

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ФАКУЛЬТЕТ БИЗНЕС–ИНФОРМАТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫМИ  
СИСТЕМАМИ

КАФЕДРА ЭКОНОМИКИ И МЕНЕДЖМЕНТА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ОДОБРЕНО УМС ФБИУКС

Протокол № 24/08

от 22.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕОРИЯ АЛГОРИТМОВ И СЛОЖНОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 38.03.05 Бизнес-информатика

| Семестр | Трудоемкость,<br>кред. | Общий объем<br>курса, час. | Лекции, час. | Практич.<br>занятия, час. | Лаборат. работы,<br>час. | В форме<br>практической<br>подготовки/ В | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы)<br>контроля,<br>экз./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------------|
| 3       | 4                      | 144                        | 32           | 32                        | 0                        |                                          | 44        | 0         | Э                                        |
| Итого   | 4                      | 144                        | 32           | 32                        | 0                        | 0                                        | 44        | 0         |                                          |

## **АННОТАЦИЯ**

Дисциплина призвана обеспечить освоение студентами базовых математических теорий, методов решения задач, характерных для прикладной математики, информатики и программирования. Дисциплина также обеспечивает выработку навыков и приёмов формализации, описания, моделирования и исследования объектов дискретной математики. В процессе изучения дисциплины студенты знакомятся с основными сведениями о свойствах алгоритмов и способах их формального представления (машины Тьюринга, алгоритмы Маркова, рекурсивные функции), изучают основы теории бесконечных множеств и вопросы нахождения эффективных процедур для перечисления объектов различной природы. Отдельное внимание уделено проблеме алгоритмической неразрешимости и базовым понятиям сложности алгоритмов.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью освоения дисциплины является достижение следующих результатов образования:  
Знания:

- на уровне представлений: Проблемы эффективной перечислимости и распознаваемости объектов. Проблемы алгоритмической разрешимости задач и эффективной вычислимости чисел.
- на уровне воспроизведения: Теоретические результаты (теоремы и свойства), характерные для числовых множеств, арифметических и частично арифметических функций, рекурсивных функций.
- на уровне понимания: свойства конечных и бесконечных множеств, арифметика трансфинитных чисел, сущность рекурсивных вычислений.

Умения:

- теоретические – определение сложности алгоритмов, применение прямых и косвенных доказательств теорем, определение принадлежности функций к соответствующим классам
- практические - построение алгоритмов на простейших кибернетических устройствах (машины Тьюринга, алгоритмы Маркова), преобразование функций в базис Клини и восстановление функций из схем примитивной рекурсии.

Навыки: - применение логического подхода к решению сложных задач с помощью их декомпозиции, что позволяет развить навыки написания алгоритмов.

При изучении этих тем автоматически происходит изучение сквозных цифровых технологий, компьютерных программ, информационных систем и приложений, применяемых для решения профессиональных задач, так как многие элементы курса изучаются при их активном использовании

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Дисциплина не требует специальной начальной подготовки, выходящей за рамки курса математики и информатики программы среднего образования, за исключением желательного знакомства с курсом

- дискретная математика (математическая логика);

В свою очередь, дисциплина является предшествующей для следующих курсов:

- дискретная математика (логические исчисления);

- логическое и функциональное программирование ;
- базы данных ;
- практикум на ЭВМ.

Дисциплина способствует образованию теоретического фундамента для формирования у студентов компетенций, необходимых для создания вычислительных и управляющих систем.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                           | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-1 [1] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач                                                                | З-УК-1 [1] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа<br>У-УК-1 [1] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников<br>В-УК-1 [1] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач                                                                                                                                                     |
| УКЕ-1 [1] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах | З-УКЕ-1 [1] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования<br>У-УКЕ-1 [1] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи<br>В-УКЕ-1 [1] – владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами |

