

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Арзамасский филиал ННГУ - Факультет естественных и математических наук

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Математическая логика и теория алгоритмов

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

44.03.05 - Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Направленность образовательной программы

Математика и физика

Форма обучения

очная

г. Арзамас

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.01.03 Математическая логика и теория алгоритмов относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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	ИУК-1.1: Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации, специфику системного подхода для решения поставленных задач. ИУК-1.2: Умеет приобретать новые знания на основе анализа, синтеза и других методов; осуществлять поиск информации по научным проблемам, относящимся к профессиональной области. ИУК-1.3: Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками, адекватного использования информации, полученной из медиа и других источников для решения поставленных задач.	ИУК-1.1: Знать классические факты, утверждения и методы основных разделов математической логики и теории алгоритмов ИУК-1.2: Уметь формулировать и доказывать основные результаты математической логики и теории алгоритмов ИУК-1.3: Владеть навыками решения практических задач с использованием методов математической логики и теории алгоритмов	Коллоквиум Контрольная работа Опрос Тест	Экзамен: Контрольные вопросы
ПКР-4: Способен осваивать и анализировать базовые научно-теоретические представления о сущности, закономерностях, принципах и особенностях явлений и процессов в предметной области	ИПКР-4.1: Знает содержание, сущность, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области, а также роль учебного предмета/ образовательной области в формировании научной картины мира; основы общетеоретических	ИПКР-4.1: Знать основы математической логики и теории алгоритмов, их связь со школьным курсом математики ИПКР-4.2: Уметь решать типовые задачи по математической логике и теории алгоритмов	Коллоквиум Контрольная работа Опрос Тест	Экзамен: Контрольные вопросы

	дисциплин в объеме, необходимом для решения профессиональных задач. ИПКР-4.2: Умеет анализировать базовые научно-теоретические представления о сущности, закономерностях, принципах и особенностях изучаемых явлений и процессов в предметной области знаний. ИПКР-4.3: Владеет различными методами анализа основных категорий предметной области знаний.	ИПКР-4.3: Владеть базовыми идеями и методами математической логики и теории алгоритмов		
--	---	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	7
Часов по учебному плану	252
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	66
- КСР	4
самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация	108 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. Предмет математической логики. Логические операции над высказываниями. Булевы алгебры. Примеры. Таблицы истинности.	4	2	2	4	0

Тема 2. Формулы. Равносильные преобразования формул. Тавтологии – законы логики высказываний.	2	0	2	2	0
Тема 3. Дизъюнктивная и конъюнктивная нормальные формы. Закон двойственности.	2	0	2	2	0
Тема 4. Совершенные нормальные формы.	4	2	2	4	0
Тема 5. Булевы функции. Полные системы булевых функций.	4	2	2	4	0
Тема 6. Приложение алгебры высказываний к логико-математической практике.	2	0	2	2	0
Тема 7. Понятие формальной теории. Аксиомы, правила вывода, теоремы исчисления высказываний.	4	2	2	4	0
Тема 8. Теорема дедукции в исчислении высказываний.	4	2	2	4	0
Тема 9. Полнота исчисления высказываний в широком смысле.	2	0	2	2	0
Тема 10. Непротиворечивость исчисления высказываний. Полнота исчисления высказываний в узком смысле	2	0	2	2	0
Тема 11. Независимость аксиом исчисления высказываний.	2	0	2	2	0
Тема 12. Предикаты. Кванторы. Формулы. Область истинности и ложности предиката.	4	2	2	4	0
Тема 13. Формулы логики предикатов и их равносильность. Предваренная нормальная форма.	2	0	2	2	0
Тема 14. Проблема разрешимости в логике предикатов.	2	0	2	2	0
Тема 15. Применение языка логики предикатов для записи математических предложений.	4	2	2	4	0
Тема 16. Теория первого порядка. Теоремы и формулы. Логические и специальные теоремы. Правила вывода. Теорема дедукции в исчислении предикатов.	4	2	2	4	0
Тема 17. Непротиворечивость и полнота исчисления предикатов. Модели теории, их изоморфизмы. Теорема полноты Теоремы Гёделя о неполноте. Парадоксы.	4	0	2	2	2
Тема 18. Интуитивное понятие алгоритма. Основные требования к алгоритмам. Алгоритмы в математике.	6	2	2	4	2
Тема 19. Вычислимые функции. Числовые функции и алгоритмы их вычисления.	4	0	2	2	2
Тема 20. Машины Тьюринга. Конфигурации и машинные слова. Применение машин Тьюринга к словам.	6	2	2	4	2
Тема 21. Конструирование машин Тьюринга. Диаграмма переходов машины Тьюринга.	6	2	2	4	2
Тема 22. Вычислимые по Тьюрингу функции. Правильная вычислимость функций на машине Тьюринга.	4	0	2	2	2
Тема 23. Нормальные алгоритмы. Их применение к словам. Конструирование нормальных алгоритмов.	6	2	2	4	2
Тема 24. Операции над алгоритмами Маркова.	4	0	2	2	2
Тема 25. Нормально-вычислимые функции. Принцип нормализации Маркова.	6	0	2	2	4
Тема 26. Машина с неограниченными регистрами. Ее применение к конфигурациям.	6	2	2	4	2
Тема 27. Конструирование МНР. МНР-вычислимые функции.	6	0	2	2	4
Тема 28. Основные понятия теории рекурсивных функций. Операторы суперпозиции и примитивной рекурсии.	6	2	2	4	2
Тема 29. Примитивно-рекурсивные функции.	4	0	2	2	2
Тема 30. Примитивная рекурсивность предикатов. Логические операции.	6	2	2	4	2
Тема 31. Ограниченные кванторы. Подстановка функций в предикат. Кусочное задание функции. Оператор минимизации.	4	0	2	2	2

Тема 32. Частично-рекурсивные и общерекурсивные функции.	8	2	2	4	4
Тема 33. Разрешимость и перечислимость множеств. Диагональный метод. Неразрешимые алгоритмические проблемы.	6	0	2	2	4
Аттестация	108				
КСР	4			4	
Итого	252	32	66	102	42

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Предмет математической логики. Логические операции над высказываниями. Булевы алгебры. Примеры. Таблицы истинности.

