

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра теоретической информатики

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ИВТ

 Д.Ю. Чалый

« 24 » _____ мая _____ 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

«Математические основы вычислительной техники»

Направление подготовки

09.03.03 Прикладная информатика

Направленность (профиль)

«Информационные технологии в цифровой экономике»

Форма обучения

очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от 14 марта 2022 г.,
протокол № 7

Программа одобрена НМК
факультета ИВТ
протокол № 6 от
18 апреля 2022 г.

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Математические основы вычислительной техники» является изучение базовых математических конструкций, определяющих логику работы вычислительных систем.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математические основы вычислительной техники» относится к вариативной части ОП бакалавриата.

Полученные в курсе «Математические основы вычислительной техники» знания необходимы для изучения дисциплин «Архитектура вычислительных систем» и «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Демонстрирует навыки решения типовых задач, выполнения стандартных действий	Знать: – основные булевы функции; – методы работы с булевыми функциями; – понятие транспортной сети. Уметь: – применять алгоритм Форда–Фалкерсона. Владеть навыками: – доказательства утверждений на множествах путём сведения задачи к проверке тождественной истинности булевой формулы; – проверки полноты системы булевых функций.
	ОПК-1.3 Демонстрирует навыки использования основных понятий, концепций, фактов, принципов математики, информатики, естественных наук для решения практических задач, связанных с применением математических и (или) естественных наук	Уметь: – строить логический вывод булевых формул. Владеть навыками: – проверки полноты системы булевых функций; • – решения прикладных задач, сводимых к поиску максимального потока в транспортной сети. •

Профессиональные компетенции		
ПК-6 Способен использовать математические и естественно-научные методы для решения прикладных задач	ПК-6.3 Владеет основными методами математического и алгоритмического моделирования	Знать: – принципы построения алгоритмов. – понятие трудоемкости алгоритмов и задач. Уметь: – разрабатывать пошаговое описание алгоритма. Владеть навыками: – реализации алгоритма в виде машины Тьюринга.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Булевы функции	2	12	16				30	Контрольная работа № 1. Коллоквиум
	в том числе с ЭО и ДОТ							6	
2	Основы теории алгоритмов	2	12	10				20	Контрольная работа № 2. Коллоквиум
	в том числе с ЭО и ДОТ							6	
3	Потоки в сетях	2	6	8				20	Контрольная работа № 3. Коллоквиум
	в том числе с ЭО и ДОТ							6	
4	Сложность алгоритмов и задач	2	4					6	
	в том числе с ЭО и ДОТ							3	
		2				2	0,5	33,5	Экзамен
	ИТОГО		34	34		2	0,5	109,5	
	в том числе с ЭО и ДОТ							21	

Содержание разделов дисциплины:

Тема 1. Булевы функции.

1.1. Булевы функции и их свойства.

Булевы функции: определения и примеры. Равносильность булевых функций и логический вывод. Связь алгебры множеств и алгебры высказываний. Двойственная булева функция и принцип двойственности.

1.2. Реализация булевой функции формулой.

Нормальные формы: СДНФ и СКНФ. Многочлен Жегалкина.

1.3. Системы булевых функций: полнота и замкнутость.

Полнота системы булевых функций. Замкнутые классы булевых функций. Теорема Поста о полноте системы булевых функций.

Тема 2. Основы теории алгоритмов.

2.1. Алгоритмы и машина Тьюринга.

Проблема определения алгоритма. Описание машины Тьюринга. Разработка машины Тьюринга. Пример реализации простого двоичного сумматора. Тезис Тьюринга.

2.2. Частично-рекурсивные функции и нормальные алгоритмы Маркова.

Частично-рекурсивные функции. Нормальные алгоритмы Маркова.

Тема 3. Потоки в сетях.

3.1. Задача о наибольшем потоке в сети.

Определение сети. Транспортная сеть и задача о наибольшем потоке. Алгоритм Форда–Фалкерсона.

3.2. Приложения задачи о наибольшем потоке.

Транспортная задача. Задача о назначениях. Задача целочисленного сбалансирования двумерной матрицы.

Тема 4. Сложность алгоритмов и задач.

4.1. Сложность алгоритмов.

Определение трудоёмкости алгоритма. Оценка трудоёмкости алгоритма. Анализ алгоритмов и методика оценивания трудоёмкости.

