

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**  
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
президиумом Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«14» декабря 2021 г. № 4

## **Рабочая программа дисциплины**

**Основы теории вычислений**  
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования  
**бакалавриат**  
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки  
**01.03.02 Прикладная математика и информатика**

Направленность образовательной программы  
**Математическое моделирование и вычислительная математика**

Форма обучения  
**очная**  
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к обязательной части.

Код дисциплины Б1.О.28.

| № варианта | Место дисциплины в учебном плане образовательной программы | Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД   |
|------------|--|---|
| 1          | Блок 1. Дисциплины (модули)<br>Обязательная часть          | Дисциплина Б1.О.28 «Основы теории вычислений» относится к обязательной части ООП направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика». |

## 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**  |                                  |
| ПК-1. Способен решать актуальные задачи прикладной математики и информатики | <i>ПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий для решения актуальных задач прикладной математики и информатики</i> | Знать утверждения дисциплины «Основы теории вычислений»  | Собеседование<br>Тест            |
|   | <i>ПК-1.2. Умеет применять базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий при решении актуальных задач прикладной математики и информатики</i>                    | Уметь решать математические задачи и проблемы, аналогичные ранее изученным:<br>Для заданных языков уметь строить конечный автоматы, МП-автоматы, контекстно-свободные грамматики. Уметь доказывать нерегулярность языков, не принадлежность к классу контекстно-свободных языков. Определять вычислительную сложность задачи. Доказывать ранее изученные математические утверждения; проводить доказательства математических утверждений не аналогичных ранее изученным, но тесно примыкающих к ним; | Задания                          |
|   | <i>ПК-1.3. Имеет практический опыт</i>   | Владеть представлениями (навыками) об автоматах, формальных грамматиках,   | Задачи                           |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  | решения актуальных задач прикладной математики и информатики | машинах Тьюринга, а также теории вычислимости и вычислительной сложности. |  |
|--|--|---|--|

### 3 Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|   |                             |
|---|-----------------------------|
|   | <b>очная форма обучения</b> |
| <b>Общая трудоемкость</b>                 | <b>3 ЗЕТ</b>                |
| <b>Часов по учебному плану</b>            | <b>108</b>                  |
| <b>в том числе</b>                        |                             |
| <b>контактная работа:</b>                 | <b>34</b>                   |
| - занятия лекционного типа                | <b>32</b>                   |
| - текущий контроль (КСР)                  | <b>2</b>                    |
| <b>самостоятельная работа</b>             | <b>38</b>                   |
| <b>Промежуточная аттестация – экзамен</b> | <b>36</b>                   |

#### 3.2.Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины  | Всего (часы) | В том числе   |                           |                            |       | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|--|--------------|---|---------------------------|----------------------------|-------|---|
|  |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них |                           |                            |       |   |
|  |              | Занятия лекционного типа  | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего |   |
| Автоматы и формальные грамматики.<br>Конечные автоматы. Формальные грамматики.<br>Автоматы с магазинной памятью. | 25           | 10  |                           |                            | 10    | 15  |
| Машины Тьюринга<br>Машины Тьюринга. Разрешимость языков.<br>Алгоритмическая неразрешимость.                      | 18           | 10  |                           |                            | 10    | 8   |
| Вычислительная сложность<br>Вычислительная сложность. Класс P, NP. Класс NP-полных языков.                       | 27           | 12  |                           |                            | 12    | 15  |
| Текущий контроль (КСР)   | 2            |   |                           |                            | 2     |   |
| Промежуточная аттестация – экзамен   | 36           |   |                           |                            |       |   |
| Итого  | 108          | 32  |                           |                            | 34    | 38  |

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме опросов на занятиях лекционного типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (экзамен).

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Основы теории вычислений» включает выполнение заданий под контролем преподавателя, решение домашних заданий и подготовку к зачету.

