

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЦТМ и Э

**Методические указания к самостоятельной работе**

по дисциплине Б1.О.09.04 Теория вычислительных процессов

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Мурманск  
2021 г.

Составитель:

Баженова К.А., доцент кафедры ЦТМ и Э

Методические указания по освоению дисциплины рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика

ЦТМиЭ пр.№12 от 21.06.2021  
название кафедры

---

**Оглавление**

Введение	Стр. 4
Тематический план	Стр. 5
Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины	Стр. 6
Тема1. Введение в теорию асинхронных процессов.	Стр. 6
Тема2. Сети Петри.	Стр. 8
Тема3. Протоколы и интерфейсы.	Стр. 10
Тема4. Проблемы тупиков и методы борьбы с ними.	Стр. 10
Тема5. Схемы программ.	Стр. 11
Тема6. Методы формальной спецификации и верификации программ.	Стр. 11
Контрольные вопросы к итоговой аттестации по дисциплине	Стр. 13
Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины «Теория вычислительных процессов»	Стр. 14

## ВВЕДЕНИЕ

Целью дисциплины «Теория вычислительных процессов» является формирование компетенций в соответствии с ФГОС по направлению подготовки бакалавра и учебным планом для направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, что предполагает освоение студентами принципов формализации и анализа вычислительных процессов.

**Задача** дисциплины состоит в том, чтобы дать необходимые знания по основам теории вычислительных процессов, позволяющие успешно изучать специальные дисциплины учебного плана подготовки, связанные с современными информационными и сетевыми технологиями.

Самостоятельной работе по изучению математики в вузе отводится значительная доля учебного времени. В качестве самостоятельной работы в течение всего курса обучения предусматривается:

- 1) изучение теоретического материала при подготовке к занятиям;
- 2) выполнение домашних заданий по всем темам практических занятий;
- 3) выполнение расчетно-графических и контрольных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины;
- 4) закрепление теоретического материала при подготовке к сессии.

Данные методические указания предназначены для помощи студентам в процессе их самостоятельной работы по изучению части курса математики. Эти указания должны дать студентам представление о структуре предлагаемого к изучению курса, а также о содержании материала, объеме часов, выделяемых на самостоятельную работу. По каждой теме студентам предлагаются методические указания, требования, предъявляемые к нему, после изучения данной темы, список рекомендуемой учебной литературы и вопросы для самопроверки.

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной работы по формам обучения	
	Очная	Заочная
	СР	СР
<b>1. Введение в теорию асинхронных процессов.</b> Концепция процесса. Модели вычислительных процессов. Асинхронные процессы. Метамодел, порождающие асинхронные процессы. Основные определения и свойства. Понятие алгебры над процессами. Методы структурирования множества состояний. Репозиция и редукция асинхронных процессов. Последовательная и параллельная композиция.	16	
<b>2. Сети Петри.</b> Принципы построения, алгоритмы поведения, способы реализации, области применения. Предметная интерпретация метамодел. Свойства сетей Петри. Ограниченность и безопасность. Живость и устойчивость. Граф разметок и дерево достижимости, матричные уравнения.	16	
<b>3. Протоколы и интерфейсы.</b> Согласование асинхронных процессов и организация интерфейсов. Протокол согласования. Согласующий асинхронный процесс.	16	
<b>4. Проблемы тупиков и методы борьбы с ними.</b> Понятие тупика. Модель Холта. Методы борьбы с тупиками. Задача об обедающих мудрецах.	14	
<b>5. Схемы программ.</b> Основы теоретического программирования. Стандартные схемы программ.	12	
<b>6. Методы формальной спецификации и верификации программ.</b> Основные принципы верификации программ. Доказательство правильности программ. Метод индуктивных утверждений.	14	
Итого:	88	

## СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Тема 1. Введение в теорию асинхронных процессов.**

#### **Содержание темы:**

Концепция процесса. Модели вычислительных процессов. Асинхронные процессы. Мета-модели, порождающие асинхронные процессы. Основные определения и свойства. Методы структурирования множества состояний. Репозиция и редукция асинхронных процессов. Последовательная и параллельная композиция.