Предмет математической логики, ее роль в вопросах обоснования математики. Краткие исторические сведения. Интенсивное развитие математической логики в настоящее время в связи с созданием и применением автоматических систем управления и распространением метода формализации при изучении различных теорий. Булевы алгебры. Логические операции над высказываниями. Истинностные значения формул.

Тема 2. Формулы. Равносильные преобразования формул. Тавтологии – законы логики высказываний.

Понятие формулы алгебры высказываний. Классификация формул. Равносильность формул.

Равносильные преобразования формул. Тавтологии и их значение в математике.

Тема 3. Дизъюнктивная и конъюнктивная нормальные формы. Закон двойственности.

Нормальные формы для формул алгебры высказываний. Теоремы о приведении формул к ДНФ и КНФ.

Тема 4. Совершенные нормальные формы.

Совершенная дизъюнктивная и конъюнктивная нормальные формы. Единственность СДНФ.

Тема 5. Булевы функции. Полные системы булевых функций.

Булевы функции. Представление истинностных функций формулами алгебры высказываний.

Алгоритмы нахождения СДНФ и СКНФ по таблице истинности. Полные и неполные системы функций.

Тема 6. Приложение алгебры высказываний к логико-математической практике.

Логическое строение математических теорем. Виды теорем. Необходимые и достаточные условия теорем. Логические законы, лежащие в основании некоторых методов доказательства теорем.

Тема 7. Понятие формальной теории. Аксиомы, правила вывода, теоремы исчисления высказываний.

Понятие формальной аксиоматической теории. Аксиоматическое построение логики высказываний (исчисление высказываний). Аксиомы и правила вывода. Схемы аксиом. Доказуемость формул.

Выводимость из гипотез. Построение доказательств в виде дерева и линейное доказательство.

Тема 8. Теорема дедукции в исчислении высказываний.

Теорема дедукции и обратная к ней. Применение теоремы обратной теореме дедукции к построению выводов формул. Значение теоремы дедукции.

Тема 9. Полнота исчисления высказываний в широком смысле.

Понятие о полноте в широком смысле системы аксиом. α -двойник формулы. Лемма о выводимости.

Тема 10. Непротиворечивость исчисления высказываний. Полнота исчисления высказываний в узком смысле.

Непротиворечивость и разрешимость исчисления высказываний. Абсолютная полнота и полнота в узком смысле.

Тема 11. Независимость аксиом исчисления высказываний.

Независимость аксиомы от остальных аксиом системы. Независимость системы аксиом.

Конструирование модели для доказательства независимости аксиомы.

Тема 12. Предикаты. Кванторы. Формулы. Область истинности и ложности предиката.

Понятие предиката. Предикаты и высказывания. Основные понятия, связанные с предикатами – операции над предикатами, область истинности предиката. Классификация предикатов. Равносильность предикатов.

Тема 13. Формулы логики предикатов и их равносильность. Предваренная нормальная форма. Формулы логики предикатов. Свободные и связанные переменные. Истинностные значения формул. Общезначимость и выполнимость формул логики предикатов. Равносильность формул логики предикатов. Приведенная и предваренная нормальная форма.

Тема 14. Проблема разрешимости в логике предикатов. Три формы проблемы разрешимости в логике предикатов. Частные случаи разрешимости.

Тема 15. Применение языка логики предикатов для записи математических предложений. Логический квадрат. Методы доказательства математических теорем. Теория силлогизмов.

Тема 16. Теория первого порядка. Теоремы и формулы. Логические и специальные теоремы. Правила вывода. Теорема дедукции в исчислении предикатов. Исчисление предикатов. Его аксиомы и правила вывода. Примеры построения доказательств. Теории первого порядка и их модели. Язык первого порядка. Теорема дедукции в исчислении предикатов.

Тема 17. Непротиворечивость и полнота исчисления предикатов. Модели теории, их изоморфизмы. Теорема полноты Теоремы Гёделя о неполноте. Парадоксы. Свойства исчисления предикатов. Непротиворечивость и полнота исчисления предикатов. Парадоксы и их виды. Метаматематика. Теоремы Гёделя и их значение для математики.

Тема 18. Интуитивное понятие алгоритма. Основные требования к алгоритмам. Алгоритмы в математике. Неформальное понятие алгоритма. Основные требования к алгоритмам: дискретность, детерминированность, элементарность шагов, результативность, массовость. Блок-схемы алгоритмов. Следование. Развилка. Повторение. Композиция алгоритмов. Подходы к уточнению понятия алгоритма.

Тема 19. Вычислимые функции. Числовые функции и алгоритмы их вычисления. Понятие вычислимой функции. Алгоритмы вычисления функций.

Тема 20. Машины Тьюринга. Конфигурации и машинные слова. Применение машин Тьюринга к словам. Определение машины Тьюринга. Понятие конфигурации, машинного слова. Применение машин Тьюринга к словам.

Тема 21. Конструирование машин Тьюринга. Диаграмма переходов машины Тьюринга. Понятие диаграммы переходов машины Тьюринга. Конструирование машин Тьюринга: основные приемы. Примеры конструирования машин Тьюринга.

Тема 22. Вычислимые по Тьюрингу функции. Правильная вычислимость функций на машине Тьюринга. Правильная вычислимость функций на машине Тьюринга. Операции над машинами Тьюринга: композиция, развилка, цикл. Тезис Тьюринга (основная гипотеза теории алгоритмов). Проблема остановки.

Тема 23. Нормальные алгоритмы. Их применение к словам. Конструирование нормальных алгоритмов. Марковские подстановки. Нормальные алгоритмы и их применение к словам. Конструирование нормальных алгоритмов.

Тема 24. Операции над алгоритмами Маркова. Композиция нормальных алгоритмов. Примеры.

Тема 25. Нормально-вычислимые функции. Принцип нормализации Маркова. Алгоритм Маркова как подход к уточнению понятия алгоритм. Нормально-вычислимые функции. Принцип нормализации Маркова.