4.2. Сложность задач.

Определение трудоёмкости задачи. Задача поиска в упорядоченном массиве. Класс NP трудоёмкости задач.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

Консультации – групповые занятия, являющиеся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты в решении задач, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы, обсуждаются результаты решения заданий, выполненных студентами самостоятельно.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Математические основы вычислительной техники» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- представлены презентации по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Рублев В. С. Булевы функции. Ярославль: ЯрГУ, 2018.
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20180401.pdf> (электронный ресурс)
2. Рублев В. С. Алгоритмы и машины Тьюринга. Ярославль: ЯрГУ, 2019.
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20190401.pdf> (электронный ресурс)
3. Рублев В. С. Основы теории графов. Ярославль: ЯрГУ, 2020.
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20200401.pdf> (электронный ресурс)

б) дополнительная литература

1. Рублев В. С. Основы теории алгоритмов. Ярославль: ЯрГУ, 2005.
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20050493.pdf> (электронный ресурс)
2. Рублев В. С. Алгоритмы и анализ сложности. Ярославль: ЯрГУ, 2010
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20101026.pdf> (электронный ресурс)

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий – списочному составу группы обучающихся.

Автор:

Доцент кафедры теоретической информатики, к.ф.-м.н. _____ А. В. Смирнов
(подпись)

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Математические основы вычислительной техники»
Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

Контрольная работа № 1 (тема 1)

*(проверка сформированности ОПК-1, индикаторы ОПК 1.2 и ОПК 1.3
(в части, связанной с булевыми функциями))*

1. Проверить истинность утверждения для множеств путём сведения задачи к проверке тождественной истинности булевой функции.
2. Представить в виде СДНФ и СКНФ функцию. Одно из представлений получить с помощью правил вывода логических выражений.
3. Для каждой из двух систем булевых функций проверить принадлежность всех функций 5 основным замкнутым классам и по теореме Поста определить, является ли система полной и является ли она базисом.

Примеры указанных задач приведены в книге [1] из списка основной литературы.

Способы решения задач из контрольной работы № 1 рассмотрены в книге [1] из списка основной литературы.

Кроме того, результаты решения заданий обсуждаются на консультациях по просьбе студентов.

Правила выставления оценки по результатам контрольной работы № 1

Каждая задача в контрольной работе оценивается знаками «+», «+.» , «+/-», «-/» и «-». Отметка «+» означает, что задача решена правильно и полностью. Отметка «+.» означает, что решение содержит один недочет. Отметка «+/-» означает, что решение содержит несколько недочетов или одну ошибку. Отметка «-/» означает, что решение содержит несколько ошибок или одну серьезную ошибку (то есть решение лишь немногим лучше, чем полностью неверное). Отметка «-» означает, что решение полностью неверно (много ошибок или критическая ошибка). Длительность контрольной работы – 95 минут.

Если студент решил полностью и правильно одну задачу из трёх, он получает оценку «удовлетворительно», если две – «хорошо», если три – «отлично». При этом для получения оценки «удовлетворительно» хотя бы одна задача должна быть решена полностью или почти полностью (не ниже чем на «+/-»). В противном случае (нет ни одной отметки «+», «+.» или «+/-») ставится оценка «неудовлетворительно».

Минимальное сочетание отметок за задачи, достаточное для получения оценки «отлично» – {+, +, +/-}.

Минимальное сочетание отметок за задачи, достаточное для получения оценки «хорошо» – {+, +/-, -} или {+/-, +/-, +/-}.

Минимальное сочетание отметок за задачи, достаточное для получения оценки «удовлетворительно» – {+/-, -, -}.

Все решения должны быть полными в том смысле, что все шаги должны быть обоснованы: в задаче 1 должно быть обосновано сведение, причём формулы нельзя упрощать (за исключением разности множеств); в задаче 2 все переходы в логическом

выводе должны быть элементарными; в задаче 3 все выводы о принадлежности замкнутым классам и о полноте должны быть обоснованы.

Контрольная работа № 2 (тема 2)

(проверка сформированности ПК-6, индикатор ПК 6.3)

1. Разработать машину Тьюринга.
2. Разработать машину Тьюринга (более сложную).
3. Для каждой из разработанных машин Тьюринга разработать полный набор тестов и провести тестирование.