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| Задача профессиональной деятельности (ЗПД) | Объект или область знания | Код и наименование профессиональной компетенции;<br>Основание | Код и наименование индикатора достижения профессиональной |
|--------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|--------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                |                                                                                                              | (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| аналитический                                                                                                                  |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Анализ прикладной области и инноваций в ней на концептуальном, логическом, математическом, макро- и микроэкономических уровнях | Архитектура предприятия (бизнес-архитектура, архитектура информации, архитектура приложений, инфраструктура) | <p>ПК-1 [1] - способен анализировать прикладную область на концептуальном, логическом, математическом, макро- и микроэкономических уровнях</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 40.011,<br/>Анализ опыта: По согласованию с Заказчиком образовательной программы Трудовая функция: "Выполнение деятельности по формированию и обоснованию целей и задач исследований для анализа прикладной области"</p> | <p>З-ПК-1[1] - Знать:<br/>Сущность и содержание междисциплинарного подхода к решению инновационных задач и экономические рациональные границы применения основных методов организационно-экономического моделирования<br/>Методы построения концептуальных, логических, математических и имитационных моделей<br/>Методы прогнозирования, технико-экономических исследований научно-технических решений и нормативного проектирования инновационных видов продукции и процессов ;</p> <p>У-ПК-1[1] - Уметь:<br/>Воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике научного исследования, готовить реферативные обзоры и отчеты, получать научно-исследовательский опыт в профессиональных социальных сетях<br/>Выявлять и оценивать тенденции технологического</p> |

|  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  | <p>развития в наукоемких сферах на основе анализа, обобщения и систематизации передового опыта в сфере инноватики по материалам ведущих научных журналов и изданий, с использованием электронных библиотек и интернет-ресурсов ;</p> <p>В-ПК-1[1] - Владеть навыками:</p> <p>Формирование и обоснование целей и задач исследований и проектных разработок, изыскательских работ, определение значения и необходимости их проведения, путей и методов их решения</p> |
|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код)                                                                                                                                          | Воспитательный потенциал дисциплин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22) | <p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального</p> |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | модуля для: - формирования<br>производственного<br>коллективизма в ходе<br>совместного решения как<br>модельных, так и практических<br>задач, а также путем<br>подкрепление рационально-<br>технологических навыков<br>взаимодействия в проектной<br>деятельности эмоциональным<br>эффектом успешного<br>взаимодействия, ощущением<br>роста общей эффективности<br>при распределении проектных<br>задач в соответствии с<br>сильными компетентностными<br>и эмоциональными свойствами<br>членов проектной группы. |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

| №<br>п.п | Наименование<br>раздела учебной<br>дисциплины        | Недели    | Лекции/ Практ.<br>(семинары) /<br>Лабораторные<br>работы, час. | Обязат. текущий<br>контроль (форма*,<br>неделя)       | Максимальный<br>балл за раздел** | Аттестация<br>раздела (форма*,<br>неделя) | Индикаторы<br>освоения<br>компетенции                           |
|----------|------------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|          | <i>3 Семестр</i>                                     |           |                                                                |                                                       |                                  |                                           |                                                                 |
| 1        | Формальные описания<br>алгоритмов                    | 1-5       | 10/10/0                                                        | к.р-3<br>(7),Сем-<br>4<br>(3),к.р-5<br>(7),Т-5<br>(5) | 22                               | КИ-5                                      | 3-ПК-1,<br>3-УК-1,<br>3-УКЕ-1                                   |
| 2        | Числовые множества<br>и арифметические<br>вычисления | 6-11      | 12/12/0                                                        | Сем-11<br>(3),Т-11<br>(9)                             | 12                               | КИ-11                                     | 3-ПК-1,<br>У-ПК-1,<br>3-УК-1,<br>У-УК-1,<br>3-УКЕ-1,<br>У-УКЕ-1 |
| 3        | Рекурсивные функции                                  | 12-<br>16 | 10/10/0                                                        | к.р-14<br>(7),Сем-<br>15<br>(3),Т-16<br>(6)           | 16                               | КИ-16                                     | 3-ПК-1,<br>У-ПК-1,<br>В-ПК-1,<br>3-УК-1,<br>У-УК-1,             |

