Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

**Институт систем информатики им. А.П. Ершова**

Сибирского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИСИ СО РАН

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

« 2 » сентября 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

 **«Теория вычислений»**

**Направление подготовки:** 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника»

**Специальность:** 05.13.17 «Теоретические основы информатики»

**Уровень образования:** подготовка кадров высшей квалификации

**Квалификация выпускника:** Исследователь. Преподаватель-исследователь

Составители рабочей программы

 Д.ф.-м.н., профессор, \_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Касьянов В.Н.

 (должность, ученое звание, ученая степень) (подпись) (ФИО)

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета Института

«07» июля 2015 г., протокол № 5-2015

Председатель Ученого совета \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_ Марчук А.Г.\_\_

 (подпись) (ФИО)

СОГЛАСОВАНО:

Зам. директора \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_Мурзин Ф.А.\_\_

 (подпись) (ФИО)

Зав. аспирантурой
и докторантурой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_Воронко Н.Ф.\_

 (подпись) (ФИО)

# 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Теории вычислений» является обеспечение уровня знаний в области формальных языков, моделей вычислений и методов анализа сложности алгоритмов и задач, широко используемых во многих областях информатики и дискретной математики, соответствующего квалификационным требованиям.

*(Указываются цели освоения дисциплины)*

# 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура)

Данная дисциплина «Теория вычислений» (Б1.В.ОД.3) относится к группе обязательных дисциплин по специальности 05.13.17.

# 3. Требования к уровню подготовки аспиранта, завершившего изучение данной дисциплины

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

* **знать:** формальные концепции и фундаментальные результаты теории формальных языков, грамматик и автоматов, характеризующие взаимоотношения между различными классами порождающих грамматик и классами задаваемых ими языков, связь между разными классами грамматик и автоматов, алгоритмические проблемы для языков и автоматов
* **уметь:** работать с формализмом теории сетей Петри для описания и анализа параллельной и распределенной обработки информации
* **владеть:** формальными методами, используемыми для задания языков и анализа сложности алгоритмов, языков и задач

Компетенции, формируемые у обучающихся, в соответствии с ООП по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» и профилю (специальности) 05.13.17 «Теоретические основы информатики»:

**Универсальные компетенции:** УК1, УК2, УК3

**Общепрофессиональные компетенции:** ОПК1, ОПК3, ОПК4, ОПК6

**Профессиональные компетенции:** ПК1, ПК3, ПК4

# 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет \_\_2\_\_ зачетных единицы \_\_72\_\_ часов.

|  |  |
| --- | --- |
| **Вид учебной работы** | **Объем часов / зачетных единиц** |
| **Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)** | **24** |
| в том числе: |  |
|  лекции | 20,5 |
|  семинары |  |
|  практические занятия |  |
|  Контроль самостоятельной работы | 3,5 |
| **Самостоятельная работа аспиранта (всего)** | **48** |
| **Вид контроля по дисциплине** | **зачет** |

# 5. Разделы дисциплины и виды занятий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №п/п | Название раздела дисциплины | Объем часов / зачетных единиц |
|  |  | Всего ауд. часов | из них | Самост. работа |
|  |  |  | лекции | семинары | практ. занятия | КСР |  |
| 1 | Цепочки, языки и порождающие грамматики | 3 | 2,5 |  |  | 0,5 | 6 |
| 2 | Регулярные множества и автоматы | 3,5 | 3 |  |  | 0,5 | 7 |
| 3 | КС-языки и автоматы с магазинной памятью | 3,5 | 3 |  |  | 0,5 | 7 |
| 4 | Машины Тьюринга и проблемы разрешимости | 3,5 | 3 |  |  | 0,5 | 7 |
| 5 | Классы P и NP  | 3,5 | 3 |  |  | 0,5 | 7 |
| 6 | Иерархии языков и задач | 3,5 | 3 |  |  | 0,5 | 7 |
| 7 | Сети Петри | 3,5 | 3 |  |  | 0,5 | 7 |

# 6. Содержание дисциплины:

*(Раздел, тема учебного курса, содержание лекции)*

Цепочки, языки, графы и деревья. Порождающие грамматики и распознаватели, классификация Хомского. Теорема о свойствах КЗ-грамматик. Приведение КС-грамматики к виду без е-правил.

Регулярные множества и выражения, конечные автоматы, теорема о детерминизации. Регулярные грамматики, теорема о свойствах регулярных множеств. Теорема о разрастании для регулярных множеств, пример не регулярного множества. Теорема о накачке, нерегулярность языка *L*eq. Теорема о свойстве отношения эквивалентности цепочек относительно автомата. Теорема Майхилла–Нероуда.

