

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор высшей школы  
программной инженерии  
А.В. Малеев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Теория информации
<b>по направлению:</b>	Программная инженерия
<b>профиль подготовки:</b>	Разработка программно-информационных систем высшая школа программной инженерии высшая школа программной инженерии МФТИ - Яндекс
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 48 час.

Всего часов: 108, всего зач. ед.: 3

Количество контрольных работ, заданий: 1

Программу составил: Д.В. Мусатов, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании высшей школы программной инженерии МФТИ - Яндекс 05.03.2020

## Аннотация

В данном курсе рассматриваются различные области математики, связанные с понятием информации и её передачей. Цель курса дать обзор математических подходов к определению информации и рассказать про применения данных подходов к решению различных задач.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- освоение основных современных методов теории информации.

#### Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний (понятий, концепций, методов и моделей) в теории информации;
- приобретение теоретических знаний и практических умений и навыков в теории информации;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических исследований в теории информации.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
ОПК-6 Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов	ОПК-6.3 Знает методы тестирования программного кода на ошибки и способен проводить тестирование на различных уровнях (модульное, интеграционное, системное)
ОПК-8 Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	ОПК-8.1 Понимает принципы, по которым работают базы данных, и умеет создавать структуру данных, оптимизированную для эффективного хранения и обработки информации
	ОПК-8.2 Умеет применять технологии машинного обучения в различных прикладных областях
ПК-3 Способен проектировать, разрабатывать, интегрировать, проверять на работоспособность программное обеспечение	ПК-3.2 Умеет выбирать языки программирования для написания программного кода с учетом технического задания

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории части дискретной математики;
- современные проблемы соответствующих разделов теории информации;
- понятия, аксиомы, методы доказательств и доказательства основных теорем в разделах, входящих в базовую часть цикла;
- основные свойства соответствующих математических объектов;
- аналитические и численные подходы и методы для решения типовых прикладных задач теории информации.

уметь:

- понять поставленную задачу;
- использовать свои знания для решения фундаментальных и прикладных задач;
- оценивать корректность постановок задач;
- строго доказывать или опровергать утверждение;
- самостоятельно находить алгоритмы решения задач, в том числе и нестандартных, и проводить их анализ;
- самостоятельно видеть следствия полученных результатов;
- точно представить математические знания в области в устной и письменной форме.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации и решения задач ( в том числе, сложных);
- навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;
- культурой постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, требующих для своего решения использования математических подходов и методов ЭК;
- предметным языком теории информации и навыками грамотного описания решения задач и представления полученных результатов.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Комбинаторное понятие информации	4	4		8
2	Вероятностный подход к понятию информации	6	6		10
3	Задача передачи информации	6	6		10
4	Коммуникационная сложность	6	6		10
5	Применение теории информации	8	8		10
Итого часов		30	30		48
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		108 час., 3 зач.ед.			

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 6 (Весенний)

###### 1. Комбинаторное понятие информации

Комбинаторное понятие информации (информация по Хартли), нижние оценки на время работы сортировки, бинарного поиска, информационные методы решения различных комбинаторных задач

## 2. Вероятностный подход к понятию информации

Вероятностное понятие информации. Энтропия Шеннона, её свойства, применения к задачам кодирования и передачи информации

## 3. Задача передачи информации

Задача передачи информации через канал с шумом, понятие пропускной способности канала. Коды исправляющие ошибки, верхние и нижние оценки.

## 4. Коммуникационная сложность

Коммуникационная сложность и её применения для получения нижних оценок в различных задачах.

## 5. Применение теории информации

Применение теории информации к получению нижних оценок для структур данных и алгоритмов.

Колмогоровская сложность и её применения

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Стандартная учебная аудитория.

## **6.Перечень рекомендуемой литературы**

### Основная литература

1. Лекции по теории информации [Текст] : учеб. пособие для вузов / Э. М. Габидулин, Н. И. Пилипчук ; М-во образования и науки, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т), Каф. радиотехники. — М. : Изд-во МФТИ, 2007. — 214 с.
2. Введение в квантовую теорию информации [Электронный ресурс], Электрон. версия печ. публикации / А. Ю. Хренников. — М., Физматлит, 2008

### Дополнительная литература

3. Вьюгин, В. В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / В. В. Вьюгин ; Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т), Лаб. структурных методов анализа данных в предсказательном моделировании (ПреМоЛаб), Ин-т проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН. — М. : МЦНМО, 2013. — 304 с.
4. Разборов, А. А. Коммуникационная сложность [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / А. А. Разборов ; пер. с англ. Ю. Л. Притыкина ; под ред. В. А. Клепцына, С. М. Львовского. — М. : МЦНМО, 2012. — 24 с.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

<http://dm.fizteh.ru/>

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как Mathcad, MATLAB, Maple и др.