|  |                                             |  |         |  |    |   |                                                                                                   |
|--|---------------------------------------------|--|---------|--|----|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                             |  |         |  |    |   | В-УК-1,<br>3-УКЕ-1,<br>У-УКЕ-1,<br>В-УКЕ-1                                                        |
|  | <i>Итого за 3 Семестр</i>                   |  | 32/32/0 |  | 50 |   |                                                                                                   |
|  | <b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b> |  |         |  | 50 | Э | 3-ПК-1,<br>У-ПК-1,<br>В-ПК-1,<br>3-УК-1,<br>У-УК-1,<br>В-УК-1,<br>3-УКЕ-1,<br>У-УКЕ-1,<br>В-УКЕ-1 |

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| Обозначение | Полное наименование |
|-------------|---------------------|
| Т           | Тестирование        |
| КИ          | Контроль по итогам  |
| Сем         | Семинар             |
| к.р         | Контрольная работа  |
| Э           | Экзамен             |

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели     | Темы занятий / Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                             | Лек., час.             | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|------------|
|            | <i>3 Семестр</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 32                     | 32             | 0          |
| <b>1-5</b> | <b>Формальные описания алгоритмов</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 | 10                     | 10             | 0          |
| 1          | <b>Вводная лекция.</b><br>Развитие понятия алгорифма (алгоритма) и современная теория алгорифмов. Тезис Тьюринга и классические машины Тьюринга. Виртуальные эмуляторы машин Тьюринга: анализ существующих ресурсов, выработка подходов к разработке, современные цифровые технологии для их создания | Всего аудиторных часов |                |            |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2                      | 2              | 0          |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Онлайн                 |                |            |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0                      | 0              | 0          |
| 2          | <b>Машины Тьюринга.</b><br>Модификация машин Тьюринга. Многоленточные машины. Универсальная машина. Самоанализирующие машины.                                                                                                                                                                         | Всего аудиторных часов |                |            |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2                      | 2              | 0          |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Онлайн                 |                |            |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0                      | 0              | 0          |
| 3          | <b>Теоремы Шеннона.</b><br>Теоремы Шеннона. Нормальные и тезис Маркова. Преобразование машин Тьюринга в нормальные алгоритмы. Виртуальные эмуляторы алгоритмов Маркова: анализ существующих ресурсов, выработка подходов к разработке, современные цифровые технологии для их                         | Всего аудиторных часов |                |            |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2                      | 2              | 0          |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Онлайн                 |                |            |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0                      | 0              | 0          |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                        |    |   |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----|---|
|       | создания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                        |    |   |
| 4     | <b>Понятие алгоритмической разрешимости.</b><br>Понятие алгоритмической разрешимости. Алгоритмически неразрешимые задачи об остановке машины Тьюринга и записи данного знака.                                                                                                                                                                                                                  | Всего аудиторных часов |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2                      | 2  | 0 |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Онлайн                 |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0                      | 0  | 0 |
| 5     | <b>Эффективная перечислимость и эффективная распознаваемость множеств.</b><br>Эффективная перечислимость и эффективная распознаваемость множеств. Эффективное распознавание и теорема Поста. Эффективное перечисление множества машин Тьюринга и существование в нем эффективно перечислимых и эффективно нераспознаваемых подмножеств. Геделева нумерация и кодовые числа алгоритмов Маркова. | Всего аудиторных часов |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2                      | 2  | 0 |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Онлайн                 |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0                      | 0  | 0 |
| 6-11  | <b>Числовые множества и арифметические вычисления</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 12                     | 12 | 0 |
| 6     | <b>Равномощные множества и кардинальные числа.</b><br>Равномощные множества и кардинальные числа. Парадокс Галилея и трансфинитные числа. Конечные, счетно-бесконечные и несчетные множества.                                                                                                                                                                                                  | Всего аудиторных часов |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2                      | 2  | 0 |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Онлайн                 |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0                      | 0  | 0 |
| 7     | <b>Счетность множества.</b><br>Счетность множества натуральных, целых, рациональных и алгебраических чисел. Счетность множества пар, $n$ -ок и комплексов натуральных чисел.                                                                                                                                                                                                                   | Всего аудиторных часов |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2                      | 2  | 0 |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Онлайн                 |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0                      | 0  | 0 |
| 8     | <b>Канторов диагональный процесс.</b><br>Канторов диагональный процесс. Несчетность множества трансцендентных, действительных, иррациональных и комплексных чисел. Теорема Кантора. Множества еще большей мощности.                                                                                                                                                                            | Всего аудиторных часов |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2                      | 2  | 0 |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Онлайн                 |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0                      | 0  | 0 |
| 9     | <b>Парадоксы теории множеств.</b><br>Парадоксы теории множеств. Вычислимые действительные числа. Вычислимость алгебраических чисел и существование вычислимых трансцендентных чисел. Невычислимые числа.                                                                                                                                                                                       | Всего аудиторных часов |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2                      | 2  | 0 |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Онлайн                 |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0                      | 0  | 0 |
| 10    | <b>Арифметические функции.</b><br>Арифметические функции и несчетность их множества. Вычислимые арифметические функции и невозможность их эффективного перечисления.                                                                                                                                                                                                                           | Всего аудиторных часов |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2                      | 2  | 0 |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Онлайн                 |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0                      | 0  | 0 |
| 11    | <b>Арифметические функции</b><br>Частичные арифметические функции и несчетность их множества. Вычислимые частичные арифметические функции и их эффективное перечисление. Теорема Черча. Невозможность эффективного распознавания и сравнения вычислимых функций. Невычислимые функции.                                                                                                         | Всего аудиторных часов |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2                      | 2  | 0 |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Онлайн                 |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0                      | 0  | 0 |
| 12-16 | <b>Рекурсивные функции</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 10                     | 10 | 0 |
| 12    | <b>Примитивно-рекурсивные функции</b><br>Примитивно-рекурсивные функции и базис Клини. Частично-рекурсивные функции и расширенный базис Клини. Виртуальные тренажеры рекурсивных функций: анализ существующих ресурсов, выработка подходов к разработке, современные цифровые технологии для их создания                                                                                       | Всего аудиторных часов |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2                      | 2  | 0 |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Онлайн                 |    |   |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0                      | 0  | 0 |