Тема 26. Машина с неограниченными регистрами. Ее применение к конфигурациям. Понятие машины с неограниченными регистрами. Примеры МНР.

Тема 27. Конструирование МНР. МНР-вычислимые функции. Конструирование МНР. МНР-вычислимые функции. Порождение вычислимых функций.

Тема 28. Основные понятия теории рекурсивных функций. Операторы суперпозиции и примитивной рекурсии. Задача теории рекурсивных функций. Простейшие рекурсивные функции. Операторы теории рекурсивных функций. Операторы суперпозиции и примитивной рекурсии.

Тема 29. Примитивно-рекурсивные функции.

Понятие примитивно-рекурсивной функции. Доказательство примитивной рекурсивности функции.
Тема 30. Примитивная рекурсивность предикатов. Логические операции.
Предикаты. Понятие характеристической функции предиката. Примитивная рекурсивность предикатов.
Тема 31. Ограниченные кванторы. Подстановка функций в предикат. Кусочное задание функции.
Оператор минимизации.
Ограниченные кванторы. Подстановка функций в предикат. Оператор условного перехода. Кусочное задание функции. Оператор минимизации.
Тема 32. Частично-рекурсивные и общерекурсивные функции.
Частично-рекурсивные и общерекурсивные функции. Тезис Чёрча. Эквивалентность различных теорий алгоритмов.
Тема 33. Разрешимость и перечислимость множеств. Диагональный метод. Неразрешимые алгоритмические проблемы.
Разрешимость и перечислимость множеств. Диагональный метод. Алгоритмическая проблема.
Неразрешимые алгоритмические проблемы. Нумерация алгоритмов. Существование невычислимых по Тьюрингу функций. Проблема распознавания самоприменимости и применимости.

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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Математическая логика и теория алгоритмов"

(<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=881>).

Иные учебно-методические материалы: Учебно-методические документы, регламентирующие самостоятельную работу

адреса доступа к документам:

<https://arz.unn.ru/sveden/document/>

http://www.arz.unn.ru/pdf/Metod_all_all.pdf

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 - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции УК-1:

Семестр 5

1. Предмет математической логики. Исторические этапы становления математической логики как науки.
2. Булевы алгебры. Примеры. Свойства булевых алгебр. Операции над высказываниями.
3. Формулы. Классификация формул. Таблицы истинности. Равносильность формул. Признак равносильности и следствие из него.
4. Основные равносильности алгебры высказываний и их доказательство. Равносильные преобразования формул. ДНФ.
5. КНФ. СДНФ.

6. Единственность СДНФ.
7. СКНФ.
8. Булевы функции. Представление истинностных функций формулами. Правила нахождения СДНФ и СКНФ.

Семестр 6

1. Понятие алгоритма. Примеры алгоритмов.
2. Основные требования к алгоритмам.
3. Понятие конструктивного объекта. Применимость алгоритма к начальным данным. Область применимости алгоритма. Интуитивное определение алгоритма. Алгоритмически вычислимая функция.
4. Блок-схемы алгоритмов.
5. Подходы к математическому уточнению понятия алгоритма.
6. Алгоритм как программа для компьютера. Следование, развилка.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ПКР-4:

Семестр 5

1. Полные системы булевых функций. Теорема об отсутствии полной системы функций для совокупности функций от одной переменной, определенных на множестве натуральных чисел.
1. Теорема о существовании полной системы функций во множестве всех булевых функций. Тавтологии и их доказательство. Правила получения тавтологий.
2. Применение алгебры высказываний к формулировке математических теорем. Принцип полной дизъюнкции.
3. Понятие формальной аксиоматической теории. Исчисление высказываний как аксиоматическая теория. Примеры построения выводов. Линейный вывод и дерево вывода.
4. Теорема дедукции.
5. Теоремы исчисления высказываний.
6. Производные правила вывода. Правила введения логических связок. Правила удаления логических связок.

Семестр 6

1. Алгоритм как программа для компьютера. Повторение (цикл – ПОКА, цикл – ДО).
2. Понятие машины Тьюринга. Ее устройство.
3. Вычислимые по Тьюрингу функции.
4. Правильная вычислимость функций на машине Тьюринга.
5. Операции над машинами Тьюринга: композиция, развилка, цикл.
6. Тезис Тьюринга (основная гипотеза теории алгоритмов).
7. Марковские подстановки. Нормальные алгоритмы Маркова и их применение к словам.

Критерии оценивания (оценочное средство - Коллоквиум)

Оценка	Критерии оценивания
отлично	Оценка «отлично» выставляется, когда студент глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, правильно обосновывает решения, умеет

Оценка	Критерии оценивания
	самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется, если студент твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется в том случае, при котором студент освоил только основные категории темы (определения, формулы, свойства, формулировки теорем), но допускает неточности, нарушает последовательность в изложении программного материала, испытывает существенные затруднения при доказательствах или совсем их не проводит.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, в ответе которого обнаружились существенные пробелы в знании основного содержания учебной программы дисциплины или грубые ошибки.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции УК-1:

Семестр 5

- Привести формулу к виду СКНФ и СДНФ с помощью равносильных преобразований: $\overline{(X \rightarrow (Y \vee \overline{Z})) \wedge \overline{X}} \rightarrow (\overline{X} \vee \overline{Y} \rightarrow Z)$.
- Равносильны ли формулы: $\Phi_1 = (X \wedge (\overline{Y} \rightarrow Z)) \vee ((\overline{X} \rightarrow Z) \wedge \overline{Y})$ и $\Phi_2 = (\overline{X} \rightarrow Y) \rightarrow (Z \wedge Y \vee \overline{X})$?
- Постройте вывод: $X \rightarrow Y \vdash (X \rightarrow (Y \rightarrow Z)) \rightarrow (X \rightarrow Z)$
- Дан предикат $Q(x)$ ="x общая точка двух данных окружностей", где x – произвольные точки плоскости. Сформулируйте следующее предложение: $\forall x \forall y \forall z [Q(x) \wedge Q(y) \wedge Q(z) \rightarrow (z = x) \vee (z = y)]$.