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

1. Рекомендуется успешно сдавать контрольные работы, так как это упрощает итоговую аттестацию по предмету.
2. Для подготовки к итоговой аттестации по предмету лучше всего пользоваться материалами лекций.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Программная инженерия
<b>профиль подготовки:</b>	Разработка программно-информационных систем высшая школа программной инженерии МФТИ - Яндекс высшая школа программной инженерии
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** Д.В. Мусатов, канд. физ.-мат. наук, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
ОПК-6 Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов	ОПК-6.3 Знает методы тестирования программного кода на ошибки и способен проводить тестирование на различных уровнях (модульное, интеграционное, системное)
ОПК-8 Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	ОПК-8.1 Понимает принципы, по которым работают базы данных, и умеет создавать структуру данных, оптимизированную для эффективного хранения и обработки информации
	ОПК-8.2 Умеет применять технологии машинного обучения в различных прикладных областях
ПК-3 Способен проектировать, разрабатывать, интегрировать, проверять на работоспособность программное обеспечение	ПК-3.2 Умеет выбирать языки программирования для написания программного кода с учетом технического задания

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Теория информации» обучающийся должен:

### знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории части дискретной математики;
- современные проблемы соответствующих разделов теории информации;
- понятия, аксиомы, методы доказательств и доказательства основных теорем в разделах, входящих в базовую часть цикла;
- основные свойства соответствующих математических объектов;
- аналитические и численные подходы и методы для решения типовых прикладных задач теории информации.

### уметь:

- понять поставленную задачу;
- использовать свои знания для решения фундаментальных и прикладных задач;
- оценивать корректность постановок задач;
- строго доказывать или опровергать утверждение;
- самостоятельно находить алгоритмы решения задач, в том числе и нестандартных, и проводить их анализ;
- самостоятельно видеть следствия полученных результатов;
- точно представить математические знания в области в устной и письменной форме.

### владеть:

- навыками освоения большого объема информации и решения задач ( в том числе, сложных);
- навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;
- культурой постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, требующих для своего решения использования математических подходов и методов ЭК;
- предметным языком теории информации и навыками грамотного описания решения задач и представления полученных результатов.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

В течении курса проводится две контрольных работы:

1. На информацию по Хартли, энтропию Шеннона и задачи кодирования/передачи информации.
2. На передачу информации через канал с шумом, коммуникационную сложность и колмогоровскую сложность.

Каждая контрольная работа позволяет заработать от 0 до 2 баллов по соответствующему набору тем. Обычно 2 решенных задачи соответствуют 1 набранному баллу. В конце курса проводится устный зачет, на зачете студенту предлагается решить от 0 до 2 задач и ответить на 2 теоретических вопроса.

Финальная оценка вычисляется следующим образом: 2 + оценка за теоретически ответ (от 0 до 4) + оценка за темы первой контрольной (0-2 балла) + оценка за темы второй контрольной работы (0-2 балла). В случае не знания базовых определений/формулировок теорем студент отправляется на пересдачу зачета.

Оценка за темы контрольной работы складывается из оценки за контрольную работу (0-2 балла) и оценку за решение соответствующей задачи на зачете 0-1 балла), но в сумме не более 2 баллов.

### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

1. Определение количества информации в конечном объекте (информация по Хартли).
2. Задачи оптимального поиска.
3. Энтропия Шеннона: определение и основные свойства. Информационные неравенства.
4. Неравенство Крафта. Использование стохастических закономерностей для сжатия данных: код Шеннона-Фано, код Хаффмана, арифметический код.
5. Теоремы Шеннона об оптимальном кодировании для каналов без шума.
6. Теорема об оптимальном блочном кодировании для последовательности независимых одинаково распределенных случайных величин.
7. Применение энтропии Шеннона в комбинаторных задачах оптимального поиска.
8. Задача об совершенном разделении секрета: метод Шамира разделения секрета для пороговой структуры доступа; примеры структур доступа, не допускающих идеального разделения секрета.
9. Определение Колмогоровской сложности слов, простейшие свойства.
10. Теорема Колмогорова-Левина о симметрии взаимной информации, информационные неравенства для колмогоровской сложности.
11. Применение колмогоровской сложности в комбинаторных задачах. Доказательство неполноты формальной арифметики по Чейтину.
12. Префиксная колмогоровская сложность. Эффективно нулевые множества, случайность по Мартин-Лёфу.
13. Закон повторного логарифма для случайных по Мартин-Лёфу последовательностей.
14. Коды, исправляющие ошибки.
15. Комбинаторные модели канала с шумом. Границы Хемминга и Гилберта.
16. Линейные коды, граница Варшамова-Гилберта. Коды Хемминга.
17. Коды Рида-Соломона. Полиномиальный алгоритм декодирования кода Рида-Соломона. Каскадные коды; конструкция асимптотически хороших кодов с эффективной процедурой декодирования.
18. Коммуникационная сложность.



19. Детерминированные коммуникационные протоколы, детерминированная коммуникационная сложность. Примеры верхних и нижних оценок для детерминированной коммуникационной сложности.

Задания:

1. Вероятностная коммуникационная модель. Протокол Яо для вычисления предиката равенства. Экспоненциальный разрыв между вероятностной и детерминированной коммуникационной сложностью. Теорема о переходе от общего источника случайности к частным.

#### Критерии оценивания

- оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений
- оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений
- оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, и правильное обоснование принятых решений
- оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;
- оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;
- оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал, и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;
- оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;
- оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет фрагментарно основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;
- оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач
- оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, который не знает формулировок основных понятий дисциплины.

#### 5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.