона об одноместных примитивно рекурсивных функциях (без доказательства).
6. Неограниченный оператор минимизации. Частично рекурсивные функции. Тезис Черча о вычислимых функциях.
7. Общерекурсивные функции. Функция Аккермана. Теорема Аккермана (без доказательства).
8. Словарные функции. Определение машины Тьюринга.
9. Способы задания машин Тьюринга. Композиция машин Тьюринга. Реализация на машине Тьюринга программы “перенос нуля”.
10. Неприменимость машины Тьюринга к исходной информации. Тезис Тьюринга. Теорема о соответствии между частично рекурсивными функциями и функциями, вычислимыми по Тьюрингу (без доказательства).
11. Определение нормального алгоритма Маркова и порядок его работы.
12. Пример работы нормального алгоритма Маркова. Отличия нормальных алгоритмов Маркова от машин Тьюринга. Тезис Маркова. Теорема об эквивалентности машин Тьюринга и нормальных алгоритмов Маркова (без доказательства).
13. Сравнительный анализ трех типов алгоритмических моделей. Оценка сложности алгоритма.
14. Алгоритмически неразрешимые проблемы: проблема остановки машины Тьюринга, проблема ее самоприменимости, проблема эквивалентности слов в ассоциативном исчислении. Теорема Райса (без доказательства) и ее смысл.
15. Особенности прикладных исчислений. Аксиомы для равенства. Теоремы о рефлексивности, симметричности и транзитивности отношения равенства в теории с равенством (без доказательства). Формальная арифметика: ее аксиомы и их смысл. Теоремы Геделя о неполноте (без доказательства) и их смысл.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Понятие высказывания. Логические связки. Формулы логики высказываний.
2. Равносильность формул логики высказываний. Основные равносильности.
3. Тавтологично-истинные формулы логики высказываний. Важнейшие тавтологии. Правильные рассуждения. Утверждение о правильности рассуждения по схеме "Из (P_1, \dots, P_n) следует Q ".
4. Проблема разрешимости в логике высказываний и методы ее решения.
5. Определение и виды формальных теорий.
6. Язык, системы аксиом и основные правила вывода исчисления высказываний.
7. Производные правила вывода в исчислении высказываний: правило введения импликации, транзитивность выводимости.
8. Производные правила вывода в исчислении высказываний: теорема дедукции (без доказательства), правило силлогизма, правило введения отрицания.
9. Лемма для теоремы об общезначимых формулах исчисления высказываний.
10. Теорема об общезначимых формулах в исчислении высказываний.
11. Метод резолюций в исчислении высказываний.
12. Проблемы аксиоматического исчисления высказываний.
13. Определение предиката. Область определения, множество истинности предиката. Операции над предикатами, кванторы существования и всеобщности.
14. Формулы логики предикатов. Свободные и связанные переменные.
15. Равносильность формул в логике предикатов и в различных интерпретациях. Основные равносильности: перестановка кванторов и переименование связанных переменных.
16. Правила переноса квантора через отрицание в формулах логики предикатов.
17. Правила выноса квантора за скобки в формулах логики предикатов.
18. Нормальные формы логики предикатов. Теорема о предваренной нормальной форме.
19. Выполнимость и общезначимость для предикатов. Основные общезначимые формулы в логике предикатов.
20. Теоремы об общезначимости и выполнимости в логике предикатов. Проблема разрешимости в общем случае (теорема Черча) и для формул, содержащих только одноместные предикатные символы.
21. Язык, система аксиом и основные правила вывода исчисления предикатов.
22. Производные правила вывода в исчислении предикатов: правила переименования связанных переменных, правило связывания квантором.
23. Теорема об общезначимых формулах (доказать необходимость) и теорема о замене эквивалентных подформул в исчислении предикатов (без доказательства).
24. Наиболее важные эквивалентности исчисления предикатов и их применение для построения предваренной нормальной формы.
25. Проблемы аксиоматического исчисления предикатов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждая теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий.
отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал

Оценка	Критерии оценивания
	полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждает теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше.
очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, формулировке теорем и т.п. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, формулировке теорем и т.п. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.
удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки при решении практических задач, но при ответах на наводящие вопросы может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент посещал практические занятия. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции УК-1

6. По заданной машине Тьюринга T , работающей в алфавите $A=\{0, 1\}$, где 0 – пустой символ,

а) найдите заключительную конфигурацию для начальной конфигурации $1q_111^3$.

	q_1	q_2	q_3
0	$0Cq_0$	$1Lq_0$	$1Lq_1$
1	$1Rq_2$	$0Rq_3$	$0Rq_1$

б) выясните, применима ли данная машина к исходному слову $q_111^20^21^2$?