Для самоконтроля у студента имеется возможность изучения материала в дистанционном управляемом курсе (требуется авторизация): <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=1507>

#### Тематика самостоятельной работы

1. Построение КА. Проверка задания.
2. Доказательство нерегулярности языка по Лемме о разрастании. Проверка задания.
3. Построение КСГ. Проверка задания.
4. Доказательство, что язык не является КСЯ по Лемме о разрастании. Проверка задания.
5. Построение МП автомата. Проверка задания.

#### Вопросы для самостоятельной работы

1. КА и регулярные языки.
2. Примеры построения КА.
3. Лемма о разрастании для регулярных языков.
4. Примеры построения КСГ

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

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций  |  |   |  |   |   |   |
|--|--|--|---|--|---|---|---|
|  | плохо  | неудовлетворительно  | удовлетворительно   | хорошо   | очень хорошо  | отлично   | превосходно   |
|  | Не зачтено   |  | зачтено   |  |   |   |   |
| <u>Знания</u>  | Отсутствие знаний теоретического материала.<br><br>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, без ошибок.                      | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.  |
| <u>Умения</u>  | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося                               | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.<br><br>Имели место грубые | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном     | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными | Продemonстрированы все основные умения, Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном |

|               |  |   |   |   |   |   |   |
|---------------|--|---|---|---|---|---|---|
|               | я от ответа  | ошибки.   | все задания, но не в полном объеме.   | задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.                                    | объеме, но некоторые с недочетами.  | недочетами, выполнены все задания в полном объеме.                                | объеме без недочетов  |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.<br><br>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. | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |

### 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      | 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»  |

|         |  |  |
|---------|--|--|
| зачтено |  |  |
|---------|--|--|

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

### 5.2.1. Контрольные вопросы

| Вопросы  | Код формируемой компетенции |
|--|-----------------------------|
| 1. КА и регулярные языки.  | ПК-1                        |
| 2. Примеры построения КА.  | ПК-1                        |
| 3. Замкнутость регулярных языков относительно операций объединения, пересечения и дополнения.                    | ПК-1                        |
| 4. Недетерминированные КА и определяемые ими языки.  | ПК-1                        |
| 5. Теорема о регулярности языков, определяемых недетерминированными КА.  | ПК-1                        |
| 6. Лемма о разрастании для регулярных языков.  | ПК-1                        |
| 7. Примеры доказательства нерегулярности языков.   | ПК-1                        |
| 8. Формальные грамматики и языки, порождаемые грамматиками.  | ПК-1                        |
| 9. Классификация грамматик по Хомскому.  | ПК-1                        |
| 10. Совпадение класса регулярных языков и языков типа 1.   | ПК-1                        |
| 11. Контекстно-свободные грамматики (КСГ) и контекстно-свободные языки (КСЯ).                                    | ПК-1                        |
| 12. Дерево вывода.   | ПК-1                        |
| 13. Примеры построения КСГ.  | ПК-1                        |
| 14. Лемма о разрастании для КСЯ.   | ПК-1                        |
| 15. Примеры языков не являющихся КСЯ.  | ПК-1                        |
| 16. Вопросы замкнутости КСЯ относительно операций объединения, пересечения, дополнения, конкатенации и итерации. | ПК-1                        |
| 17. МП-автоматы и распознаваемые ими языки.  | ПК-1                        |
| 18. Примеры построения МП-автоматов.   | ПК-1                        |
| 19. Вопросы замкнутости КСЯ относительно операций объединения, пересечения и дополнения.                         | ПК-1                        |

### 5.2.2. Типовые задачи текущего контроля успеваемости для оценки сформированности компетенции ПК-1

#### Задача 1.

Построить КА, распознающий заданный язык.

**Задача 2.**

Доказать нерегулярность заданного языка, используя лемму о разрастании.

**Задача 3.**

По КА определить распознаваемый им язык.

**5.2.3. Типовые задания к экзамену для оценки сформированности компетенции ПК-3****Знание модели КА**

Понятия КА. Примеры построения КА.

