

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 13.09.2022 14:15:34  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8b50e7b46c7ed411f75ff8

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тверской государственный университет»



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

## Теория алгоритмов

Направление подготовки  
01.06.01 — МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

Программа аспирантуры  
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ

для студентов 2 курса аспирантуры  
Форма обучения — очная

Составитель(и):

- д.ф.-м.н. доц. С.М.Дудаков

Тверь — 2017

# I. Аннотация

## 1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом:

Теория алгоритмов

## 2. Цели и задачи дисциплины:

Углубить знания теории рекурсии.

## 3. Место дисциплины в структуре ООП: дисциплина по выбору вариативной части

**Предварительные знания и навыки.** Знание курсов дискретной математики, математической логики, теории сложности.

**Дальнейшее использование.** Полученные знания используются в последующем при написании выпускной квалификационной работы, подготовке к сдаче кандидатского экзамена, в дальнейшей трудовой деятельности выпускника.

## 4. Объем дисциплины: 4 зач. ед., 144 ч., в том числе:

**контактная работа:** лекций 6 ч., практических занятий 6 ч., лабораторных занятий 0 ч.; **самостоятельная работа:** 132 ч.

## 5. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2, способен изучать, совершенствовать и получать новые научные результаты в теории вычислительных процессов и их сложности	<ul style="list-style-type: none"><li>• Знать типы алгоритмической сводимости</li><li>• Уметь применять различные виды алгоритмической сводимости</li><li>• Знать методы классификации алгоритмических проблем, арифметическую и аналитическую иерархию</li><li>• Уметь определять класс неразрешимости проблемы</li><li>• Знать методы переноса методов теории алгоритмов на объекты высших порядком: множества и функции</li></ul>

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Уметь строить рекурсивные операторы и функционалы с использованием различных формализаций</li> </ul>

## 6. Форма промежуточной аттестации:

зачет.

## 7. Язык преподавания:

русский

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

Для студентов очной формы обучения

Учебная программа — наименование разделов и тем	Всего	Лк	Пр	Лб	Сам
Сводимости, полные множества	48	2	2	0	44
Рекурсия в высших типах	48	2	2	0	44
Иерархии алгоритмических проблем	48	2	2	0	44
Итого	144	6	6	0	132

## Учебная программа дисциплины

### 1. Сводимости, полные множества

- Формы сводимости:  $1$ ,  $m$ ,  $tt$  и  $T$ -сводимости
- Иммунные множества, простые множества,  $tt$ -полнота
- Гипериммунные и гиперпростые множества,  $T$ -полнота

### 2. Рекурсия в высших типах

- Рекурсивные операторы и функционалы
- Сводимость перечислением
- Теорема о рекурсии

### 3. Иерархии алгоритмических проблем

- Арифметическая иерархия, определения, связь с арифметикой

- Аналитическая иерархия, элементарный анализ
- Полиномиальная иерархия

### III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Подготовка к изучению курса

### IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-2, способен изучать, совершенствовать и получать новые научные результаты в теории вычислительных процессов и их сложности

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<i>начальный:</i> Знать типы алгоритмической сводимости	Примеры вопросов к зачету <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1-, m- и tt-сводимости, их свойства</li> <li>• Цилиндры</li> <li>• Связь 1-полноты и m-полноты</li> <li>• Иммунные множества и простые множества</li> <li>• Трудные и полные множества</li> <li>• Релятивизированные вычисления</li> <li>• Сводимость по Тьюрингу</li> <li>• Гипериммунные и гиперпростые множества</li> <li>• Т-полнота, теорема Деккера</li> <li>• Проблема Поста, решение Фридберга-Мучника</li> <li>• Максимальные и сжатые множества</li> </ul>	оценка 3 — знает определения различных сводимостей, оценка 4 — кроме того, знает свойства этих сводимостей, оценка 5 — кроме того, знает доказательства указанных утверждений
<i>начальный:</i> Уметь применять различные виды алгоритмической сводимости	Примеры задач для зачета <ul style="list-style-type: none"> <li>• Пусть <math>\Phi</math> — произвольная геделева нумерация одноместных частично рекурсивных функций, а множество <math>A</math> задано следующим образом:  <math display="block">A = \{x \in \omega : \Phi_x \text{ — не линейная}\}.</math>           Доказать, что множество <math>A</math> m-полно.</li> <li>• Доказать, что в любом бесконечном рекурсивном множестве существует нерекурсивное, но рекурсивно перечислимое подмножество.</li> <li>• Доказать, что множество номеров функций с пустой областью определения не рекурсивно перечислимо.</li> </ul>	оценка 3 — умеет использовать какой-либо вид алгоритмической сводимости, оценка 4 — кроме того, умеет использовать различные модели релятивизации, оценка 5 — кроме того, умеет применять различные виды алгоритмической сводимости