Семестр 6

- Машина Тьюринга с внешним алфавитом определяется следующей программой:

A \ Q	q ₁	q ₂	q ₃	q ₄
a ₀	q ₂ a ₀ П	q ₃ a ₀ П	q ₁ 1П	q ₀ a ₀
1	q ₂ 1П	q ₄ a ₀ П	q ₂ 1П	q ₄ 1П

Остановится ли когда-нибудь эта машина, если она начнет перерабатывать следующие слова:

а) q₁1111a₀1, б) q₁1a₀1a₀1?

Если остановка происходит, то какое слово получается в результате, какая ячейка и в каком (перед остановкой) состоянии обозревается?

2. Найдите функции f и g в рекурсивных формулах для функции $\varphi(x, y) = 3^{x+y}$, если рекурсия проводится по y .

$$\begin{aligned} a11 &\rightarrow 1a \\ a &\rightarrow \cdot \Lambda \\ \Lambda &\rightarrow a \end{aligned}$$

3. Какое из следующих слов является результатом применения нормального алгоритма к слову 111111?

1) 111; 2) 1; 3) ; 4) 111a.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПКР-4:

Семестр 5

1. Привести формулу к виду СКНФ и СДНФ с помощью равносильных преобразований:

$$((X \vee Y \vee \bar{Z} \rightarrow Y \wedge Z) \rightarrow Y \wedge \bar{X}) \rightarrow \bar{Y} \rightarrow X \wedge \bar{Z}$$

2. Равносильны ли следующие формулы: $\Phi_1 = \overline{X \rightarrow Y \vee \bar{Z} \wedge \bar{X} \rightarrow (X \vee \bar{Y} \rightarrow Z)}$ и $\Phi_2 = X \vee (Y \rightarrow Z)$?

3. Построить вывод: $(A \rightarrow (B \rightarrow C)) \rightarrow (B \rightarrow (A \rightarrow C))$

4. Изобразите область истинности предиката: $"x^2 + (y - 1)^2 > 4"$.

Семестр 6

1. Машина Тьюринга с внешним алфавитом определяется следующей таблицей:

$A \backslash Q$	q_1	q_2	q_3
a_0	$q_2 a_0 \Pi$	$q_2 a_0 \Pi$	$q_0 a_0$
1	$q_1 1 \Pi$	$q_3 1 \Pi$	$q_3 1 \Pi$

Остановится ли когда-нибудь эта машина, если она начнет перерабатывать следующие слова:

а) $q_1 111 a_0 a_0 1$, б) $q_1 11 a_0 a_0 11 a_0 1$, в) $q_1 111111$?

Если остановка происходит, то какое слово получается в результате, какая ячейка и в каком (перед остановкой) состоянии обозначается?

2. Найдите функции f и g в рекурсивных формулах для функции $\varphi(x, y, z) = x \cdot y \cdot z^2$, если рекурсия проводится по x .

3. Дан алфавит и схема нормального алгоритма в расширенном алфавите $B = A \cup \{\alpha, \beta\}$:

$$\begin{aligned} \alpha\alpha &\rightarrow \beta \\ \beta i &\rightarrow i\beta, \text{ где } i \in A \\ \beta\alpha &\rightarrow \beta \\ \beta &\rightarrow \cdot \Lambda \\ \alpha j i &\rightarrow i\alpha j, \text{ где } i, j \in A \\ \Lambda &\rightarrow \alpha \end{aligned}$$

Примените данный алгоритм к слову 1247. Определите, какое действие осуществляет этот алгоритм.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
отлично	Оценка «отлично» в работе представлено полностью верное решение всех обязательных задач.
хорошо	Оценка «хорошо» в работе представлено полностью верное решение $\frac{3}{4}$ обязательных задач.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» в работе представлено полностью верное решение половины обязательных задач.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» решено меньше половины обязательных задач.

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции УК-1:

Семестр 5

1. Законы булевы алгебры. Свойства булевых алгебр.
2. Операции над высказываниями.
3. Таблицы истинности. Равносильность формул.
4. Основные равносильности алгебры высказываний и их доказательство. Равносильные преобразования формул. ДНФ.
5. КНФ.
6. СДНФ.
7. СКНФ.

Семестр 6

1. Понятие алгоритма. Примеры алгоритмов. Основные требования к алгоритмам.
2. Понятие конструктивного объекта. Применимость алгоритма к начальным данным. Область применимости алгоритма. Интуитивное определение алгоритма. Алгоритмически вычислимая функция.
3. Подходы к математическому уточнению понятия алгоритма.
4. Понятие машины Тьюринга. Ее устройство.

5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПКР-4:

Семестр 5

1. Булевы функции.
2. Представление истинностных функций формулами. Правила нахождения СДНФ и СКНФ.
3. Тавтологии и их доказательство. Правила получения тавтологий.
4. Применение алгебры высказываний к формулировке математических теорем.
5. Понятие формальной аксиоматической теории. Исчисление высказываний как аксиоматическая теория. Примеры построения выводов. Линейный вывод и дерево вывода.

6. Теорема дедукции.
7. Теоремы исчисления высказываний.
8. Производные правила вывода. Правила введения логических связок. Правила удаления логических связок.

Семестр 6

1. Вычислимые по Тьюрингу функции. Правильная вычислимость функций на машине Тьюринга.
2. Тезис Тьюринга (основная гипотеза теории алгоритмов).
3. Марковские подстановки. Нормальные алгоритмы Маркова и их применение к словам.
4. Неразрешимые алгоритмические проблемы. Нумерация машин Тьюринга.

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
отлично	Оценка «отлично» выставляется, когда студент глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, правильно обосновывает решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется, если студент твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется в том случае, при котором студент освоил только основные категории темы (определения, формулы, свойства, формулировки теорем), но допускает неточности, нарушает последовательность в изложении программного материала.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, в ответе которого обнаружились существенные пробелы в знании основного содержания учебной программы дисциплины или грубые ошибки.