|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                        |   |   |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---|---|
| 13 | <b>Общерекурсивные функции</b><br>Общерекурсивные функции. Задание частично-рекурсивных функций при помощи системы уравнений. Сложение и мультиплицирование функций. Кусочные функции. Теорема о неявных мажорируемых функциях.                                                                                                                                                                                                                                      | Всего аудиторных часов |   |   |
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                      | 2 | 0 |
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Онлайн                 |   |   |
| 14 | <b>Геделева нумерация</b><br>Геделева нумерация и эффективная перечислимость примитивно-рекурсивных и частично-рекурсивных функций. Невозможность эффективного перечисления общерекурсивных функций. Невозможность эффективной распознаваемости примитивно рекурсивных функций среди общерекурсивных, а также общерекурсивных функций среди частично-рекурсивных.                                                                                                    | Всего аудиторных часов |   |   |
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                      | 2 | 0 |
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Онлайн                 |   |   |
| 15 | <b>Непримитивно рекурсивные функции</b><br>Непримитивно рекурсивные функции. Нерекурсивные функции. Границы применимости формальных моделей алгоритмов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Всего аудиторных часов |   |   |
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                      | 2 | 0 |
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Онлайн                 |   |   |
| 16 | <b>Размер задач и сложность алгоритмов</b><br>Размер задач и сложность алгоритмов. Временная и пространственная сложность. Полиномиальные и экспоненциальные алгоритмы. Трудноразрешимые задачи. Сложность машин Тьюринга. Повторение разделов 1-3: основные определения, формулировки теорем, практические аспекты. Виртуальные эмуляторы RAM-машин: анализ существующих ресурсов, выработка подходов к разработке, современные цифровые технологии для их создания | Всего аудиторных часов |   |   |
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                      | 2 | 0 |
|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Онлайн                 |   |   |