#### **Цели и задачи изучения темы дисциплины**

Цели изучения темы дисциплины:

- Определения роли моделирования в процессе совершенствования реальных вычислительных процессов.
- Изучение способов выполнения унарных и бинарных операций над процессами.

Задачи изучения темы дисциплины:

- Раскрыть ключевые понятия теории моделирования вычислительных процессов.
- Дать представление о способах описания и интерпретации моделей вычислительных процессов.
- Рассмотреть о приемы проведения анализа свойств реальных процессов на основе анализа их моделей.

#### **Требования к уровню освоения содержания темы дисциплины**

Изучив данную тему, студент должен:

##### **знать:**

- основные принципы моделирования вычислительных процессов;
- определение метамодели «асинхронный процесс»;
- алгебру над асинхронными процессами;

##### **уметь:**

- построить модель “асинхронный процесс” и проанализировать его свойства выполнить репозицию и редукцию асинхронного процесса
- построить последовательную композицию двух асинхронных процессов

#### **Порядок и методические указания по изучению темы**

Для изучения темы выделяется 8 часов для самостоятельной работы.

При изучении темы 1 необходимо. выполнить следующие задания.

**Задание 1:** построить модель “асинхронный процесс” и проанализировать его свойства.

#### **Этапы выполнения.**

1. Выбрать вычислительный процесс для моделирования .
2. Выделить компоненты процесса и описать ситуации.
3. Построить модель «асинхронный процесс» в соответствии с определением.
4. Построить траектории процесса.
5. Сделать вывод об эффективности процесса.
6. Сделать вывод об управляемости процесса.

7. Указать является ли процесс простым.

*Задание 2:* выполнить репозицию и редукцию асинхронного процесса.

*Этапы выполнения.*

1. Определить, если это необходимо, дополнительные ситуации к выбранному процессу.
2. Построить репозицию асинхронного процесса.
3. Определить, является ли построенная репозиция полной или частной.
4. Построить, если это возможно, автономный процесс.
5. Определить семантику подпроцесса, который можно выделить из основного процесса.
6. Определить набор компонент для выполнения редукции.
7. Построить редукцию по выбранным компонентам.

*Задание 3:* построить последовательную композицию двух асинхронных процессов.

*Этапы выполнения.*

1. Подобрать новый процесс, семантически связанный с основным асинхронным процессом.
2. Определить набор семантически эквивалентных компонент в двух асинхронных процессах.
3. Построить редукции каждого из процессов по множеству совпавших компонент.
4. Построить последовательную композицию двух асинхронных процессов, обратив особое внимание на формирование отношения непосредственного следования ситуаций в результирующем процессе.

***Для самооценки темы 1 необходимо дать определения следующим основным понятиям и терминам:***

1. Основные свойства процессов, действующих в дискретных системах.
2. Определение метамодели “асинхронный процесс”.
3. Понятие эффективного асинхронного процесса.
4. Понятие управляемого асинхронного процесса.
5. Понятие простого асинхронного процесса.
6. Структурирование множества ситуаций с помощью выделения предикатных компонент.
7. Структурирование множества ситуаций с помощью выделения входных и выходных компонент.
8. Правила построения репозиции. Полная и частичная репозиция.
9. Понятие приведенного и автономного процесса.
10. Правила построения редукции по входным и выходным компонентам.
11. Понятие репозиции редукции по входным и выходным компонентам.
12. Правила построения последовательной композиции.
13. Правила построения параллельной композиции.
14. Понятие замыкания асинхронного процесса.

## Тема 2. Сети Петри.

### Содержание темы:

Сети Петри: принципы построения, алгоритмы поведения, способы реализации, области применения. Предметная интерпретация метамодели. Ограниченность и безопасность. Живость и устойчивость. Граф разметок и дерево достижимости, матричные уравнения.