5.1.7 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции УК-1:

Семестр 5

I. Какие из перечисленных предложений являются высказываниями?

1. Некоторые фигуры – треугольники.
2. Рыжая собака, выбежавшая ко мне навстречу.
3. На земле сейчас существуют динозавры.
4. Марк Тулий Цицерон (106 – 43 гг. до н. э.).
5. Самая северная в мире атомная электростанция находится на Кольском полуострове.
6. Передача информации.
7. Все грибы – съедобные.
8. Роза – красивый цветок.

9. В романе А.С. Пушкина «Евгений Онегин» 136245 букв.

Ответ:_____.

II. Сформулируйте отрицания высказываний.

1. $10 > 3$.

Ответ:_____.

2. Африка – остров.

Ответ:_____.

3. Некоторые грибы несъедобны.

Ответ:_____.

III. Используя буквенные обозначения, выразите в виде формул алгебры высказываний следующие составные высказывания.

1. Удалось Ворону раздобыться куском сыру, взлетел он на дерево, уселся там и попался на глаза Лисице.

а) $B \rightarrow ((D \vee S) \rightarrow L)$; б) $B \rightarrow ((D \wedge S) \rightarrow L)$; в) $B \rightarrow ((D \vee S) \vee L)$; г) $B \wedge D \wedge S \wedge L$; д) $B \rightarrow (D \wedge S \wedge L)$.

Ответ:_____.

2. Завистливый человек ни днем, ни ночью не знает покоя, всегда и всем недоволен, сетует на все с ропотом, частый гнев и постоянная злоба мучают его.

а) $D \wedge N \wedge K \wedge G \wedge Z$; б) $Z \rightarrow (D \wedge N \wedge K \wedge S \wedge G \wedge F)$; в) $Z \rightarrow (\bar{D} \wedge \bar{N} \wedge \bar{K} \wedge S \wedge G \wedge F)$; г) $\bar{D} \wedge \bar{N} \wedge \bar{K} \wedge S \wedge G \wedge Z$.

Ответ:_____.

3. Если требуется решить уравнение, то надо найти все его корни или доказать, что корней нет.

а) $U \rightarrow (K \vee \bar{K})$; б) $U \rightarrow (K \vee G)$; в) $(U \rightarrow K) \wedge \bar{K}$; г) $(U \rightarrow K) \vee \bar{K}$; д) $(U \rightarrow K) \wedge G$.

Ответ:_____.

Семестр 6

1. Выберите название описанного свойства алгоритма. Система величин, получаемых в какой-то (не начальный) момент времени, однозначно определяется системой величин, полученных в предшествующие моменты времени.

1) дискретность; 2) детерминированность; 3) массовость; 4) результативность; 5) элементарность шагов.

2. Выберите название описанного свойства алгоритма. Начальная система величин может выбираться из некоторого потенциально бесконечного множества.

1) дискретность; 2) детерминированность; 3) массовость; 4) результативность; 5) элементарность шагов.

3. Выберите название описанного свойства алгоритма. Закон получения последующей системы величин из предшествующей должен быть простым и локальным.

1) дискретность; 2) детерминированность; 3) массовость; 4) результативность; 5) элементарность шагов.

4. Выберите название описанного свойства алгоритма. Процесс последовательного построения величин идет таким образом, что в начальный момент задается исходная конечная система величин, а в каждый последующий момент система величин получается по определенному закону из системы величин, имевшихся в предыдущий момент времени.

1) дискретность; 2) детерминированность; 3) массовость; 4) результативность; 5) элементарность шагов.

5. Машина Тьюринга (МТ) с внешним алфавитом $A = \{a_0, 1\}$, задаваемая командами $q_1 1 \rightarrow q_1 1 L$, $q_1 a_0 \rightarrow q_0 1$ осуществляет следующие действия:

1. читающая головка машины двигается по ленте вправо;
2. начав работу со слова, состоящего из единиц, приписывает к нему слева по одной букве 1 на каждом шаге, при этом никогда не останавливаясь;
3. машина вычисляет функцию прибавления единицы;
4. читающая головка машины двигается по ленте влево, пока не встретит a_0 , после чего машина останавливается.

6. Пусть МТ, находясь во внутреннем состоянии q_2 и обозревая ячейку, в которой записана буква a_1 , переходит в состояние q_1 , в обозреваемой ячейке стирает букву a_1 и заносит туда букву a_2 , после чего сдвигается на одну ячейку влево. Команда, соответствующая описанному действию МТ имеет вид:

1) $q_1 a_2 \rightarrow q_2 a_1 L$; 2) $q_2 a_1 \rightarrow q_1 a_2$; 3) $q_2 a_1 \rightarrow q_1 a_2 L$; 4) $q_2 a_1 \rightarrow q_1 a_2 \Pi$.

7. МТ определяется следующей функциональной схемой:

$\begin{matrix} Q \\ A \end{matrix}$	q_1	q_2
a_0	$q_2 a_0 \Pi$	$q_0 1$
1	$q_1 1 \Pi$	$q_2 1 \Pi$

Исходя из стандартного начального положения слово машина переработает в следующее слово:

1) $111a_01$; 2) $1a_01a_01$; 3) $11a_01a_01$; 4) $1a_0a_01a_01$.

8. Машиной Тьюринга (МТ) называется система вида:

1) $\langle A, a_0, Q, q_0, q_1, X, \tau \rangle$, где A – внешний алфавит МТ, a_0 – пустая буква алфавита A , Q – алфавит внутренних состояний МТ, q_0 – начальное состояние МТ, q_1 – состояние остановки МТ, X – множество сдвигов МТ, τ – программа МТ;

2) $\langle A, a_0, Q, q_0, q_1, X, \tau \rangle$, где A – внешний алфавит МТ, a_0 – пустая буква алфавита A , Q – алфавит внутренних состояний МТ, q_0 – состояние остановки МТ, q_1 – начальное состояние МТ, X – множество сдвигов МТ, τ – программа МТ;

3) $\langle A, a_0, Q, q_0, q_1, \tau \rangle$, где A – внешний алфавит МТ, a_0 – пустая буква алфавита A , Q – алфавит внутренних состояний МТ, q_0 – состояние остановки МТ, q_1 – начальное состояние МТ, τ – программа МТ;

4) $\langle A, a_0, Q, q_0, q_1, X, \tau \rangle$, где A – алфавит внутренних состояний МТ, a_0 – пустая буква алфавита A , Q – внешний алфавит МТ, q_0 – состояние остановки МТ, q_1 – начальное состояние МТ, X – множество сдвигов МТ, τ – программа МТ.