Сокращенные наименования онлайн опций:

| Обозначение | Полное наименование              |
|-------------|----------------------------------|
| ЭК          | Электронный курс                 |
| ПМ          | Полнотекстовый материал          |
| ПЛ          | Полнотекстовые лекции            |
| ВМ          | Видео-материалы                  |
| АМ          | Аудио-материалы                  |
| Прз         | Презентации                      |
| Т           | Тесты                            |
| ЭСМ         | Электронные справочные материалы |
| ИС          | Интерактивный сайт               |

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

| Недели | Темы занятий / Содержание                                                                                                                                                                                       |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | <i>3 Семестр</i>                                                                                                                                                                                                |
| 1 - 5  | <b>Формальные описания алгоритмов</b><br>Классические машины Тьюринга. Многоленточные машины Тьюринга. Нормальные алгоритмы. Применение виртуального эмулятора Машин Тьюринга, алгоритмов Маркова, машин Поста. |
| 6 - 11 | <b>Числовые множества и арифметические вычисления</b><br>Бесконечные множества: счетность, перечислимость, распознаваемость. Числовые                                                                           |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | множества, вычислимые числа.<br>Арифметические вычисления.                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 12 - 15 | <b>Рекурсивные функции</b><br>Простейшие примитивно-рекурсивные функции, представление в базисе Клини. Доказательство примитивной рекурсивности функций, восстановление функций по схеме рекурсии. Частично-рекурсивные функции. Применение виртуального тренажера, позволяющего строить схемы примитивных рекурсий. |
| 16      | <b>Сложность вычислений</b><br>Сложность алгоритмов. Повторение пройденного материала. Применение виртуального эмулятора RAM-машины.                                                                                                                                                                                 |

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 1. Лекционные занятия:

- комплект электронных презентаций/слайдов,
- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук)
- Система поддержки процесса обучения mephi22.ru
- Яндекс.Диск
- Moodle

### 2. Практические занятия:

- компьютерный класс,
- презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
- стандартный пакет программ Microsoft Office.
- Система поддержки процесса обучения mephi22.ru
- Google classroom
- Moodle
- Виртуальный эмулятор а. Тьюринга, Маркова, Поста, RAM
- Виртуальный тренажер ПРФ

### 3. Самостоятельная работа

- Система поддержки процесса обучения mephi22.ru
- Виртуальный эмулятор а. Тьюринга, Маркова, Поста, RAM
- Виртуальный тренажер ПРФ

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| Компетенция | Индикаторы освоения | Аттестационное мероприятие (КП 1)                                                   |
|-------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1        | З-ПК-1              | Э, КИ-5, КИ-11, КИ-16, к.р-3, Сем-4, к.р-5, Т-5, Сем-11, Т-11, к.р-14, Сем-15, Т-16 |

|       |         |                                                                                     |
|-------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|       | У-ПК-1  | Э, КИ-11, КИ-16, Сем-11, Т-11, к.р-14, Сем-15, Т-16                                 |
|       | В-ПК-1  | Э, КИ-16, к.р-14, Сем-15, Т-16                                                      |
| УК-1  | З-УК-1  | Э, КИ-5, КИ-11, КИ-16, к.р-3, Сем-4, к.р-5, Т-5, Сем-11, Т-11, к.р-14, Сем-15, Т-16 |
|       | У-УК-1  | Э, КИ-11, КИ-16, Сем-11, Т-11, к.р-14, Сем-15, Т-16                                 |
|       | В-УК-1  | Э, КИ-16, к.р-14, Сем-15, Т-16                                                      |
| УКЕ-1 | З-УКЕ-1 | Э, КИ-5, КИ-11, КИ-16, к.р-3, Сем-4, к.р-5, Т-5, Сем-11, Т-11, к.р-14, Сем-15, Т-16 |
|       | У-УКЕ-1 | Э, КИ-11, КИ-16, Сем-11, Т-11, к.р-14, Сем-15, Т-16                                 |
|       | В-УКЕ-1 | Э, КИ-16, к.р-14, Сем-15, Т-16                                                      |