### Цели и задачи изучения темы

Цели изучения темы:

- Изучение принципов построения и интерпретации сетей Петри.

Задачи изучения темы:

- Рассмотреть о приеме проведения анализа свойств реальных процессов на основе анализа их моделей.

### Требования к уровню освоения содержания темы

Изучив данную тему, студент должен:

**знать:**

- принципы построения модели - сеть Петри;
- алгоритмы поведения и способы реализации сети Петри;
- области применения сети Петри;

**уметь:**

- построить аналитическое описание сети Петри по имеющемуся графическому представлению
- для заданной сети Петри проанализировать свойства ее основных элементов: условий и событий.

### Порядок и методические указания по изучению темы

Для изучения темы выделяется 8 часов для самостоятельной работы.

При изучении темы 2 необходимо выполнить следующие задания.

**Задание 1:** построить аналитическое описание сети Петри по имеющемуся графическому представлению.

**Этапы выполнения.**

1. По заданному графическому представлению определить множество условий и множество переходов сети Петри (рис.1).
2. Проанализировать отношение инцидентности в сети Петри и, с учетом функции кратности дуг, описать функции инцидентности, имеющие ненулевые значения, для каждой пары (условие, переход) и (переход, условие).
3. Зафиксировать начальную разметку сети.
4. Построить интерпретацию метамодели «асинхронный процесс» с помощью элементов сети Петри.

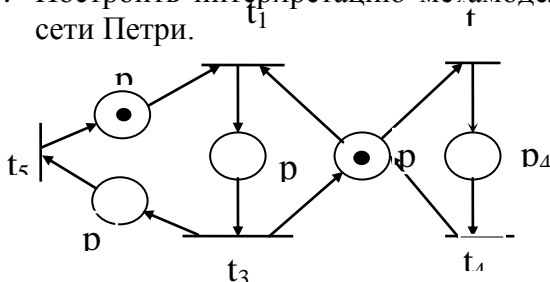


Рис.1. Сеть Петри для заданий 1 и 2



**Задание 2:** для заданной сети Петри проанализировать свойства ее основных элементов: условий и событий.

*Этапы выполнения.*

1. По заданному графическому представлению сети Петри (рис.1) построить граф достижимых разметок.
2. На основе анализа графа разметок выявить предположительно неограниченные места (условия) сети Петри.
3. Построить дерево достижимости сети Петри.
4. На основе анализа дерева достижимости сделать вывод о том, какие из мест (условий) данной сети неограниченны.
5. Построить полное дерево достижимости и сделать вывод о вторичной неограниченности мест (условий) сети Петри.
6. На основе предыдущего анализа сделать вывод о безопасности отдельных мест (условий) и сети в целом.
7. На основе полного дерева достижимости провести анализ переходов сети Петри и сделать вывод об их живости и устойчивости.

**Для самооценки темы 2 необходимо дать определения следующим основным понятиям и терминам:**

1. Формальное определение модели – сеть Петри.
2. Правила маркировки сети.
3. Правила срабатывания переходов сети Петри.
4. Правила построения графа разметок (достижимости) сети Петри.
5. Правила построения дерева достижимости сети Петри.
6. Интерпретация сети Петри как асинхронного процесса.
7. Определение и интерпретация ограниченности мест сети Петри.
8. Определение безопасности мест сети Петри.
9. Понятия ограниченной и безопасной сети Петри.
10. Понятие консервативной сети Петри.
11. Определение потенциально живых и потенциально мертвых переходов сети Петри.
12. Понятие живости сети Петри.
13. Определение устойчивости переходов сети Петри.
14. Понятие конфликтной разметки сети Петри.
15. Понятие устойчивой сети Петри.