Примеры указанных задач приведены в книге [2] из списка основной литературы.

Способы решения задач из контрольной работы № 2 рассмотрены в книге [2] из списка основной литературы.

Кроме того, результаты решения заданий обсуждаются на консультациях по просьбе студентов.

Правила выставления оценки по результатам контрольной работы № 2

Длительность контрольной работы – 95 минут.

При разработке машины Тьюринга нужно не только привести функциональную схему, но и описать идею алгоритма, и заполнить столбец «Комментарии».

При тестировании, если тестов для какой-то МТ в наборе больше 3, разрешается прокрутить только 3 наиболее показательных теста.

В остальном правила выставления оценки совпадают с правилами для контрольной работы № 1.

Контрольная работа № 3 (тема 3)

(проверка сформированности ОПК-1, индикаторы ОПК 1.2 и ОПК 1.3

(в части, связанной с потоками в сетях))

1. Найти наибольший поток и наименьший разрез в сети с данными пропускными способностями дуг.
2. Решить транспортную задачу.
3. Решить задачу о назначениях. Если решения нет, определить узкое место.

Примеры указанных задач приведены в книге [3] из списка основной литературы.

Способы решения задач из контрольной работы № 3 рассмотрены в книге [3] из списка основной литературы.

Кроме того, результаты решения заданий обсуждаются на консультациях по просьбе студентов.

Правила выставления оценки по результатам контрольной работы № 3

Длительность контрольной работы – 95 минут.

Все задачи нужно решать при помощи алгоритма Форда–Фалкерсона. При этом обязательно должна быть нарисована сеть, а для задач 2–3 продемонстрировано сведение к сетевой.

В остальном правила выставления оценки совпадают с правилами для контрольной работы № 1.

Коллоквиум

(проверка сформированности ОПК-1, индикаторы ОПК 1.2 и ОПК 1.3 и ПК-6, индикатор ПК 6.3)

1. Представить в виде СДНФ и СКНФ функцию. Одно из представлений получить с помощью правил вывода логических выражений.
2. Для каждой из двух систем булевых функций проверить принадлежность всех функций 5 основным замкнутым классам и по теореме Поста определить, является ли система полной и является ли она базисом.
3. Разработать машину Тьюринга.
4. Решить транспортную задачу или задачу о назначениях.

Примеры указанных задач приведены в книгах [1]–[3] из списка основной литературы.

Способы решения задач из коллоквиума рассмотрены в книгах [1]–[3] из списка основной литературы.

Кроме того, результаты решения заданий обсуждаются на консультациях по просьбе студентов.

Критерий допуска к коллоквиуму

На коллоквиум попадают студенты, присутствовавшие не менее чем на 70 % очных занятий, пропустившие не более 3 лекций и при этом получившие за все контрольные работы оценки «удовлетворительно» или выше.

Правила выставления оценки по результатам коллоквиума

Длительность коллоквиума – 95 минут.

Правила оценивания отдельных задач такие же, как в соответствующих контрольных работах.

Если студент решил полностью и правильно две задачи из четырёх, он получает оценку «удовлетворительно», если три – «хорошо», если четыре – «отлично». При этом для получения оценки «удовлетворительно» хотя бы одна задача должна быть решена полностью, а ещё одна – полностью или почти полностью (не ниже чем на «+/-»). В противном случае (нет ни одной пары отметок «+» или «+.» и «+», «+.» или «+/-») ставится оценка «неудовлетворительно».

Минимальное сочетание отметок за задачи, достаточное для получения оценки «отлично» – {+, +, +, +/-}.

Минимальное сочетание отметок за задачи, достаточное для получения оценки «хорошо» – {+, +, +/-, -} или {+, +/-, +/-, +/-}.

Минимальное сочетание отметок за задачи, достаточное для получения оценки «удовлетворительно» – {+, +/-, -, -}.

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Экзамен проводится в устной форме. Во время экзамена проверяется сформированность компетенции ОПК-1, индикаторы ОПК 1.2 и ОПК 1.3 и компетенции ПК-6, индикатор ПК 6.3.

Если студент был допущен к коллоквиуму и получил за него оценку «удовлетворительно» и выше, результат коллоквиума может быть засчитан в качестве экзаменационной оценки (по желанию студента).

