

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
_____ системного анализа и управления _____
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины
 _____ проф. Задорожний В.Г.
подпись, расшифровка подписи
____.____.2021г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.23 Математическая логика и теория алгоритмов

Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: _____
_____ 10.05.01 Компьютерная безопасность _____

2. Профиль подготовки/специализация:

Математические методы защиты информации,

Анализ безопасности компьютерных систем

3. Квалификация выпускника: специалист _____

4. Форма обучения: очная _____

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра системного анализа и управления

6. Составители программы: _____ Кабанцова Лариса Юрьевна, к.ф.-м.н., _____
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

7. Рекомендована: _____
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)

Научно-методическим советом факультета прикладной математики, информатики и механики (протокол №10 от 15.06.2021)

8. Учебный год: 2022/2023 _____

Семестр(ы)/Триместр(ы): 3 _____

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

ознакомление с основными понятиями и методами математической логики и теории алгоритмов с ориентацией на их использование в практической деятельности.

Задачи учебной дисциплины:

- знать основные понятия и методы математической логики и теории алгоритмов;
- уметь использовать знания для построения несложных логических моделей предметных областей, реализации логического вывода и оценки вычислительной сложности алгоритмов;
- иметь представление о направлениях развития данной дисциплины и перспективах ее использования в области обеспечения защиты данных и информационной безопасности.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: учебная дисциплина относится к обязательной части Блока 1. Ее изучение должно базироваться на знаниях обучающихся, полученных в курсе «Дискретная математика».

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-3	Способен на основании совокупности математических методов разрабатывать, обосновывать и реализовывать процедуры решения задач профессиональной деятельности	ОПК-3.17	Знает основные понятия математической логики, теории дискретных функций и теории алгоритмов, а также возможности применения общих логических принципов в математике и профессиональной деятельности	<p>Знать: важные понятия теории алгоритмов: вычислимость, разрешимость; важнейшие понятия классической логики: логические исчисления, истинность и доказуемость (выводимость) формул; альтернативные понятия алгоритма; важные теоремы теории алгоритмов.</p> <p>Уметь: применять методы математической логики и теории алгоритмов для решения практических задач; использовать язык математической логики для представления знаний о предметных областях;</p> <p>Владеть: навыками использования логических законов; способностью и готовностью к изучению дальнейших понятий и теорий, разработанных в современной математической логике; основными понятиями теории вычислимых функций.</p>
		ОПК-3.18	Знает язык и средства современной математической логики и теории логических исчислений	
		ОПК-3.19	Знает основные способы задания булевых функций и функций многозначной логики формулами и их свойства	
		ОПК-3.20	Знает различные подходы к определению понятия алгоритма, методы доказательства алгоритмической неразрешимости и методы построения эффективных алгоритмов	
		ОПК-3.21	Умеет производить основные логические операции в исчислении высказываний и исчислении предикатов	
		ОПК-3.22	Умеет находить и исследовать свойства представлений булевых и многозначных функций формулами в различных базисах	
		ОПК-3.23	Умеет оценивать сложность алгоритмов и вычислений	
		ОПК-3.24	Умеет применять методы математической логики и теории алгоритмов к решению задач математической кибернетики	
		ОПК-3.25	Владеет навыками использования языка современной символиче-	

1.5	Элементы теории алгоритмов	Понятие алгоритма. Машина Тьюринга. Проблема самоприменимости машины Тьюринга. Нормальные алгоритмы Маркова. Вычислимые функции. Тезисы Черча и Тьюринга. Примитивно-рекурсивные функции. Оператор минимизации. Частично-рекурсивные функции. Теорема о совпадении классов частично-рекурсивных и вычислимых по Тьюрингу функций. Вычислимость и разрешимость. Сложность вычислений.	МЛиТА_10.05.01
2. Практические занятия			
2.1	Логика высказываний	Разложение булевых функций по переменным. Полнота и замкнутость систем булевых функций. Логическое следствие. Алгоритмы получения всех заключений из данной системы посылок и получения всех посылок для данного заключения. Правильные рассуждения.	МЛиТА_10.05.01
2.2	Исчисление высказываний	Вывод и выводимые формулы. Доказательство истинности заключения дедуктивным методом. Метод резолюций в исчислении высказываний	МЛиТА_10.05.01
2.3	Логика предикатов	Понятие предиката. Операции. Кванторы. Основные равносильности логики предикатов. Предваренная нормальная форма.	МЛиТА_10.05.01
2.5	Элементы теории алгоритмов	Машина Тьюринга. Вычисление числовых функций на машине Тьюринга. Нормальные алгоритмы Маркова. Числовые функции вычислимые по Маркову. Примитивно-рекурсивные функции. Операции суперпозиции и примитивной рекурсии. Оператор минимизации.	МЛиТА_10.05.01

