

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория сложности

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Компьютерные науки и приложения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.01 Теория сложности относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-11: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности	<p>ПК-11.1: Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач.</p> <p>ПК-11.2: Уметь применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач.</p> <p>ПК-11.3: Иметь навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач.</p>	<p>ПК-11.1: Знать модели алгоритмов, используемые в теории сложности вычислений: машины Тьюринга, РАМ, детерминированные и недетерминированные варианты; основные понятия, важнейшие факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, важнейшие классы сложности, связанные с, приближенными, вероятностными, параметризованными, схемными алгоритмами.</p> <p>ПК-11.2: Уметь применять модели алгоритмов, используемые в теории сложности вычислений: машины Тьюринга, РАМ, детерминированные и недетерминированные варианты; основные понятия, важнейшие факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, важнейшие классы сложности, связанные с, приближенными, вероятностными, параметризованными, схемными алгоритмами.</p>	<p>Задачи</p> <p>Тест</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		<p>ПК-11.3:</p> <p>Владеть способностями применять основные понятия, важнейшие факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, NP-полнота и NP-трудность, теорема Кука, проблема $P=NP?$, гипотеза об экспоненциальном времени, проблема дерандомизации для решения задач производственно-технологической деятельности.</p>		
<p>ПК-4: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач</p>	<p>ПК-4.1: Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач.</p> <p>ПК-4.2: Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач.</p> <p>ПК-4.3: Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач.</p>	<p>ПК-4.1:</p> <p>Знать модели алгоритмов, используемые в теории сложности вычислений: машины Тьюринга, РАМ, детерминированные и недетерминированные варианты</p> <p>ПК-4.2:</p> <p>Уметь применять основные понятия, важнейшие факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, NP-полнота и NP-трудность, теорема Кука, проблема $P=NP?$, гипотеза об экспоненциальном времени, проблема дерандомизации.</p> <p>ПК-4.3:</p> <p>Владеть способностями применять модели алгоритмов, используемые в теории сложности вычислений: машины Тьюринга, РАМ, детерминированные и недетерминированные варианты; основные понятия, важнейшие факты, гипотезы и проблемы теории сложности: полиномиальная сводимость, NP-полнота и NP-трудность, теорема Кука, проблема $P=NP?$, гипотеза об</p>	<p>Задачи</p> <p>Тест</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		экспоненциальном времени, проблема дерандомизации; важнейшие классы сложности, связанные с, приближенными, вероятностными, параметризованными, схемными алгоритмами.		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Основные понятия теории сложности	23	4	4	8	15
Точные и приближенные алгоритмы	28	4	4	8	20
Алфавитное кодирование	28	4	4	8	20
КС-грамматики	28	4	4	8	20
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	16	16	33	75

Содержание разделов и тем дисциплины

Введение. Модели вычислений. Основные понятия теории сложности. Точные алгоритмы для трудных задач. Приближенные алгоритмы. Параметризованная сложность. Вероятностные алгоритмы. Схемная сложность. Кодирование по Колмогорову. Модель алфавитного кодирования. Локальная модель языка. КС-грамматики и основанные на них алгоритмы экономного кодирования.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

При выполнении самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать конспекты лекций, а также рекомендуемую в литературу:

1. Жильцова Л.П. Современные проблемы теории кодирования. 2007. -80 с. www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/6.pdf
2. Жильцова Л.П., Киселева Л.Г., Смирнова Т.Г. О работах Александра Александровича Маркова.
[www.unn.ru/pages/issues/vestnik/9999999999_west_2012_6\(1\)/21.pdf](http://www.unn.ru/pages/issues/vestnik/9999999999_west_2012_6(1)/21.pdf)
3. К. Шеннон. Математическая теория связи / Работы по теории информации и кибернетике. М.: ИЛ, 1963. (Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication // The Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, July, October, 1948)
<http://compression.ru/download/ti.html#rus>
4. 3. Жильцова Л.П., Смирнова Т.Г. Основы теории графов и теории кодирования в примерах и задачах: учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2008. – 64 с. Пер.№ 1437.17.06.
www.unn.ru/books/resources.html

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-11:

1. Построить источник, генерирующий последовательность символов в алфавите $B = \{a, b, c, d\}$ с заданными запрещенными фрагментами $\{aa, ab, dc\}$.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

1. Доказать, что задача о доминирующем множестве принадлежит классу NP.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задача решена полностью или решена основная часть задачи, или задача решена с недочетами
не зачтено	Задача не решена или сделан первый этап решения задачи

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-11:

1. Тип вопроса – множественный выбор.