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<i>начальный:</i> Знать методы классификации алгоритмических проблем, арифметическую и аналитическую иерархию	Примеры вопросов к зачету <ul style="list-style-type: none"> <li>• Операция скачка</li> <li>• Иерархия по операции скачка</li> <li>• Классы арифметической иерархии</li> <li>• Классы аналитической иерархии</li> <li>• Элементарная арифметика и элементарный анализ</li> <li>• Неарифметичность множества истинных арифметических формул</li> <li>• Неаналитичность множества истинных аналитических формул</li> </ul>	оценка 3 — знает определения классов арифметической и аналитической иерархий, положение в них основных алгоритмических проблем, оценка 4 — кроме того, знает свойства этих иерархий и классов, оценка 5 — кроме того, знает доказательства указанных утверждений
<i>начальный:</i> Уметь определять класс неразрешимости проблемы	Примеры задач для зачета <ul style="list-style-type: none"> <li>• Представить в элементарной арифметике функцию, вычисляющую количество простых делителей числа <math>x</math>.</li> <li>• Записать в элементарном анализе формулу, которая по номеру множества определяет, является ли оно арифметическим.</li> <li>• Доказать, что множество истинных в системе <math>(\mathbb{R}, \mathbb{N}; \times, e^x)</math> формул не является аналитическим.</li> <li>• Определить, в каком классе арифметической иерархии лежит следующее множество (<math>\Phi</math> — геделева нумерация двухместных ч.р.ф.)               <math display="block">B = \{x \in \omega : \mu\Phi_x \text{ является о.р.ф.}\}.</math> </li> <li>• Доказать, что множество номеров конечных рекурсивно перечислимых множеств принадлежит второму уровню арифметической иерархии.</li> </ul>	оценка 3 — умеет грубо определять верхнюю границу неразрешимости с помощью алгоритма Куратовского, оценка 4 — умеет определять верхнюю границу неразрешимости с нетривиальных случаями, оценка 5 — кроме того, умеет находить нижнюю границу неразрешимости
<i>начальный:</i> Знать методы переноса методов теории алгоритмов на объекты высших порядков: множества и функции	Примеры вопросов к зачету <ul style="list-style-type: none"> <li>• Рекурсивные операторы и функционалы</li> <li>• Сводимость перечислением</li> <li>• Теорема о рекурсии</li> </ul>	оценка 3 — знает определения различных формализации рекурсивных действий с объектами высших порядков, оценка 4 — кроме того, знает свойства этих формализаций, оценка 5 — кроме того, знает доказательства указанных утверждений
<i>начальный:</i> Уметь строить рекурсивные операторы и функционалы с использованием различных формализаций	Примеры задач для зачета <ul style="list-style-type: none"> <li>• Определить рекурсивный оператор, который по входному множеству геделевых номеров одноместных ч.р.ф. выдает его подмножество, состоящее из номеров тех функций, которые определены хотя бы в одной точке.</li> <li>• Доказать, что следующий оператор не является рекурсивным: по входному множеству геделевых номеров одноместных ч.р.ф. выдает его подмножество, состоящее из номеров о.р.ф.</li> <li>• Определить рекурсивный оператор, который по графику функции выдает множество ее значений, принимаемых более чем однажды.</li> </ul>	оценка 3 — умеет определять строить простейшие рекурсивные операторы с использованием одной из формализаций, оценка 4 — умеет использовать операторы различной сложности с использованием разных формализаций, оценка 5 — кроме того, умеет устанавливать нерекурсивность

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
		операторов

## V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### Основная литература

- [1] Марченков, С.С. Рекурсивные функции [Электронный ресурс] : . — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2007. — 62 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2260](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2260) — Загл. с экрана (ЭБС ЛАНЬ).
- [2] Верещагин Н.К. Лекции по математической логике и теории алгоритмов. Часть 3. Вычислимые функции [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.К. Верещагин, Шень А. — Электрон. дан. — М. : МЦНМО (Московский центр непрерывного математического образования), 2008. — 190 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=9308](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=9308) — Загл. с экрана (ЭБС ЛАНЬ).
- [3] Тихомирова, А.Н. Практикум по теории алгоритмов: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Н. Тихомирова, Н.В. Сафоненко. — Электрон. дан. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 132 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=584409>. — Загл. с экрана.