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале    | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------|----------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90-100       | 5 – <i>«отлично»</i>             | A           | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы. |
| 85-89        | 4 – <i>«хорошо»</i>              | B           | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.                                                                                                     |
| 75-84        |                                  | C           |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 70-74        |                                  | D           |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 65-69        |                                  | E           | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.    |
| 60-64        | 3 – <i>«удовлетворительно»</i>   |             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Ниже 60      | 2 – <i>«неудовлетворительно»</i> | F           | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка                                                                                                      |

|  |  |  |                                                                                                                                          |
|--|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  | «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |
|--|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ Г 96 Дискретная математика : , Гусева А.И., Киреев В.С., Тихомирова А.Н., Москва: КУРС, 2019
2. ЭИ И 20 Дискретная математика и теория графов : учебное пособие для вузов, Иванов Б. Н., Москва: Юрайт, 2022
3. ЭИ А 65 Дискретная математика: прикладные задачи и сложность алгоритмов : учебник и практикум для вузов, Андреев А. Е., Москва: Юрайт, 2022
4. ЭИ Ж 91 Дискретный анализ. Формальные системы и алгоритмы : учебное пособие для вузов, Журавлев Ю. И., Москва: Юрайт, 2022

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ Т46 Практикум по теории алгоритмов : учебное пособие для вузов, Тихомирова А.Н., Сафонов Н.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
2. ЭИ Т46 Теория алгоритмов : учебное пособие, Тихомирова А.Н., Москва: МИФИ, 2008

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование времени позволяет привить студентам умения и навыки в

овладении, изучении, усвоении и систематизации приобретаемых знаний в процессе обучения, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения.

Для более эффективного восприятия и усвоения материала студентам предлагается пользоваться определенными методами, так как бессистемный подход к процессу получения знаний гораздо менее эффективный и трудоемкий.

Курс «Теория алгоритмов» состоит из 4 основных компонентов: лекции, семинарские занятия, контрольные работы практического характера и контрольные работы теоретического характера.

К каждому компоненту курса готовиться следует особым образом. Далее рассмотрены основные рекомендации для осуществления самостоятельной работы и подготовки к занятиям.

#### Методические рекомендации для подготовки к лекциям

Посещение занятий. Посещение занятий студентами является обязательной составляющей усвоения программы курса «Теория алгоритмов», т.к. специфика курса затрудняет в ряде случаев самостоятельное изучение части материала. Материал курса не всегда очевиден, и даже хорошо успевающие студенты для полного понимания материала нуждаются в дополнительном общении с преподавателем, что возможно на перерыве или после окончания лекции. Важным плюсом в посещении лекционных занятий является получение инструкции по подготовке к теоретическим контрольным работам, которые представляют собой значительные трудности для ряда студентов. Преподаватель проводит инструктаж по планированию такой подготовки, который включает цель задания, его содержание, сроки проведения контрольного мероприятия, формат, требования, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении контрольной работы.

Составление конспекта. Студенты на лекции должны не просто слушать, а в обязательном порядке еще и записывать основные моменты лекции: определения, формулы, графики, логические переходы (понятия, связи понятий и свойства связей этих понятий). В этом случае в процесс запоминания включается моторная память.

Повторение текущей лекции, углубление знаний по ней. Студенту после лекции в свободное время в спокойной обстановке рекомендуется открыть конспект и «освежить» в памяти все, что он услышал/узнал на лекции. Для этого можно использовать:

- Цветовое акцентирование. Имеет смысл применять различные цвета для выделения различных смысловых объектов (заголовки разных уровней, определения и др.).
- Специальные значки. Слушателям рекомендуется разработать собственную систему значков, которую он будет использовать для проработки лекций.
- Составление структурной схемы лекции. Для лучшего запоминания большого объема информации, имеет смысл составить схему лекции, разбив ее на логические блоки, выявить связи этих блоков.
- Составление глоссария. Составление глоссария целесообразно для последовательного усвоения основных определений, законов, теорем и аналогичной информации.

