

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 Ученого совета ННГУ
протокол от «30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

Теория вычислений

Уровень высшего образования

магистратура

Направление подготовки

01.04.01 Математика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная математика и приложения

Квалификация (степень)

магистр

Форма обучения

очная

Нижний Новгород
2023

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Теория вычислений» (Б1.О.05) относится к обязательной части ООП магистратуры по направлению подготовки «Математика». Преподаётся во втором семестре.

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	
ОПК-1: Способен формулировать и решать актуальные и значимые проблемы математики	ОПК-1.1. Знать основы фундаментальных дисциплин в области математических и (или) естественных наук. ОПК-1.2. Уметь выбирать методы решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний. ОПК-1.3. Владеть навыками применения фундаментальных знаний в профессиональной деятельности.	Знать основные модели вычислительных устройств Знать примеры разрешимых и неразрешимых задач Знать примеры задач, вычислимых и невычислимых на практике Уметь доказывать основные теоремы теории вычислений Уметь оценивать сложность алгоритма Уметь доказывать то, что язык является или не является регулярным или контекстно-свободным Уметь доказывать разрешимость задачи, ее NP-полноту Владеть навыками работы с регулярными выражениями и контекстно-свободными грамматиками	Собеседование, задачи

3. Структура и содержание дисциплины «Теория вычислений»

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация — зачет	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Конечные автоматы	10	2	2		4	6
2. Формальные грамматики	10	2	2		4	6
3. Автоматы с магазинной памятью	11	2	2		4	7
4. Машины Тьюринга	20	5	5		10	10
5. Вычислительная сложность	20	5	5		10	10
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация — зачет	36					
Итого	108	16	16		33	39

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

3.3 Содержание разделов дисциплины

1. Конечные автоматы (КА) и регулярные языки. Примеры построения КА. Замкнутость регулярных языков относительно операций объединения, пересечения и дополнения. Недетерминированные КА и определяемые ими языки. Регулярность языков, определяемых недетерминированными КА. Лемма о разрастании для регулярных языков. Примеры доказательства нерегулярности языков.
2. Формальные грамматики и языки, порождаемые грамматиками. Классификация грамматик по Хомскому. Совпадение классов регулярных языков и языков типа 1. Контекстно-свободные грамматики (КСГ) и контекстно-свободные языки (КСЯ). Дерево вывода. Лемма о разрастании для КСЯ. Примеры доказательства того, что языки не относятся к классу КСЯ. Класс КСЯ и операции объединения, пересечения и дополнения.
3. Автоматы с магазинной памятью (МП-автоматы) и распознаваемые ими языки. Примеры построения МП-автоматов. Детерминированные контекстно-свободные языки. Вопросы замкнутости относительно операций объединения, пересечения и дополнения.
4. Машины Тьюринга (МТ). Языки распознаваемые и разрешимые по Тьюрингу. Примеры построения МТ. Недетерминированные МТ. Код МТ. Утверждение о существовании языков не распознаваемых по Тьюрингу. Необходимое и достаточное условие разрешимости. Нераспознаваемость языка . Неразрешимость проблемы останова. Многоленточные МТ. Теорема об эквивалентности многоленточных и одноленточных МТ. Недетерминированные МТ. Теорема об эквивалентности детерминированных и недетерминированных МТ.
5. Вычислительная сложность. Верхняя асимптотическая оценка. Классы $TIME(t(n))$, P . Примеры языков класса P . Теорема о связи вычислительной сложности многоленточных и одноленточных МТ. Классы $NTIME(t(n))$, NP . Теорема о связи вычислительной сложности недетерминированных и детерминированных МТ. Примеры языков класса NP . Полиномиальная вычислимость. Полиномиальная сводимость. Класс NP -полных языков. Теорема Кука-Левина. Условие NP -полноты. 6 основных NP -полных задач.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа включает выполнение домашних практических заданий с последующей проверкой и обсуждением, изучение литературы и проработку теоретического материала лекционных занятий.

Образовательный материал для самостоятельной работы студента приводится в разделе 6.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Критерии оценивания	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	отлично с отличием
	Не зачтено		Зачтено				
Знания. 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 ошибки.	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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.
Умения. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.
Навыки. Отсутствие владения материалом. 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 некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1. Вопросы к зачету для проверки ОПК-1