**Тема 3. Протоколы и интерфейсы.****Тема 4. Проблемы тупиков и методы борьбы с ними****Содержание темы:**

Согласование асинхронных процессов и организация интерфейсов. Протокол согласования. Согласующий асинхронный процесс. Механизмы взаимодействия процессов. Решение проблемы взаимного исключения. Понятие тупика. Модель Холта. Методы борьбы с тупиками. Задача об обедающих мудрецах.

**Цели и задачи изучения тем 3 и 4 дисциплины**

Цели изучения тем:

- Формирование представления о видах взаимодействий параллельных вычислительных процессов и способах решения критических ситуаций.
- Изучение основных моделей используемых для анализа взаимодействий параллельных вычислительных процессов.

Задачи изучения тем:

- Получить знания о протоколах и интерфейсах взаимодействия объектов вычислительных процессов.
- Освоить основные подходы к анализу критических ситуаций в вычислительных процессах.

**Требования к уровню освоения содержания тем**

Изучив данные темы студент должен:

**знать:**

- методы управления процессами,
- протоколы взаимодействия объектов вычислительных процессов;
- классические подходы и алгоритмы анализа взаимодействий параллельных вычислительных процессов;
- понятие тупика и методы борьбы с тупиковыми ситуациями;

**уметь:**

- классифицировать параллельные процессы по видам взаимодействия;
- проводить анализ взаимодействий параллельных вычислительных процессов с целью обнаружения и предотвращения критических и тупиковых ситуаций.

**Для самооценки тем 3 и 4 необходимо дать определения следующим основным понятиям и терминам:**

1. Независимые и взаимодействующие вычислительные процессы.
2. Сотрудничающие и конкурирующие вычислительные процессы.
3. Проблема взаимного исключения при взаимодействии конкурирующих вычислительных процессов.
4. Блокировка памяти как способ решения проблемы взаимного исключения.
5. Операция TS как способ решения проблемы взаимного исключения.
6. Семафорные примитивы Дейкстры как способ решения проблемы взаимного исключения.
7. Понятие тупиковой ситуации при выполнении параллельных вычислительных процессов.
8. Методы борьбы с тупиками: предотвращение тупиков, обход тупиков, обнаружение тупика с последующим выходом из него.
9. Описание тупиковых ситуаций с помощью сетей Петри.
10. Задача об обедающих философах.

### **Тема 5. Схемы программ.**

### **Тема 6. Методы формальной спецификации и верификации программ.**

#### **Содержание тем:**

Основы теоретического программирования. Стандартные схемы программ. Основные принципы верификации программ. Доказательство правильности программ. Метод индуктивных утверждений.

#### **Цели и задачи изучения тем 5 и 6 дисциплины**

Цели изучения тем:

- формирование представления о теоретическом программировании;
- изучение моделей, предназначенных для изучения наиболее общих свойств программ;
- изучение способов математического доказательства корректности программ.

Задачи изучения тем:

- получить практические навыки построения моделей, специально ориентированных на исследование свойств программ;
- получить практические навыки формального доказательства корректности программ.

#### **Требования к уровню освоения содержания тем**

Изучив данные темы, студент должен

##### **знать:**

- понятие схемы программы, стандартной схемы программы;
- способы описания моделей программ;
- методы доказательства правильности программ;

##### **уметь:**

- строить стандартные схемы программ;
- использовать метод математической индукции для доказательства правильности программ;
- использовать метод индуктивных утверждений для доказательства правильности программ.

#### **Порядок и методические указания по изучению тем**

**Задание 1:** построить стандартную схему программы.

**Этапы выполнения.**

1. Для заданной формулировки задачи записать текст программы на каком-либо языке программирования:

Задача: записать последовательность операторов для решения следующей задачи:

$$u = \max(x, y, z) - \min(x, y, z)$$

2. Построить стандартную схему программы.
3. Построить графическое представление схемы программы.
4. Сделать вывод о наиболее общих свойствах программ, соответствующих полученной схеме.