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Логика высказываний	6	6	0	8	20
2	Исчисление высказываний	8	8	0	8	24
3	Логика предикатов	4	4	0	4	12
4	Исчисление предикатов	2	0	0	4	6
5	Элементы теории алгоритмов	14	16	0	16	46
	Итого:	34	34	0	40	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- опережающая самостоятельная работа;
- подготовка к контрольной работе, к экзамену.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Зюзьков, В. М. Введение в математическую логику : учебное пособие / В. М. Зюзьков. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 268 с. — ISBN 978-5-8114-3053-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

	https://e.lanbook.com/book/107935
2	Мирзоев, М. С. Теория алгоритмов : учебное пособие / М. С. Мирзоев, В. Л. Матросов. — Москва : Прометей, 2019. — 200 с. — ISBN 978-5-907100-65-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/116154

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Колмогоров А. Н. Математическая логика : учеб. пособие для студ. мат. специальностей /А. Н. Колмогоров, Драгалин А.Г. — Москва: КомКнига, 2006. - 240 с.
4	Ершов Ю. Л. Математическая логика : учеб. пособие / Ю. Л. Ершов, Е. А. Палютин. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2005. — 336 с.
5	Игошин В. И. Задачи и упражнения по математической логике и теории алгоритмов : учеб. пособие для студ. Вузов / В.И. Игошин. – Москва: Издательский центр «Академия», 2007. – 304с.
6	Лавров И. А. Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов : учеб. пособие / И. А. Лавров, Л. Л. Максимова. — Москва : Физматлит, 2004. — 255 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1.	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. – Режим доступа: http://www.ru/lib.vsu.ru
2.	Глухов, М. М. Математическая логика. Дискретные функции. Теория алгоритмов : учебное пособие / М. М. Глухов, А. Б. Шишков. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1344-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/4041
3.	Вайнштейн, Ю. В. Математическая логика и теория алгоритмов : учебное пособие / Ю. В. Вайнштейн, Т. Г. Пенькова, В. И. Вайнштейн. — Красноярск : СФУ, 2019. — 110 с. — ISBN 978-5-7638-4076-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/157585
4.	Математическая логика и теория алгоритмов_КБ / Л.Ю. Кабанцова. — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10610

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. – Режим доступа: http://www.ru/lib.vsu.ru
2	Глухов, М.М. Математическая логика. Дискретные функции. Теория алгоритмов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М.М. Глухов, А.Б. Шишков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 416 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/4041
3	Логика и исчисление предикатов : учебное пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Л.Ю. Кабанцова, Т.К. Кацаран. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2008. — 30 с. : табл. — Библиогр.: с. 30. — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m08-187.pdf >.
4	Кацаран Т.К. Машина Тьюринга и рекурсивные функции : учебное пособие для вузов / Т.К. Кацаран, Л.Н. Строева ; Воронеж. гос. ун-т. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2008. — 34 с. : табл. — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m08-172.pdf >.
5	Математическая логика и теория алгоритмов_КБ / Л.Ю. Кабанцова. — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10610

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Для организации занятий рекомендован онлайн-курс «Математическая логика и теория алгоритмов_КБ», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Аудитории оснащены современным оборудованием (компьютер, видеопроектор), позволяющим проводить лекционные и практические занятия на высоком профессиональном уровне.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Логика высказываний	ОПК-3	ОПК-3.17, ОПК-3.18, ОПК-3.19, ОПК-3.22, ОПК-3.24, ОПК-3.26	Устный опрос, Контрольная
2.	Исчисление высказываний	ОПК-3	ОПК-3.17, ОПК-3.18, ОПК-3.21, ОПК-3.25	Устный опрос, Контрольная,
3.	Логика предикатов	ОПК-3	ОПК-3.17, ОПК-3.18, ОПК-3.26	Устный опрос, Контрольная
4.	Исчисление предикатов	ОПК-3	ОПК-3.17, ОПК-3.21	Устный опрос
5.	Элементы теории алгоритмов	ОПК-3	ОПК-3.20, ОПК-3.23, ОПК-3.24, ОПК-3.27	Устный опрос, Контрольная,
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет, экзамен				<i>Перечень вопросов Практическое задание</i>