9. Машина Тьюринга с внешним алфавитом $A = \{a_0, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$, задаваемая

командами: $q_1 0 \rightarrow q_1 0П$, $q_1 1 \rightarrow q_1 1П$, $q_1 2 \rightarrow q_1 2П$, $q_1 3 \rightarrow q_1 3П$, $q_1 4 \rightarrow q_1 4П$, $q_1 5 \rightarrow q_1 5П$,
 $q_1 6 \rightarrow q_1 6П$, $q_1 7 \rightarrow q_1 7П$, $q_1 8 \rightarrow q_1 8П$, $q_1 9 \rightarrow q_1 9П$, $q_1 a_0 \rightarrow q_0 1$, осуществляет

следующие действия:

- 1) читающая головка машины движется по ленте вправо;
- 2) начав работу со слова, состоящего из цифр десятичной системы счисления, приписывает к нему справа по одной букве 1 на каждом шаге, при этом никогда не останавливаясь;
- 3) машина вычисляет функцию прибавления единицы;
- 4) читающая головка машины движется по ленте вправо, пока не встретит a_0 , после чего, заменив a_0 на 1, машина останавливается.

5.1.8 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПКР-4:

Семестр 5

I. Введите буквенные обозначения простых высказываний и выразите в виде формул алгебры высказываний следующие составные высказывания.

1. Идет дождь или кто-то не выключил душ.

Ответ: _____.

2. Если вечером будет туман, то Сергей или останется дома, или должен будет взять такси.

Ответ: _____.

3. Оля сядет на стул, и она или Света будут ждать прихода врача.

Ответ: _____.

4. Оля сядет на стул и будет ждать врача, или Света будет ждать врача.

Ответ:_____.

5. Ни красные, ни белые не победили в гражданской войне.

Ответ:_____.

6. Хлеба уцелеют тогда и только тогда, когда будут вырыты ирригационные каналы; если хлеба не уцелеют, то фермеры обанкротятся и оставят фермы.

Ответ:_____.

II. Запишите высказывание, реализующее данную формулу, если C – сегодня мы идем купаться, R – сегодня мы роём картошку, S – сегодня мы сидим дома, Y – вчера мы не купались.

1.

$R \rightarrow \overline{C \vee S}$. Ответ:_____.

2. $C \leftrightarrow Y$ Ответ:_____.

3. $Y \wedge (C \vee R)$. Ответ:_____.

4. $C \leftrightarrow (R \wedge \bar{S})$.

Ответ:_____.

Семестр 6

1. Стандартное начальное положение – это:

1) положение, при котором в состоянии q_1 обозревается крайняя правая ячейка записанного на ленте машины Тьюринга слова;

2) положение, при котором в состоянии q_0 обозревается крайняя правая ячейка записанного на ленте машины Тьюринга слова;

3) положение, при котором в состоянии q_1 обозревается крайняя левая ячейка записанного на ленте машины Тьюринга слова;

4) положение, при котором в состоянии q_0 обозревается крайняя правая ячейка записанного на ленте машины Тьюринга слова.

2. Машина Тьюринга Γ («удвоение») осуществляет перевод:

1) $q_1 a_0 1^x a_0 1^y a_0 \mapsto a_0 1^x a_0 1^y q_0 a_0 1^x a_0 1^y a_0$; 2) $q_1 a_0 1^x a_0 \mapsto q_0 a_0 1^x a_0 1^x a_0$;

3) $q_1 a_0 1^x a_0 \mapsto a_0 1^x q_0 a_0 1^x a_0$; 4) $q_1 a_0 1^x a_0 1^y a_0 \mapsto q_0 a_0 1^x a_0 1^y a_0 1^x a_0 1^y a_0$.

3. В результате применения к начальной конфигурации $q_1 a_0 1^{x_1} a_0 1^{x_2} a_0 1^{x_3} a_0$ композиции

$B^+ B B^+ O B^- O B^-$ машин Тьюринга (B^+ – «правый сдвиг», B^- – «левый сдвиг», B – «транспозиция», O – «обнуление») получится следующая конфигурация:

- 1) $q a_0 a_0^{x_3} a_0 a_0^{x_2} a_0 1^{x_1} a_0$; 2) $q a_0 1^{x_3} a_0 1^{x_2} a_0 1^{x_1} a_0$; 3) $q a_0 1^{x_3} a_0 a_0^{x_1} a_0 a_0^{x_2} a_0$;
4) $q a_0 1^{x_2} a_0 a_0^{x_1} a_0 a_0^{x_3} a_0$.

4. В результате применения к начальной конфигурации $q_1 a_0 1^{x_1} a_0 1^{x_2} a_0 1^{x_3} a_0$ композиции машин Тьюринга $(B^+)^2 (BOB^-)^2$ (B^+ – «правый сдвиг», B^- – «левый сдвиг», B – «транспозиция», O – «обнуление») получится следующая конфигурация:

- 1) $q a_0 a_0^{x_3} a_0 a_0^{x_2} a_0 1^{x_1} a_0$; 2) $q a_0 1^{x_3} a_0 1^{x_2} a_0 1^{x_1} a_0$; 3) $q a_0 1^{x_3} a_0 a_0^{x_1} a_0 a_0^{x_2} a_0$;
4) $q a_0 1^{x_2} a_0 a_0^{x_1} a_0 a_0^{x_3} a_0$.