1. Конечные автоматы и регулярные языки.
2. Примеры построения конечных автоматов.
3. Замкнутость регулярных языков относительно операций объединения, пересечения и дополнения.
4. Недетерминированные конечные автоматы и определяемые ими языки.
5. Теорема о регулярности языков, определяемых недетерминированными конечными автоматами.
6. Лемма о разрастании для регулярных языков.
7. Примеры доказательства нерегулярности языков.
8. Формальные грамматики и языки, порождаемые грамматиками.
9. Классификация грамматик по Хомскому.
10. Совпадение класса регулярных языков и языков типа 1.
11. Контекстно-свободные грамматики (КСГ) и контекстно-свободные языки (КСЯ).
12. Дерево вывода.
13. Примеры построения КСГ.
14. Лемма о разрастании для КСЯ.
15. Примеры языков не являющихся КСЯ.
16. Вопросы замкнутости КСЯ относительно операций объединения, пересечения, дополнения, конкатенации и итерации.
17. МП-автоматы и распознаваемые ими языки.
18. Примеры построения МП-автоматов.
19. Вопросы замкнутости КСЯ относительно операций объединения, пересечения и дополнения.
20. Машины Тьюринга (МТ). Языки распознаваемые и разрешимые по Тьюрингу. Примеры построения МТ.
21. Код МТ. Утверждение о существовании языков не распознаваемых по Тьюрингу.
22. Неразрешимость языка L_{MT} .
23. Необходимое и достаточное условие разрешимости. Нераспознаваемость языка \bar{L}_{MT} .
24. Неразрешимость языка H_{MT} .
25. Многоленточные МТ. Теорема об эквивалентности многоленточных и одноленточных МТ.
26. Недетерминированные МТ. Теорема об эквивалентности детерминированных и недетерминированных МТ.
27. Вычислительная сложность. Верхняя асимптотическая оценка. Классы $TIME(t(n))$, P. Примеры языков класса P.
28. Теорема о связи вычислительной сложности многоленточных и одноленточных МТ.
29. Классы $NTIME(t(n))$, NP. Примеры языков класса NP.
30. Теорема о связи вычислительной сложности недетерминированных и детерминированных МТ.
31. Полиномиальная вычислимость. Полиномиальная сводимость.

32. Класс NP-полных языков.

33. Теорема Кука-Левина. Условие NP-полноты. 6 основных NP-полных задач.

5.2.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Построить детерминированный конечный автомат в алфавите $\{a, b\}$, принимающий язык $\{w \mid w \text{ не содержит подстроки } baba\}$.
2. Построить недетерминированный конечный автомат из трех состояний, принимающий язык $1^*(001^+)^*$, и построить по нему эквивалентный детерминированный конечный автомат.
3. Доказать, что семейство перечислимых языков замкнуто относительно объединения, но не дополнения.
4. Доказать, что язык в алфавите $\{a, b\}$, состоящий из слов, содержащих поровну букв a и b , не является регулярным.
5. Доказать, что язык $\{0^n 1^n 0^n 1^n \mid n > 0\}$ не является контекстно-свободным.
6. Доказать, что множество конечных детерминированных автоматов, принимающих бесконечные языки, разрешимо.
7. Доказать, что задача о проверке, допускает ли граф раскраску в три цвета, является NP-полной.
8. Какой класс задач считается вычислимым на практике и почему?
9. В чем достоинства и недостатки использования вместо машины Тьюринга машины с регистрами, способными содержать натуральные числа произвольной величины?

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Крупский В.Н. Теория алгоритмов. Введение в сложность вычислений. 2-е изд. М.: Юрайт, 2017. <https://biblio-online.ru/book/F55D893F-2F17-4BE9-988C-9B1B60BD43C1>
2. Жильцова Л.П., Смирнова Т.Г. Основы теории автоматов и формальных языков в примерах и задачах: учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. Рег. № 1436.17.06.
http://www.unn.ru/books/met_files/Avtomat1.pdf
3. Жильцова Л.П., Смирнова Т.Г. Основы теории контекстно-свободных языков в примерах и задачах: учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. Рег. № 1435.17.06.
http://www.unn.ru/books/met_files/Avtomat2.pdf
4. Афраймович Л.Г. Тестовые задачи для самостоятельной подготовки по курсу «Теория автоматов и формальные грамматики». Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. Рег. № 390.11.08.
http://www.unn.ru/books/met_files/TAFG.pdf

б) дополнительная литература

1. Коган Д.И., Бабкина Т.С. Основы теории конечных автоматов и регулярных языков. Учебное пособие. Издательство ННГУ. 2002. 3 экз.
2. Кудрявцев В.Б., Алешин С.В., Подколзин А.С. Теория автоматов. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Юрайт, 2017. — 320 с.
<https://biblio-online.ru/book/CBB978E5-A266-4E28-A760-2AF30F278F11>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой.

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 ВО ННГУ - магистратура по направлению подготовки 01.04.01 Математика.

Автор: Ph.D., ст. преп. Макаров Е.М.

Рецензент (ы)

Зав кафедрой, д.ф.м.н., проф. Кузнецов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.