Задача принадлежит классу P тогда и только тогда, когда

- 1) она принадлежит NP , но не принадлежит NPC ;
- 2) она принадлежит CoP ;
- 3) она полиномиально сводится к задаче об эйлеровом цикле;
- 4) к ней полиномиально сводится задача о кратчайшем пути.

2. Тип вопроса – множественный выбор.

Если $P = NP$, то

- 1) $NPC = P$; (+)
- 2) $NPC \neq NP$;
- 3) задача о клике принадлежит классу P ; (+)
- 4) задача о вершинном покрытии не принадлежит классу P .

3. Тип вопроса – множественный выбор.

Существует такая последовательность булевых функций $\{f_n\}$, что

- 1) $L(f_n) = \Omega(n^2)$; (+)
- 2) $L(f_n) = O(n^2)$; (+)
- 3) $L(f_n) = \Omega(2^n)$;
- 4) $L(f_n) = O(2^n)$. (+)

4. Тип вопроса – множественный выбор.

Если $P = NP$, то

- 1) задача о вершинном покрытии решается за полиномиальное время; (+)
- 2) задача о паросочетании принадлежит классу NPC ; (+)
- 3) $P \cap NPC = \emptyset$;
- 4) $NPC = NP$. (+)

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

1. Тип вопроса - множественный выбор

Для алфавита $A = \{a, b, n, o, p, m\}$ задан двоичный код $V = (01110, 100\ 000, 0011\ 1110)$.

Какие из двоичных последовательностей являются кодами слов в алфавите A ?

- 1) 111000100011101
- 2) 010000011111001
- 3) 11100011000100
- 4) 111001000010011011
- 5) 1100000010001110

2. Тип вопроса – множественный выбор

Если $P \neq NP$, то

- 1) задача о паросочетании не решается за полиномиальное время;
- 2) задача о раскраске ребер решается за полиномиальное время;
- 3) $P \cap NPC = \emptyset$; (+)
- 4) $NP = P \cup NPC$.

3. Тип вопроса – множественный выбор.

Если $P \cap NPC \neq \emptyset$, то

- 1) $P = NPC$; (+)
- 2) $P \neq NPC$;
- 3) задача о гамильтоновом цикле решается за полиномиальное время. (+)
- 4) задача об эйлеровом цикле принадлежит классу NPC. (+)

4. Тип вопроса – множественный выбор.

Если $NP = NPC$, то

- 1) $NPC = P$; (+)
- 2) $P \neq NPC$;
- 3) задача о клике принадлежит классу P; (+)
- 4) задача о вершинном покрытии не принадлежит классу P.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	51-100%
не зачтено	0-50%

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Критерии оценивания (опециание средств). Контрольные вопросы)		
Оценки	Критерии	Оценки
1. Псевдополиномиальные алгоритмы. Пример: задача о рюкзаке.	Критерии оценивания	
2. Псевдополиномиальные алгоритмы. Пример: задача о рюкзаке.		
3. Проблема раскраски графов. Пример: задача о раскраске графов.		
4. Проблема раскраски графов. Пример: задача о раскраске графов.		
5. Проблема раскраски графов. Пример: задача о раскраске графов.		
6. Проблема раскраски графов. Пример: задача о раскраске графов.		
7. Проблема раскраски графов. Пример: задача о раскраске графов.		
8. Проблема раскраски графов. Пример: задача о раскраске графов.		
9. Проблема раскраски графов. Пример: задача о раскраске графов.		
10. Проблема раскраски графов. Пример: задача о раскраске графов.		

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

Основная литература:

1. Алексеев Владимир Евгеньевич. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений : учеб. для студентов, обучающихся по специальности 010200 - Приклад. математика и информатика и по направлению 510200 - Приклад. математика и информатика . - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий : Бином. Лаборатория знаний, 2014. - 320 с. : ил., табл.

- (Основы информационных технологий). - ISBN 978-5-94774-543-6 (Бином.ЛЗ) : 160.00., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Жильцова Л. П. Основы теории автоматов и формальных языков в примерах и задачах : учеб.-метод. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 010400 "Информ. технологии". Ч. 1 / ННГУ. - Н. Новгород : [б. и.], 2010 (Тип. ННГУ). - 64 с. - 21.00., 100 экз.
2. Кельберт М. Я. Теория информации и кодирования. Т. 3. Теория информации и кодирования / Кельберт М. Я., Сухов Ю. М. - Москва : МЦНМО, 2016. - 567 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции МЦНМО - Математика. - ISBN 978-5-4439-2377-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=716697&idb=0>.
3. Осокин А. Н. Теория информации : учебное пособие / А. Н. Осокин, А. Н. Мальчуков. - Москва : Юрайт, 2023. - 208 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-16333-9. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=872019&idb=0>.

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

нет

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Грибанов Дмитрий Владимирович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.