5. В результате применения к начальной конфигурации $q_1 a_0 1^{x_1} a_0 1^{x_2} a_0 1^{x_3} a_0$ композиции машин Тьюринга $(B^+ B)^2 B^- B B^-$ (B^+ – «правый сдвиг», B^- – «левый сдвиг», B – «транспозиция», O – «обнуление») получится следующая конфигурация:

- 1) $q a_0 a_0^{x_3} a_0 a_0^{x_2} a_0 1^{x_1} a_0$; 2) $q a_0 1^{x_3} a_0 1^{x_2} a_0 1^{x_1} a_0$; 3) $q a_0 1^{x_3} a_0 a_0^{x_1} a_0 a_0^{x_2} a_0$;
4) $q a_0 1^{x_2} a_0 a_0^{x_1} a_0 a_0^{x_3} a_0$.

6. Машина Тьюринга Π_3 («циклический сдвиг») осуществляет перевод:

- 1) $q_1 a_0 1^x a_0 1^y a_0 \mapsto a_0 1^x a_0 1^y q_0 a_0 1^x a_0 1^y a_0$;
2) $a_0 1^x a_0 1^y q_1 a_0 1^z a_0 \mapsto a_0 1^z q_0 a_0 1^x a_0 1^y a_0$;
3) $q_1 a_0 1^x a_0 \mapsto a_0 1^x q_0 a_0 1^x a_0$; 4) $q_1 a_0 1^x a_0 1^y a_0 1^z a_0 \mapsto q_0 a_0 1^z a_0 1^x a_0 1^y a_0$.

7. Машина Тьюринга K_2 («копирование») осуществляет перевод:

- 1) $q_1 a_0 1^x a_0 1^y a_0 \mapsto a_0 1^x a_0 1^y q_0 a_0 1^x a_0 1^y a_0$; 2) $q_1 a_0 1^x a_0 \mapsto q_0 a_0 1^x a_0 1^x a_0$;
3) $q_1 a_0 1^x a_0 \mapsto a_0 1^x q_0 a_0 1^x a_0$; 4) $q_1 a_0 1^x a_0 1^y a_0 \mapsto q_0 a_0 1^x a_0 1^y a_0 1^x a_0 1^y a_0$.

8. Машина Тьюринга B («транспозиция») осуществляет перевод:

- 1) $q_1 a_0 1^x a_0 1^y a_0 \mapsto q_0 a_0 1^y a_0 1^x a_0$; 2) $a_0 1^x a_0 1^y q_1 a_0 1^z a_0 \mapsto a_0 1^z q_0 a_0 1^x a_0 1^y a_0$;
3) $a_0 1^x q_1 a_0 1^y a_0 \mapsto a_0 1^y q_0 a_0 1^x a_0$; 4) $q_1 a_0 1^x a_0 1^y a_0 1^z a_0 \mapsto q_0 a_0 1^z a_0 1^x a_0 1^y a_0$.

9. Даны последовательности букв алфавита $A \cup Q$:

а) $a_2 a_1 q_1 a_1 a_4$; б) $a_2 q_2 a_1 q_1 a_1 a_4$; в) $a_2 a_1 a_1 a_4 q_3$; г) $a_2 a_1 q_5 a_3 a_4$. Машинными словами, описывающими некоторое состояние машины Тьюринга, являются следующие:

- 1) а), в), г);

2) а) и г);

3) б) и в);

4) каждое из приведенных слов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
отлично	Оценка «отлично» 80 – 100 % правильных ответов;
хорошо	Оценка «хорошо» 60 – 79 % правильных ответов;
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» 40 – 59% правильных ответов;
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» менее 40% правильных ответов.

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		
<u>Знания</u>	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
<u>Умения</u>	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
<u>Навыки</u>	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	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»
	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»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».

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

Семестр 5

1. Предмет математической логики. Исторические этапы становления математической логики как науки.
2. Булевы алгебры. Примеры. Свойства булевых алгебр. Операции над высказываниями.
3. Формулы. Классификация формул. Таблицы истинности. Равносильность формул. Признак равносильности и следствие из него.
4. Основные равносильности алгебры высказываний и их доказательство. Равносильные преобразования формул. ДНФ.
- КНФ. СДНФ.
5. Единственность СДНФ.
6. СКНФ.
7. Полные системы булевых функций. Теорема об отсутствии полной системы функций для совокупности функций от одной переменной, определенных на множестве натуральных чисел.
8. Полные системы булевых функций. Теорема об отсутствии полной системы функций для совокупности функций от одной переменной, определенных на множестве натуральных чисел.
9. Теорема о существовании полной системы функций во множестве всех булевых функций. Тавтологии и их доказательство. Правила получения тавтологий.
10. Применение алгебры высказываний к формулировке математических теорем. Принцип полной дизъюнкции.

11. Понятие формальной аксиоматической теории. Исчисление высказываний как аксиоматическая теория. Примеры построения выводов. Линейный вывод и дерево вывода.

12. Теорема дедукции.

13. Теоремы исчисления высказываний.

Семестр 6

1. Понятие алгоритма. Примеры алгоритмов.

2. Основные требования к алгоритмам.

3. Понятие конструктивного объекта. Применимость алгоритма к начальным данным. Область применимости алгоритма. Интуитивное определение алгоритма. Алгоритмически вычислимая функция.

4. Блок-схемы алгоритмов.

5. Подходы к математическому уточнению понятия алгоритма.

7. Алгоритм как программа для компьютера. Следование, развилка.

8. Алгоритм как программа для компьютера. Повторение (цикл – ПОКА, цикл – ДО).

9. Понятие машины Тьюринга. Ее устройство.

10. Вычислимые по Тьюрингу функции.

11. Правильная вычислимость функций на машине Тьюринга.

12. Операции над машинами Тьюринга: композиция, развилка, цикл.

13. Тезис Тьюринга (основная гипотеза теории алгоритмов).

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПКР-4

Семестр 5

1. Производные правила вывода. Правила введения логических связок. Правила удаления логических связок.

2. Полнота исчисления высказываний в широком смысле.

3. Адекватность, разрешимость и непротиворечивость исчисления высказываний.

4. Независимость аксиом исчисления высказываний.

5. Полнота исчисления высказываний в узком смысле.