Для углубления знаний по тематике текущей лекции необходимо воспользоваться дополнительными источниками информации, к которым относятся основная и дополнительная учебная литература, справочники и др. Причем с данной информацией желательно проделать тот же перечень работ, что и с конспектом лекции.

Повторение предыдущей лекции. Прежде чем прийти на текущую лекцию студент должен повторить одну или несколько предыдущих лекций, так как лекции между собой тесно связаны. Если не усвоить и не повторить предыдущую лекцию, то некоторые моменты текущей лекции будут слушателям непонятны, кроме того они не смогут проводить аналогии и свободно ориентироваться в изучаемом материале.

В качестве основного литературного источника при подготовке к лекциям используется учебное пособие:

- Тихомирова А.Н. Теория алгоритмов: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2008.

Весь лекционный материал в текстовом виде и в виде презентаций доступны в составе специально разработанной системы поддержки обучения по адресу <http://mephi22.ru/>

Методические рекомендации для подготовки к семинарским (практическим) занятиям

Повторная работа над учебным материалом. Мероприятие, аналогичное подготовке к лекции. При этом ставится задача максимально полно понять материал и составить вопросы преподавателю по неясным моментам, чтобы задать их на семинарских занятиях.

Составление проверочного теста. Студенту после того как была прочтена лекция, а также после того как он ее переработал, предоставляется возможность составить некий тест, придумать вопросы, по которым можно проверить, на сколько была усвоена данная лекция. Этот тест можно использовать как в качестве самопроверки, так и в качестве проверки знаний коллег.

Ответы на контрольные вопросы. В практикуме, относящемся к основной литературе по курсу, приводится обзор множества задач и вопросов по изучаемым темам, многие задачи снабжены подробными решениями, для других задач приводятся ответы в конце практикума. Рекомендуются самостоятельно заранее решить задачи из соответствующих разделов, а затем сверить полученные результаты с ответами и подробными решениями в практикуме.

В качестве основного литературного источника при подготовке к практическим занятиям используется учебное пособие:

- Тихомирова А.Н. Сафоненко Н.В. Практикум по теории алгоритмов: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. - 132с.

Материалы к практическим занятиям, а также эмуляторы машин Тьюринга, алгоритмов Маркова, машин Поста доступны в составе специально разработанной системы поддержки обучения по адресу <http://mephi22.ru/>

Методические рекомендации для подготовки к практическим контрольным работам

Повторная работа над учебным материалом. Необходимо повторить материалы не только всех лекций, но и в обязательном порядке материалы прошедших семинаров. В отличие от просто подготовки к лекции/семинару в данном случае необходимо самостоятельно снова попробовать решить все задачи, которые вызвали сложности при разборе на семинарском занятии, не глядя на записи в тетради. Если это вызовет сложности – обратиться к своим конспектам или преподавателю.

Решение задач и упражнений по образцу. В практикуме, относящемся к основной литературе по курсу, приводится обзор множества задач и вопросов по изучаемым темам, многие задачи снабжены подробными решениями, для других задач приводятся ответы в конце практикума. Рекомендуются самостоятельно заранее решить задачи из соответствующих разделов, а затем сверить полученные результаты с ответами и подробными решениями в практикуме.

В качестве основного литературного источника при подготовке к практическим контрольным работам используется учебное пособие:

• Тихомирова А.Н. Сафоненко Н.В. Практикум по теории алгоритмов: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. - 132с.