**Умение доказывать нерегулярность языков**

Доказывать нерегулярность языков через Лемму о разрастании.

**Знание модели КСГ**

Понятия КСГ. Примеры построения КСГ.

**Знание понятие вычислительной сложности**

Понятия вычислительной сложности машины Тьюринга.

Понятия класса сложности языка.

Для заданной машины Тьюринга оценить ее вычислительную сложность.

**Знание понятие вычислительной сложности**

Понятия вычислительной сложности машины Тьюринга.

Понятия класса сложности языка.

**Умение строить оценку вычислительной сложности**

Для заданной машины Тьюринга оценить ее вычислительную сложность.

**Знание понятия NP-полноты**

Понятие класса NP-полных языков.

**Умение доказывать NP-полноту языков**

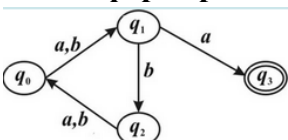
Для заданного языка доказать его NP-полноту, используя одну из 6 основных NP-полных задач.

**5.2.4. Типовые вопросы для проведения собеседования**

|  |      |
|--|------|
| 1. Машины Тьюринга (МТ). Языки распознаваемые и разрешимые по Тьюрингу. Примеры построения МТ. | ПК-1 |
| 2. Код МТ. Утверждение о существовании языков не распознаваемых по Тьюрингу.                   | ПК-1 |
| 3. Неразрешимость языка $L_{MT}$ .   | ПК-1 |
| 4. Необходимое и достаточное условие разрешимости. Нераспознаваемость языка $\bar{L}_{MT}$ .   | ПК-1 |
| 5. Неразрешимость языка $H_{MT}$ .   | ПК-1 |
| 6. Многоленточные МТ. Теорема об эквивалентности многоленточных и одноленточных МТ.            | ПК-1 |
| 7. Недетерминированные МТ. Теорема об эквивалентности  | ПК-1 |

|  |      |
|--|------|
| детерминированных и недетерминированных МТ.  |      |
| 8. Вычислительная сложность. Верхняя асимптотическая оценка. Классы $TIME(t(n))$ , $P$ . Примеры языков класса $P$ . | ПК-1 |
| 9. Теорема о связи вычислительной сложности многоленточных и одноленточных МТ.                                       | ПК-1 |
| 10. Классы $NTIME(t(n))$ , $NP$ . Примеры языков класса $NP$ .   | ПК-1 |
| 11. Теорема о связи вычислительной сложности недетерминированных и детерминированных МТ.                             | ПК-1 |
| 12. Полиномиальная вычислимость. Полиномиальная сводимость.  | ПК-1 |
| 13. Класс $NP$ -полных языков.   | ПК-1 |
| 14. Теорема Кука-Левина. Условие $NP$ -полноты. 6 основных $NP$ -полных задач.                                       | ПК-1 |

### 5.2.5. Типовые тестовые вопросы для оценки сформированности компетенции ПК-1

Задан детерминированный конечный автомат  с входным алфавитом  $A=\{a,b\}$ .

Какие из следующих слов принадлежат языку  $L(K)$ ?

$abab$   
 $aba$   
 $bbbba$   
 $aabab$   
 $ba$

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Коган Д.И., Бабкина Т.С. Основы теории конечных автоматов и регулярных языков. Учебное пособие. Издательство ННГУ. 2002. (30 экз.)
2. Афраимович Л.Г. Основы информатики электронный Электронно-управляемый курс. 253Е.14.08 – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы.

[http://www.unn.ru/books/met\\_files/TAFG.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/TAFG.pdf)

<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=1507>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерный класс, проектор, экран.

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



Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Автор \_\_\_\_\_ профессор Афраимович Л.Г.

Рецензент \_\_\_\_\_ профессор Федосенко Ю.С.

Заведующий кафедрой ИАНИ \_\_\_\_\_ профессор Прилуцкий М.Х.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 1 декабря 2021 года, протокол № 2.