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Образцы вариантов контрольных

Контрольная работа №1(пример варианта)

Контрольно-измерительный материал №10

1. Определить все логические следствия из данных посылок
 $\bar{y} \rightarrow x, x \vee y$.
2. Определить все посылки, логическим следствием которых является данная формула
 $x \rightarrow \bar{y}$
3. Доказать истинность заключения дедуктивным методом

$$\frac{(A \wedge B \vee \bar{A} \wedge \bar{B})}{(A \rightarrow C) \leftrightarrow (B \rightarrow C)}$$

4. Доказать истинность заключения по методу резолюций и нарисовать граф вывода пустой резольвенты

$$\frac{(A \rightarrow (B \rightarrow C)); (A \rightarrow B); A}{C}$$

5. Привести формулу к виду предваренной нормальной формы

$$\forall x(A(x) \rightarrow B(x)) \rightarrow (\forall y(C(y) \rightarrow A(x)) \rightarrow \exists z(C(z) \rightarrow B(x)))$$

Контрольная работа №2 (пример варианта)

Контрольно-измерительный материал №1

1. Построить машину Тьюринга, вычисляющую числовую функцию

$$f(x, y, z) = x + y.$$

Проверить работу построенной машины над некоторыми наборами значений переменных.

2. Построить нормальный алгоритм, применяемый ко всем словам $x_1x_2 \dots x_n$ в алфавите $\{a, b\}$ и переводящий их в слово

$$ab, \text{ если } n \leq 3; \quad ax_1x_2 \dots x_n, \text{ если } n > 3$$

Проверить работу построенного нормального алгоритма над некоторыми словами

3. Построить нормальный алгоритм, вычисляющий числовую функцию

$$f(x, y, z) = 2x + z.$$

Проверить работу построенного нормального алгоритма над некоторыми наборами значений переменных.

4. Найти функцию $f(x, y)$, построенную из функций $g(x)$ и $h(x, y, z)$ по схеме примитивной рекурсии

$$g(x) = x^2, \quad h(x, y, z) = xz$$

Описание технологии проведения:

Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по дисциплине

Требования к выполнению заданий контрольной (или шкалы и критерии оценивания)

Оценка «отлично» выставляется, если обучающийся показывает полное знание программного материала; демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, делать правильные выводы; выполнил все задания и задачи полностью без ошибок и недочетов; строго соблюдает требования при оформлении работы; подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой.

Оценка «хорошо» выставляется, если обучающийся показывает полное знание программного материала; правильно применяет теоретические положения к оценке практических ситуаций; выполнил все задания и задачи полностью, но при наличии в их решении не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов; строго соблюдает требования при оформлении работы; демонстрирует хороший уровень освоения материала и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций; выполнил не менее 2/3 всех предложенных заданий и задач или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и трех недочетов, при наличии четырех-пяти недочетов; допускает незначительные ошибки при оформлении работы; подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой на минимально допустимом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине; если число ошибок и недочетов в работе превысило норму для оценки 3 или обучающийся выполнил правильно менее 2/3 всех заданий и задач; допускает грубые ошибки при оформлении работы; не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: собеседование по билетам к зачету, собеседование по экзаменационным билетам к экзамену.

Перечень практических навыков к зачету

1. Владеет навыками упрощения формул алгебры высказываний.
2. Умение находить и исследовать свойства представлений булевых функций.

3. Умение решать задачи на логическое следствие.
4. Владение дедуктивным методом доказательства истинности заключения.
5. Владение методом резолюции доказательства истинности заключения.
6. Владеет навыками упрощения формул алгебры предикатов.
7. Строить машину Тьюринга, работающую с произвольными словами в алфавите $\{a, b\}$.
8. Строить машину Тьюринга для вычисления числовых функций.
9. Строить нормальные алгоритмы, работающие с произвольными словами в алфавите $\{a, b\}$.
10. Строить нормальные алгоритмы для вычисления числовых функций.
11. Осуществлять проверку функции на примитивную рекурсивность.
12. Строить рекурсивные функции на основе заданных функций с помощью операции примитивной рекурсии.