### Дополнительная литература

- [4] Герасимов А.С. Курс математической логики и теории вычислимости. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 416 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/50159> — Загл. с экрана.
- [5] Игошин В.И. Теория алгоритмов: Учебное пособие / В.И. Игошин. — М.: ИНФРА-М, 2012. — 318 с.: 60x90 1/16. — (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-005205-2 — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=241722> (ЭБС ИНФРА-М)

## VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- [1] A Problem Course in Mathematical Logic, <http://euclid.trentu.ca/math/sb/pcml/>
- [2] Logic Matters, <http://www.logicmatters.net/tyl/>
- [3] Mathematical Logic and Algorithms Theory, <https://iversity.org/en/courses/mathematical-logics-and-algorithms-theory>

[4] Московский центр непрерывного математического образования,  
<http://www.mccme.ru/>

## **VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

### **Подготовка к изучению курса**

Перед началом изучения дисциплины обучающийся должен повторить следующие разделы и темы:

- Понятие алгоритма и его уточнения. Вычислимость по Тьюрингу, частично рекурсивные функции, рекурсивно перечислимые и рекурсивные множества. Тезис Чёрча. Универсальные вычислимые функции. Существование перечислимого неразрешимого множества. Алгоритмические проблемы. Построение полугруппы с неразрешимой проблемой распознавания равенства. Классы P и NP. Полиномиальная сводимость и NP-полные задачи. Теорема об NP-полноте задачи выполнимости. PSPACE-полные задачи.
- Логика высказываний. Представимость булевых функций формулами логики высказываний. Конъюнктивные и дизъюнктивные нормальные формы. Исчисление высказываний. Полнота и непротиворечивость. Логика предикатов. Приведение формул логики предикатов к предварённой нормальной форме. Исчисление предикатов. Формальная арифметика. Неразрешимость алгоритмической проблемы выводимости для арифметики и логики предикатов.

## **VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Лекции и практические занятия. Самостоятельное изучение материала.

Наименование помещений	Программное обеспечение
Ауд. 201а (компьютерная лаборатория ПМиК) (170002, Тверская обл., г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Перечень программного обеспечения (со свободными лицензиями): Linux OpenSuse Tumbleweed, KDE, TeXLive, Mozilla Firefox, TeXStudio, Qt, QtCreator, Gcc, Python, Eric, LibreOffice, Cervisia, Kdbg, Umbrello, wxMaxima, Blender, digikam, GIMP, Gwenview, hugin, Inkscape, Okular, showFoto, Kmail, Konqueror, Konversation, Kopete, TigerVNC viewer, Amarok, K3b, Kdenlive, VLC media player, Kontact, Korganizer, Yast, Ark, Dolphin, Info Center, Kget, Konsole, Krusader, Midnight commander, OpenJDK, padmin3, Xterm, Emacs, Kate, Kcalc, Kpgp, Kleopatra, Kompare, Sweeper, Perl, Apache, PostgreSQL, MariaDB, SQLite, PHP

## IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

### Для аудиторной работы

Наименование помещений	Материально-техническое оснащение помещений
Ауд. 308 (170002, Тверская обл., г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Ауд. 308 приспособлена для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации и оснащена набором учебной мебели, меловой доской, настенным экраном (экран на треноге Da-lite versatal 213x213)) и проектором Samsung SP D300BX.

### Для самостоятельной работы

Наименование помещений	Материально-техническое оснащение помещений
Ауд. 201а (компьютерная лаборатория ПМиК) (170002, Тверская обл., г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Ауд. 201а (компьютерная лаборатория ПМиК) оснащена персональными ЭВМ (компьютер ПЭВМ «ХОПЕР» IS09001: 1.1/Intel Core i3-540/IntelH55-MLX/Hynix-11.4/DVD RW Sony/Монитор 21,5" АОС TFT/клавиатура/мышь — 10 штук) с доступом к сети Интернет и необходимым программным обеспечением, системным блоком BASE P4 3200MHz 800 512K/1024 Мб DDR400/400Gb, концентратором сетевым DFE-916 DX HUB 16x10/100.

## X. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п/п	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесённых изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1	I. Аннотация (пункт 5)	Перечень компетенций	Протокол № 3 от 26.10.2017 совета факультета ПМиК
2	III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	Скорректирован перечень учебно-методического обеспечения	Протокол № 10 от 25.05.2017 совета факультета ПМиК
3	IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	Переработаны типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенций	Протокол № 3 от 26.10.2017 совета факультета ПМиК



№ п/п	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесённых изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
4	V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы	Внесены новые электронный библиотечные системы	Протокол № 4 от 30.11.2017 совета факультета ПМиК
5	IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	Обновлен перечень необходимого оборудования	Протокол № 5 от 21.12.2017 совета факультета ПМиК