Деревья вывода и эквивалентные преобразования КС-грамматик, алгоритмы проверки пустоты КС-языка, удаления недостижимых и бесполезных символов. Однозначность КС-грамматик и языков, приведение КС-грамматики к нормальной форме Хомского. Теорема о разрастании для КС-языков, пример языка, не являющегося КС-языком. Теорема о замкнутости класса КС-языков относительно подстановки. Свойства замкнутости и незамкнутости класса КС-языков относительно объединения, конкатенации, итерации, позитивной итерации, пересечения и дополнения. МП-автоматы, представление языков {0n1n: *n* ≥0} и {*ww*R: *w*∈{0,1}+}. Теорема о свойстве верхнего символа. Связь МП-автоматов с КС-языками. Детерминированные КС-языки и их свойства.

Машины Тьюринга (ТМ) и их связь с порождающими грамматиками. Линейно-ограниченные автоматы и их связь с КЗ-языками. Алгоритмически неразрешимые проблемы, метод сведения, неразрешимость проблем самоприменимости, пустой ленты и проблемы Поста. Неразрешимость проблем распознавания свойств пересечения двух КС-языков и дополнения КС-языка, эквивалентности и включения для двух КС-грамматик, неоднозначности КС-грамматик.

Сложность алгоритмов и задач. Недетерминированные ТМ, теоремы о емкостной и временной сложностях их детерминированного моделирования. Классы *P* и *NP*, полиномиальная сводимость, *NP*-полные и *NP*-трудные языки и задачи, полиномиальное преобразование оптимизационных задач к задачам распознавания свойств. Теорема Кука. *NP*-полнота задач о 3-выполнимости, о клике, о вершинном покрытии, о суммах подмножеств, о трехмерном сочетании и о точном покрытии 3-множествами. Методы доказательства *NP*-полноты. Структура класса *NP*, список задач из *NPC* и кандидаты в *NPI.* Класс co-*NP*.

Многоленточные ТМ и их моделирование. Класс *P-SPACE*, примеры языка, полного для *P-SPACE*, и задачи, требующей экспоненциальной памяти. Иерархия по емкостной сложности для детерминированных TM. Понятие моделирования, теорема об ускорении. Существование сколь угодно сложных задач, теорема Цейтина. Техника следов и нижняя оценка сложности распознавания симметрии. Альтернирующие машины Тьюринга (ATM) и их свойства. Полиномиальная иерархия, ее связь с ATM. Модели вычислений PTM, RTM и CTM, класс #*P*, примеры #*P*-полных задач. Гамма-сводимость и гамма-полнота. RАМ с равномерным и логарифмическим критерием, ее связь с TM. Параллельные RAM, их классификация и свойства. Эффективные и оптимальные алгоритмы. Тезисы инвариантности и параллельного выполнения.

Сети Петри, графы разметок, теорема о дополнительных фишках. Моделирование сетями Петри, представление блок-схем, задачи о взаимном исключении, о производителе/потребителе, об обедающих философах, о читателях/писателях. Основные свойства сетей Петри, проблемы *R*-включения и *R*-эквивалентности. Покрывающее дерево, алгоритм проверки ограниченности сети. Полное покрывающее дерево и разрешимость проблемы ограниченности места в сети. Алгоритмы проверки *t*-тупиковости, безопасности, потенциальной живости, получения местом фишки, неограниченности срабатываний перехода. Проблемы достижимости и живости, сведении проблемы достижимости к проблеме живости. Сведение проблемы живости к проблеме достижимости. Языки сетей Петри, разрешимость проблемы принадлежности.

# 7. Самостоятельная работа аспирантов

Изучение основной и дополнительной литературы по вопросам программы.
*(Приводятся виды самостоятельной работы обучающегося, порядок их выполнения
и контроля, учебно-методическое обеспечение (возможно в виде ссылок) самостоятельной работы по отдельным видам дисциплин)*

# 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Основная и дополнительная литература

а) основная литература:

1. Касьянов В.Н. Лекции по теории формальных языков, автоматов и сложности вычислений. Новосибирск: НГУ, 1995.
2. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. М.: МЦНМО, 2001.
3. Котов В.Е. Сети Петри. М.: Наука, 1984.
4. Пентус А.Е., Пентус М.Р. Теория формальных языков. М.: Изд-во ЦПИ при механико-математическом ф-те МГУ, 2004.
5. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Ведение в теорию автоматов, языков и вычислений. 2-е изд., исправ., М.: Вильямс, 2016.