**Задание 2:** провести доказательство корректности программ, представленной блок-схемой, с помощью метода индуктивных утверждений.

*Этапы выполнения.*

1. Для заданной формулировки задачи построить блок-схему ее программного решения. Задача: не используя стандартные функции (за исключением  $\text{abs}$ ), вычислить с точностью  $\text{eps} > 0$   

$$y = \sin x = x - x^3/3! + x^5/5! - \dots + (-1)^{n-1} x^{2n-1}/(2n-1)! + \dots;$$
 Считать, что требуемая точность достигнута, если очередное слагаемое по модулю меньше  $\text{eps}$ , все последующие слагаемые можно уже не учитывать.
2. Сформулировать утверждение о данных и утверждение о правильности данной блок-схемы.
3. Расставить на блок-схеме контрольные точки.
4. Провести трассировку полученной блок-схемы на конкретных тестовых данных.
5. Провести трассировку блок-схемы на символьных данных.
6. Сформулировать и связать с каждой контрольной точкой соответствующее ей утверждение.
7. Используя метод индуктивных утверждений провести доказательство правильности программы, представленной данной блок-схемой.

***Для самооценки тем 5 и 6 необходимо дать определения следующим основным понятиям и терминам:***

1. Определение схемы программы как формальной модели изучения основных свойств программ.
2. Правила создания схемы программы.
3. Понятие правильной программы: утверждения о правильной и частично правильной программе.
4. Доказательство правильности программы методом математической индукции.
5. Понятие инварианты цикла.
6. Метод индуктивных утверждений для доказательства правильности программы.
7. Теорема о частичной правильности программ.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Вычислительный процесс. Основные свойства.
2. Асинхронный процесс. Основные понятия и определения.
3. Основные классы асинхронных процессов.
4. Способы структурирования ситуаций асинхронного процесса.
5. Репозиция асинхронного процесса.
6. Редукция асинхронного процесса.
7. Последовательная композиция асинхронных процессов.
8. Параллельная композиция асинхронных процессов.
9. Сети Петри. Основные определения.
10. Граф достижимости и покрывающее дерево сети Петри.
11. Ограниченность и безопасность мест в сети Петри.
12. Живость и устойчивость переходов в сети Петри.
13. Понятия интерфейса и протокола информационного обмена. Согласованные асинхронные процессы.
14. Протокол согласования. Согласующий асинхронных процесс.
15. Взаимодействие процессов. Классификация взаимодействий. Понятие критического интервала.
16. Средства решения проблемы взаимного исключения. Блокировка памяти.
17. Средства решения проблемы взаимного исключения. Операция «проверка и установка».
18. Средства решения проблемы взаимного исключения. Семафорные операции.
19. Проблема тупиков. Виды ресурсов и модели описания.
20. Методы борьбы с тупиками. Предотвращение тупиков.
21. Методы борьбы с тупиками. Обход тупиков.
22. Методы борьбы с тупиками. Распознавание тупика с последующим восстановлением.
23. Задача об обедающих философах и ее представление с помощью сети Петри.
24. Теоретическое программирование. Определение класса программ. Понятие схемы программ.
25. Теоретическое программирование. Понятие стандартной схемы программ.
26. Методы формальной спецификации и верификации программ. Пример.
27. Метод индуктивных утверждений. Теорема.

**ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ»**

**Основная литература**

**Лазарева, И. М.** Теория вычислительных процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / И. М. Лазарева; Федер. агентство по рыболовству, ФГБОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1.4 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2013. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог 2013 г.

**Дополнительная литература**

**Егоров Д.П.** Теория вычислительных процессов и структур: учебное пособие/ Егоров Д.П. – Казань: Издательство КНИТУ, 2018. – 92 с. – ISBN 978-5-7882-2378-0 – Текст : электронный // ЭБС «Консультант студента» : [сайт]. URL : <http://www.studentlibrary.ru/books/> ISBN 9785788223780.html