6. Предикаты. Классификация предикатов. Области истинности и ложности предикатов. Логические операции над предикатами.

7. Равносильность предикатов. Кванторные операции над предикатами.

8. Предикатные формулы. Доказательство равносильностей логики предикатов. Тавтологии логики предикатов.

9. Приведенная и предваренная нормальная форма для формул логики предикатов.

10. Проблема разрешимости в логике предикатов.

11. Логический квадрат. Методы доказательства математических теорем. Силлогизмы.

12. Аксиоматическое построение исчисления предикатов. Полнота исчисления предикатов.

13. Теории первого порядка. Теоремы Геделя о неполноте.

14. Свойства аксиоматических теорий.

15. Парадоксы.

Метаматематика.

Семестр 6

1. Марковские подстановки. Нормальные алгоритмы Маркова и их применение к словам.

2. Нормально вычислимые функции и принцип нормализации Маркова.

3. Совпадение класса всех нормально вычислимых функций с классом функций, вычислимых по Тьюрингу. Эквивалентность различных теорий алгоритмов.

4. Происхождение рекурсивных функций. Простейшие рекурсивные функции.

5. Оператор суперпозиции. Теорема о правильной вычислимости сложной функции.

6. Оператор примитивной рекурсии. Примитивно-рекурсивные функции. Примеры примитивно-рекурсивных функций.

7. Оператор минимизации. Частично-рекурсивные и общерекурсивные функции. Тезис Черча.

8. Примитивная рекурсивность предикатов. Оператор условного перехода. Кусочное задание функции.

9. Вычислимость по Тьюрингу примитивно-рекурсивных функций.

10. Оператор минимизации, применяемый к предикату.

11. Вычислимость по Тьюрингу частично-рекурсивных функций.

12. Разрешимость и перечислимость множеств.

13. Неразрешимые алгоритмические проблемы. Нумерация машин Тьюринга.

14. Неразрешимые алгоритмические проблемы. Проблема распознавания самоприменимости

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
отлично	Оценка «отлично» выставляется, когда студент глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, правильно обосновывает решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется, если студент твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется в том случае, при котором студент освоил только основные категории темы (определения, формулы, свойства, формулировки теорем), но допускает неточности, нарушает последовательность в изложении программного материала, испытывает существенные затруднения при доказательствах или совсем их не проводит.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, в ответе которого обнаружились существенные пробелы в знании основного содержания учебной программы дисциплины или грубые ошибки.

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

Основная литература:

1. Игошин Владимир Иванович. Математическая логика : Учебное пособие / Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022. - 398 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-011691-4. - ISBN 978-5-16-104067-6., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=835037&idb=0>.
2. Игошин Владимир Иванович. Теория алгоритмов : Учебное пособие / Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2019. - 318 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-005205-2. - ISBN 978-5-16-500061-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=740638&idb=0>.
3. Игошин Владимир Иванович. Сборник задач по математической логике и теории алгоритмов : Учебное пособие / Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского. - Москва : ООО "КУРС", 2019. - 392 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-906818-08-9. - ISBN 978-5-16-103684-6. - ISBN 978-5-16-011429-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=623836&idb=0>.
4. Лихтарников Л. М. Математическая логика. Курс лекций. Задачник-практикум и решения /

Лихтарников Л. М., Сукачева Т. Г. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 288 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-0082-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799622&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Сангалова М. Е. Проектно-ориентированное обучение математической логике : учебно-методическое пособие / Сангалова М. Е. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2013. - 132 с. - Рекомендовано учебно-методической комиссией Арзамасского филиала ННГУ, центром проектно-ориентированных методов обучения для преподавателей высших учебных заведений. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730264&idb=0>.
2. Бабенко М. А. Введение в теорию алгоритмов и структур данных / Бабенко М. А., Левин М. В. - Москва : МЦНМО, 2016. - 144 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции МЦНМО - Математика. - ISBN 978-5-4439-2396-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=716705&idb=0>.
3. Широков Д. В. Теория алгоритмов : учебное пособие / Широков Д. В. - Киров : ВятГУ, 2017. - 163 с. - Допущено кафедрой фундаментальной и компьютерной математики факультета компьютерных и физико-математических наук ВятГУ в качестве учебного пособия для студентов направлений 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», 44.03.01, 44.03.05 «Педагогическое образование». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ВятГУ - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=724885&idb=0>.
4. Троякова Г. А. Математическая логика : задачник-практикум для студентов физико-математического факультета / Троякова Г. А., Монгуш А. С. - Кызыл : ТувГУ, 2018. - 101 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ТувГУ - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=732187&idb=0>.

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

Лицензионное программное обеспечение: Операционная система Windows.

Лицензионное программное обеспечение: Microsoft Office.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), платформа Elibrary: национальная информационно-аналитическая система. Адрес доступа: http://elibrary.ru/project_risc.asp

Свободно распространяемое программное обеспечение:

программное обеспечение LibreOffice;

программное обеспечение Yandex Browser;

Электронные библиотечные системы и библиотеки:

Электронная библиотечная система "Лань" <https://e.lanbook.com/>

Электронная библиотечная система "Консультант студента" <http://www.studentlibrary.ru/>

Электронная библиотечная система "Юрайт" <http://www.urait.ru/ebs>

Электронная библиотечная система "Znanium" <http://znanium.com/>

Фундаментальная библиотека ННГУ www.lib.unn.ru/

Сайт библиотеки Арзамасского филиала ННГУ. – Адрес доступа: lib.arz.unn.ru

Ресурс «Массовые открытые онлайн-курсы Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского»
<https://mooc.unn.ru/>

Портал «Современная цифровая образовательная среда Российской Федерации»
<https://online.edu.ru/public/promo>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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 44.03.05 - Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки).

Автор(ы): Сангалова Марина Евгеньевна, кандидат педагогических наук, доцент.

Рецензент(ы): Атрощенко Светлана Аскольдовна, кандидат педагогических наук.

Заведующий кафедрой: Нестерова Лариса Юрьевна, кандидат педагогических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 10.01.2024, протокол № 1.