Образец билета к зачету

1. Сформулировать определение правильного рассуждения.
2. Получить все логические заключения из заданной системы посылок.
3. Доказать истинность заключения методом резолюции.
4. Написать программу для машины Тьюринга, вычисляющую числовую функцию.
5. Строить рекурсивные функции на основе заданных функций с помощью операции примитивной рекурсии

Описание технологии проведения зачета

Средство промежуточного контроля усвоения разделов дисциплины, организованное в виде собеседования преподавателя и обучающегося.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Оценка «зачтено» выставляется, если обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций; выполнил не менее 2/3 всех предложенных заданий и задач или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и трех недочетов, при наличии четырех-пяти недочетов; допускает незначительные ошибки при оформлении работы; подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой на минимально допустимом уровне.

Оценка «незачтено» выставляется, если обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине; если число ошибок и недочетов в работе превысило норму для оценки «зачтено» или обучающийся выполнил правильно менее 2/3 всех заданий и задач; допускает грубые ошибки при оформлении работы; не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

Перечень вопросов к экзамену:

1. Логическое следствие
2. Алгоритм определения всех заключений из данной системы посылок
3. Алгоритм определения всех посылок для данного заключения
4. Правильные рассуждения
5. Косвенные методы доказательства
6. Формальная аксиоматическая теория
7. Определение и свойства исчисления высказываний
8. Вывод и выводимая формулы
9. Теорема о дедукции
10. Тожественно истинные и выводимые формулы
11. Непротиворечивость и полнота исчисления высказывания
12. Независимость аксиом
13. Метод резолюций в исчислении высказываний. Теорема о полноте метода резолюций
14. Понятие предиката
15. Операции над предикатами. Равносильность
16. Кванторы: квантор общности и квантор существования
17. Свойства операции квантификации
18. Формулы логики предикатов
19. Основные равносильности логики предикатов

20. Предваренная нормальная формула. Теорема Сколема
21. Проблема разрешимости в логике предикатов
22. Интуитивное понятие алгоритма. Основные свойства алгоритмов
23. Машина Тьюринга
24. Вычисление числовых функций на машине Тьюринга
25. Нормальные алгоритмы Маркова. Числовая функция вычислимая по Маркову
26. Вычислимые функции. Гипотезы Чёрча и Тьюринга
27. Операции суперпозиции и ее свойства
28. Операция примитивной рекурсии и ее свойства
29. Примитивно-рекурсивные функции и их свойства
30. Оператор минимизации
31. Частично-рекурсивные функции. Теорема о совпадении классов частично-рекурсивных и вычислимых по Тьюрингу функций

Образец экзаменационного билета

1. Определение формулы выводимой из аксиом
2. Определить формальную аксиоматическую теорию – исчисление высказываний
3. Определение предваренной нормальной формулы
4. Свойства операции навешивания квантора существования
5. Определение нормальной схемы подстановок
6. Определение общерекурсивной функции
7. Тезис Тьюринга
8. Написать формулу для функции $y = f(x_1, x_2)$, вычисляемой нормальным алгоритмом

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha 1 \rightarrow 1\beta \\ \beta 1 \rightarrow 1\alpha \\ \alpha * \rightarrow \gamma \\ \gamma 1 \rightarrow 11\gamma \\ \gamma \rightarrow . \\ \beta * \rightarrow \delta \\ \delta 11 \rightarrow \delta 1 \\ \delta \rightarrow . \\ \rightarrow \alpha \end{array} \right.$$

Проверить работу алгоритма над некоторым набором значений аргументов.

Описание технологии проведения

Средство промежуточного контроля усвоения разделов дисциплины, организованное в виде собеседования преподавателя и обучающегося.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Оценка «отлично» выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, содержащегося в основных и дополнительных рекомендованных литературных источниках, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы, за умение анализировать изучаемые явления в их взаимосвязи и диалектическом развитии, применять теоретические положения при решении практических задач; обучающийся подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой.

Оценка «хорошо» выставляется за твердое знание основного (программного) материала, включая расчеты (при необходимости), за грамотные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы, за умение применять теоретические положения для решения практических задач; обучающийся демонстрирует хороший уровень освоения материала и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за общее знание только основного материала, за ответы, содержащие неточности или слабо аргументированные, с нарушением последовательности изложения материала, за слабое применение теоретических положений при решении практических задач; обучающийся подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой на минимально допустимом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за неумение ориентироваться в расчетах, за незнание основных понятий дисциплины; не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.