б) дополнительная литература

1. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов. М.: Мир, 1979.
2. Гэри М.Р., Джонсон Д.С. Вычислительные машины и тpудноpешаемые задачи. М.: Миp, 1982.
3. Касьянов В.Н., Евстигнеев В.А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. СПб: БХВ-Петербург, 2003.
4. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

### 8.2. Перечень вопросов и заданий (аттестации) и/или тем рефератов

1. Цепочки, языки, графы и деревья.
2. Порождающие грамматики и распознаватели, классификация Хомского.
3. Теорема о свойствах КЗ-грамматик. Приведение КС-грамматики к виду без е-правил.
4. Регулярные множества и выражения, конечные автоматы, теорема о детерминизации.
5. Регулярные грамматики, теорема о свойствах регулярных множеств.
6. Теорема о разрастании для регулярных множеств, пример не регулярного множества. Теорема о накачке, нерегулярность языка *L*eq.
7. Теорема о свойстве отношения эквивалентности цепочек относительно автомата. Теорема Майхилла–Нероуда.
8. Деревья вывода и эквивалентные преобразования КС-грамматик, алгоритмы проверки пустоты КС-языка, удаления недостижимых и бесполезных символов.
9. Однозначность КС-грамматик и языков, приведение КС-грамматики к нормальной форме Хомского.
10. Теорема о разрастании для КС-языков, пример языка, не являющегося КС-языком.
11. Теорема о замкнутости класса КС-языков относительно подстановки. Свойства замкнутости и незамкнутости класса КС-языков относительно объединения, конкатенации, итерации, позитивной итерации, пересечения и дополнения.
12. МП-автоматы, представление языков {0n1n: *n* ≥0} и {*ww*R: *w*∈{0,1}+}. Теорема о свойстве верхнего символа.
13. Связь МП-автоматов с КС-языками.
14. Детерминированные КС-языки и их свойства.
15. Машины Тьюринга (ТМ) и их связь с порождающими грамматиками.
16. Линейно-ограниченные автоматы и их связь с КЗ-языками.
17. Алгоритмически неразрешимые проблемы, метод сведения, неразрешимость проблем самоприменимости, пустой ленты и проблемы Поста.
18. Неразрешимость проблем распознавания свойств пересечения двух КС-языков и дополнения КС-языка, эквивалентности и включения для двух КС-грамматик, неоднозначности КС-грамматик.
19. Сложность алгоритмов и задач.
20. Недетерминированные ТМ, теоремы о емкостной и временной сложностях их детерминированного моделирования.
21. Классы *P* и *NP*, полиномиальная сводимость, *NP*-полные и *NP*-трудные языки и задачи, полиномиальное преобразование оптимизационных задач к задачам распознавания свойств. Теорема Кука.
22. *NP*-полнота задач о 3-выполнимости, о клике, о вершинном покрытии, о суммах подмножеств, о трехмерном сочетании и о точном покрытии 3-множествами. Методы доказательства *NP*-полноты.
23. Структура класса *NP*, список задач из *NPC* и кандидаты в *NPI.* Класс co-*NP*.
24. Многоленточные ТМ и их моделирование. Класс *P-SPACE*, примеры языка, полного для *P-SPACE*, и задачи, требующей экспоненциальной памяти.
25. Иерархия по емкостной сложности для детерминированных TM. Понятие моделирования, теорема об ускорении.
26. Существование сколь угодно сложных задач, теорема Цейтина.
27. Техника следов и нижняя оценка сложности распознавания симметрии.
28. Альтернирующие машины Тьюринга (ATM) и их свойства. Полиномиальная иерархия, ее связь с ATM.
29. Модели вычислений PTM, RTM и CTM, класс #*P*, примеры #*P*-полных задач. Гамма-сводимость и гамма-полнота.
30. RАМ с равномерным и логарифмическим критерием, ее связь с TM.
31. Параллельные RAM, их классификация и свойства. Эффективные и оптимальные алгоритмы. Тезисы инвариантности и параллельного выполнения.
32. Сети Петри, графы разметок, теорема о дополнительных фишках. Моделирование сетями Петри, представление блок-схем, задачи о взаимном исключении, о производителе/потребителе, об обедающих философах, о читателях/писателях.
33. Основные свойства сетей Петри, проблемы *R*-включения и *R*-эквивалентности. Покрывающее дерево, алгоритм проверки ограниченности сети.
34. Полное покрывающее дерево и разрешимость проблемы ограниченности места в сети. Алгоритмы проверки *t*-тупиковости, безопасности, потенциальной живости, получения местом фишки, неограниченности срабатываний перехода.
35. Проблемы достижимости и живости, сведении проблемы достижимости к проблеме живости. Сведение проблемы живости к проблеме достижимости.
36. Языки сетей Петри, разрешимость проблемы принадлежности.

# 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для лекций используется класс, оснащённый мультимедийным проектором и имеющий в составе программное обеспечение MS Office и Acrobat Reader. Литература из основного и вспомогательного списков доступна в электронно-библиотечной системе ИСИ СО РАН и в Мемориальной библиотека А.П. Ершова (каб. 265).

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(*Указывается материально-техническое обеспечение данной дисциплины*)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ**

за \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_ учебный год

В рабочую программу Математические основы программирования

(наименование дисциплины)

Для специальности (тей) 05.13.17

(номер специальности)

Вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес

(должность, ФИО, подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института

Председатель Ученого совета \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 (подпись) (ФИО)