Примеры задач для контрольных работ, эмуляторы машин Тьюринга, алгоритмов Маркова, машин Поста доступны в составе специально разработанной системы поддержки обучения по адресу <http://mephi22.ru/>

Методические рекомендации для подготовки к теоретическим контрольным работам

Повторная работа над учебным материалом. В данном случае акцент делается на теоретические выкладки, на систему доказательств и логических последовательностей. Поэтому перед теоретической контрольной работой студенту необходимо составить список всех определений, замечаний и теорем. Попробовать самостоятельно доказать теоремы, составить логические схемы этих доказательств. В практикуме, относящемся к основной литературе по курсу, приводится в сжатом виде обзор основных сведений, теорем, гипотез, кроме того, там систематично представлены обобщенные данные по каждому из разделов, присутствуют концептуальные схемы и специальные проверочные таблицы, в структурированном виде отражающие основной изучаемый материал.

В качестве основных литературных источников при подготовке к теоретическим контрольным работам используется учебное пособие:

• Тихомирова А.Н. Сафоненко Н.В. Практикум по теории алгоритмов: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. - 132с.

Весь лекционный материал, дополнительные материалы для углубленного изучения, а также презентации лекций доступны в составе специально разработанной системы поддержки обучения по адресу <http://mephi22.ru/>

В качестве оценочного средства используется 100 бальная семестровая система, учитывающая посещаемость занятий, активность на уроках, выполнение практических и теоретических контрольных работ. Каждый раздел проходит аттестацию.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Лекционные занятия являются обязательной составляющей усвоения программы курса «Теория алгоритмов», т.к. специфика курса затрудняет в ряде случаев самостоятельное изучение части материала. Материал курса не всегда очевиден, и даже хорошо успевающие студенты для полного понимания материала нуждаются в дополнительном общении с преподавателем, что возможно на перерыве или после окончания лекции. Важным плюсом в посещении лекционных занятий является получение инструкции по подготовке к теоретическим контрольным работам, которые представляют собой значительные трудности для ряда студентов. Преподаватель проводит инструктаж по планированию такой подготовки, который включает цель задания, его содержание, сроки проведения контрольного мероприятия, формат, требования, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении контрольной работы.

Во время семинарских занятий преподаватель объясняет практическую часть курса в соответствии с планом и стимулирует активное участие студентов в решении задач. Основное внимание необходимо уделить следующим темам.

- Классические и многоленточные машины Тьюринга.
- Нормальные алгоритмы
- Счетность, перечислимость, распознаваемость множеств.
- Вычислимость,
- Арифметические вычисления.
- примитивно-рекурсивные функции (представление в базисе Клини и восстановление из схем рекурсий).

- Частично-рекурсивные функции
- Сложность алгоритмов.

За посещаемость и активность на занятия выставляются дополнительные баллы.

Правила выставления баллов за посещаемость семинарских занятий (по разделам)

- Нет пропусков или не более одного пропуска +1 балл
- Два и более пропусков 0 баллов

Правила выставления баллов за активность на семинарских занятиях (по разделам)

- Шесть и более «+» за работу на семинаре +2 балла
- От трех до пяти «+» за работу на семинаре +1 балл
- Менее трех «+» за работу на семинаре 0 баллов

Часть практических занятий используется для текущего контроля знаний и умений студентов. Проводятся шесть мероприятий: три практических контрольных работ (КР) и три теоретических в виде теста (Т). Продолжительность каждой работы 1 а/час, перед работой проводится повторение учебного материала по соответствующим темам. Оценка пропорциональна исходному объему задания. Методика оценивания содержится в приложении «Фонд оценочных средств»

Каждый раздел проходит аттестацию. Раздел аттестуется, если набрано не менее 60% баллов от максимально возможного значения (КИ). По 1, 2 и 3 разделам организуется по 1 пересдаче в течение семестра. На экзамене организуется 1 пересдача.

Методика оценки, контрольные и экзаменационные вопросы представлены в приложении «Фонд оценочных средств».

Весь лекционный материал, дополнительные материалы для углубленного изучения, а также презентации лекций, эмуляторы и много другое доступны в составе специально разработанной системы поддержки обучения по адресу <http://mephi22.ru/>

Автор(ы):

Тихомирова Анна Николаевна, к.т.н.