Список вопросов к экзамену:

1. Булевы функции: определения и примеры.
2. Равносильность булевых функций и логический вывод.

3. Связь алгебры множеств и алгебры высказываний.
4. Двойственная булева функция и принцип двойственности.
5. Нормальные формы: СДНФ и СКНФ.
6. Многочлен Жегалкина.
7. Полнота системы булевых функций.
8. Замкнутые классы булевых функций.
9. Теорема Поста о полноте системы булевых функций.
10. Проблема определения алгоритма.
11. Описание машины Тьюринга.
12. Разработка машины Тьюринга. Пример реализации простого двоичного сумматора.
13. Тезис Тьюринга.
14. Частично-рекурсивные функции.
15. Нормальные алгоритмы Маркова.
16. Определение сети. Транспортная сеть и задача о наибольшем потоке.
17. Алгоритм Форда–Фалкерсона.
18. Транспортная задача.
19. Задача о назначениях.
20. Задача целочисленного сбалансирования двумерной матрицы.
21. Определение трудоёмкости алгоритма. Оценка трудоёмкости алгоритма.
22. Анализ алгоритмов и методика оценивания трудоёмкости.
23. Определение трудоёмкости задачи. Задача поиска в упорядоченном массиве.
24. Класс NP трудоёмкости задач.

Типы задач в экзаменационном билете:

1. Проверить истинность заданного утверждения для множеств путём сведения задачи к проверке тождественной истинности булевой функции.
2. Представить в виде СДНФ и СКНФ заданную функцию. Одно из представлений получить с помощью правил вывода логических выражений.
3. Проверить принадлежность всех функций заданной системы 5 основным замкнутым классам и по теореме Поста определить, является ли система полной и является ли она базисом.
4. Реализовать машину Тьюринга для некоторой задачи.
5. Найти наибольший поток и наименьший разрез в сети с заданными пропускными способностями дуг.
6. Решить транспортную задачу.
7. Решить задачу о назначениях. Если решения нет, определить узкое место.

Правила выставления оценки на экзамене

В экзаменационный билет включается один теоретический вопрос и одна задача. На подготовку к ответу дается 60 минут. Процедура ответа состоит из беседы по теме билета и блиц-опроса, в ходе которого экзаменатор задает студенту небольшие вопросы (ответ требует не больше 2 минут) на понимание по всему курсу. Вопросы могут быть как теоретическими, так и практическими.

По итогам экзамена выставляется одна из оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» ставится, если студент полностью справился с билетом и ответил на все или почти все вопросы из блиц-опроса.

Оценка «хорошо» ставится, если студент полностью справился с билетом и справился с половиной вопросов из блиц-опроса.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент полностью справился с билетом, но отвечал только на некоторые вопросы из блиц-опроса.

Также оценка «удовлетворительно» ставится, если студент с билетом справился наполовину, но ответил на все или почти все вопросы из блиц-опроса.

Во всех остальных случаях ставится оценка «неудовлетворительно».

Под полнотой ответа на билет подразумевается, что студент полностью изложил теоретический материал по теме билета, смог воспроизвести все доказательства и привел достаточное количество поясняющих примеров, а также правильно решил задачу. Правила оценивания решения задачи такие же, как на контрольных работах и коллоквиуме. При этом ответ на билет будет считаться полным и в том случае, если он содержит небольшие недочеты (например, теория написана полностью, а задача решена на «+/-», или наоборот).

Студент, который приводит теоретические результаты без доказательств, может претендовать максимум на оценку «удовлетворительно».

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Математические основы вычислительной техники»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Математические основы вычислительной техники» являются лекции, причем в достаточно большом объеме. По ряду тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным задачам.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и алгоритмы. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы. Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Материалы по всем темам (разделам) дисциплины приведены в ЭУК в LMS Moodle «Математические основы вычислительной техники».

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде трех контрольных работ и коллоквиума. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения. В конце семестра студенты сдают экзамен.

Экзамен принимается по экзаменационным билетам, каждый из которых включает в себя один теоретический вопрос и одну задачу, причем вопрос и задача заведомо относятся к разным темам курса. На самостоятельную подготовку к экзамену выделяется 3 дня, во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация. Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Математические основы вычислительной техники» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.