7. Построить машину Тьюринга для вычисления следующих функций

а) $O(x)=0$, т.е. $q_101^x0 \Rightarrow q_000^{x+1}$; б) $\lambda(x) = x + 1$, т.е. $q_101^x0 \Rightarrow q_001^{x+1}$;

в) $f(x) = x - 1$, если $q_101^x0 \Rightarrow q_001^{x-1}00$;

г) $f(x) = \text{sgn } x$ для исходного состояния q_101^x0 .

8. Построить машину Тьюринга для вычисления функции $x + y$, т.е. $0q_111^{x-1}01^y0 \Rightarrow q_001^{x+y}0$.

9. Построить машину Тьюринга, реализующую алгоритм вычисления функции $f(n) = n + 2$ в десятичной системе счисления.

10. Составьте протокол работы нормального алгоритма N_3 , который прибавляет 1 к двоичному числу. Этот алгоритм работает над алфавитом $A=\{0, 1\}$ в алфавите $B = A \cup \{\Theta, \Delta\}$

Функциональная схема алгоритма (список подстановок)

$$\left\{ \begin{array}{l} \Theta 1 \rightarrow 1\Theta, \\ \Theta 0 \rightarrow 0\Theta, \\ \Theta \rightarrow \Delta, \\ 1\Delta \rightarrow \Delta 0, \\ 0\Delta \Rightarrow 1, \\ \Delta \Rightarrow 1 \\ \lambda \rightarrow \Theta. \end{array} \right.$$

Исходное слово: а) $\alpha_0 = 111$; б) $\alpha_0 = 101$.

11. Составьте протокол работы нормального алгоритма N_4 , который переворачивает слово в алфавите $A=\{1, 2, 3\}$. N_4 работает над алфавитом A в алфавите $B = A \cup \{\nabla, \Delta\}$. Предполагается, что $\nabla, \Delta \notin A$. Функциональная схема алгоритма (список подстановок):

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\Delta \rightarrow \nabla, \\ \nabla\Delta \rightarrow \nabla, \\ \nabla x \rightarrow x\nabla, \\ \nabla \Rightarrow \lambda, \\ \Delta xy \rightarrow y\Delta x, \\ \lambda \rightarrow \Delta. \end{array} \right. \quad \text{Здесь переменные } x \text{ и } y \text{ пробегают все множество } A.$$

Исходное слово: а) $\alpha_0 = 123$; б) $\alpha_0 = 231$.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Какая функция получается из φ и ψ с помощью схемы примитивной рекурсии, если:
- а) $\varphi(x) = 1, \psi(x, y, z) = x \cdot z$; б) $\varphi(x) = 1, \psi(x, y, z) = (y + 1) \cdot z$.
2. Доказать, что примитивно рекурсивными являются функции
- а) 2^x ; б) $(x + y)^2$.
3. Доказать, что следующие функции примитивно рекурсивны:
- а) $\max(x, y)$, б) $\min(x, y)$, в) $|x - y|$, г) C_x^y ($C_x^y = 1$ при $y \geq x$),
д) $\tau(x)$ - число делителей числа x , где $\tau(0) = 0$;
е) $p(x)$ - число простых чисел, не превосходящих x .
4. Определите следующие функции с помощью ограниченного оператора минимизации
- а) $\lceil x\sqrt{2} \rceil$; б) $f(x, z) = \lceil \frac{z}{x} \rceil$; в) $f(x, k) = \lceil \log_k x \rceil$.
5. Доказать равенства $f(x) = it(g(x))$, если
- а) $f(x) = \text{sgn } x, g(x) = 1 + \lceil \frac{x}{2} \rceil$; б) $f(x) = 2x - 1, g(x) = x + 1 + \lceil \frac{x+1}{2} \rceil - \lceil \frac{x}{2} \rceil$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическая задача)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой.
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично».
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо».
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо».
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне

Оценка	Критерии оценивания
	«удовлетворительно».
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо».

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Кузнецов Олег Петрович. Дискретная математика для инженера. - Изд. 6-е, стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009. - 400 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0570-1 : 454.96., 11 экз.
2. Новиков Ф. А. Дискретная математика для программистов : учеб. для вузов. - 3-е изд. - СПб. : Питер, 2009. - 384 с. - (Учебник для вузов. Прикладная математика и информатика). - ISBN 978-5-91180-759-7 : 182.16., 2 экз.
3. Игошин Владимир Иванович. Математическая логика и теория алгоритмов : [учеб. пособие для физ.-мат. специальностей пед. ин-тов]. - Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1991. - 255, [1] с. - ISBN 5-292-00259-3 (в пер.) : 3.00., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Судоплатов С. В. Математическая логика и теория алгоритмов : учебник и практикум / С. В. Судоплатов, Е. В. Овчинникова. - 5-е изд. - Москва : Юрайт, 2023. - 207 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-12274-9. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=872203&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://www.intuit.ru/studies/courses/13859/1256/info>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Павлов Игорь Сергеевич, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Павлов Игорь Сергеевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.11.2024, протокол № 06/24.