

Санкт-Петербургский филиал федерального государственного  
автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
"Высшая школа экономики"»

Факультет Санкт-Петербургская школа  
физико-математических и компьютерных наук  
Департамент информатики

**Рабочая программа дисциплины**  
Теория алгоритмов

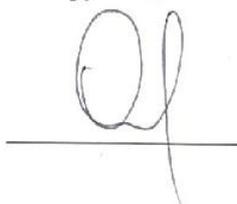
для образовательной программы «Прикладная математика и информатика»  
направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»  
уровень бакалавриат

Разработчик: Близнец Иван Анатольевич, [ibliznecz@hse.ru](mailto:ibliznecz@hse.ru)

Утверждена Академическим руководителем образовательной программы

«31» августа 2018 г.

А.В. Омельченко



Санкт-Петербург, 2018

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и  
другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы.*

## 1. Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину «Теория алгоритмов», учебных ассистентов и студентов направления 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» подготовки бакалавра, обучающихся по бакалаврской программе «Прикладная математика и информатика» и изучающих дисциплину «Теория алгоритмов».

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом НИУ ВШЭ по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (уровень бакалавриата), утвержденным ученым советом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», протокол от 03.03.2017 №02.
- Основной профессиональной образовательной программой «Прикладная математика и информатика» направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»;
- Объединенным учебным планом университета по образовательной программе «Прикладная математика и информатика», утвержденным в 2018 г.

## 2. Цели освоения дисциплины

Целью данной дисциплины является освоение студентами основ теории сложности и различных типов алгоритмов, таких как вероятностные и параметризованные.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

### **знать:**

- основные классы языков в теории сложности;
- основные примеры вероятностных алгоритмов;
- некоторые примеры параметризованных алгоритмов;
- связи между различными классами языков.

### **уметь:**

- применять неравенство Чернова;
- строить вероятностные алгоритмы;
- доказывать PSPACE-полноту различных задач;
- доказывать NP-полноту различных задач;
- доказывать NL-полноту различных задач.

### **владеть:**

- основными методами и инструментами теории сложности;
- основами техниками построения вероятностных алгоритмов.

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ОС НИУ ВШЭ	Уровень формирования компетенции	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции	Форма контроля уровня сформированности и компетенции
Способен решать проблемы в профессиональной деятельности на основе анализа и синтеза	УК-3	РБ  СД  МЦ	Выявляет достоверные источники информации. Обработывает, анализирует и синтезирует информацию. Решает проблему, используя выбранный метод теории сложности.	Лекции, подготовка к практическим занятиям, работа на практических занятиях, самостоятельная работа	Домашние задания, контрольная работа, письменный экзамен
Способен осуществлять производственную или прикладную деятельность в международной среде	УК-10	РБ  СД  МЦ	Знает основные современные алгоритмы, актуальные оценки их оптимальности. Умеет анализировать существующие материалы и ресурсы, в том числе англоязычные, для выбора оптимального алгоритма и фреймворка для решения практических задач. Решает проблемы, используя современные алгоритмы и фреймворки.	Лекции, подготовка к практическим занятиям, работа на практических занятиях, самостоятельная работа	Домашние задания, контрольная работа, письменный экзамен
Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1	РБ  СД  МЦ	Знает основные классы теории сложности, связи между различными классами языков. Доказывает полноту различных задач. Владеет основными навыками и инструментами теории сложности.	Лекции, подготовка к практическим занятиям, работа на практических занятиях, самостоятельная работа	Домашние задания, контрольная работа, письменный экзамен
Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3	РБ  СД  МЦ	Знает основные этапы в написании основных алгоритмов и структур данных. Проводит полный цикл разработки алгоритмов и структур данных. Интерпретирует чужой код, реорганизовывает чужой программный код для достижения необходимых целей.	Лекции, подготовка к практическим занятиям, работа на практических занятиях, самостоятельная работа	Домашние задания, контрольная работа, письменный экзамен

Способен вести письменную и устную коммуникацию на русском и иностранном языках в рамках профессионального и научного общения	ОПК-5	РБ  СД  МЦ	Знает актуальные достижения теории алгоритмов. Умеет представлять результаты анализа имеющейся задачи и обосновывать выбор оптимального алгоритма, в том числе на английской языке. Владеет навыками переписки на английском языке для обсуждения и анализа актуальных оценок теории алгоритмов.	Лекции, подготовка к практическим занятиям, работа на практических занятиях, самостоятельная работа	Домашние задания, контрольная работа, письменный экзамен
Способен разрабатывать и реализовывать в виде программного модуля алгоритм решения поставленной теоретической или прикладной задачи на основе математической модели	ПК-2	РБ  СД  МЦ	Знает основные вероятностные и параметризованные алгоритмы. Использует алгоритмы при решении прикладных задач. Разрабатывает собственные библиотеки, необходимые для решения различных прикладных задач.	Лекции, подготовка к практическим занятиям, работа на практических занятиях, самостоятельная работа	Домашние задания, контрольная работа, письменный экзамен
Способен анализировать, писать и редактировать академические и технические тексты на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной и научной деятельности в области математики и компьютерных наук	ПК-4	РБ  СД  МЦ	Знает требования к оформлению научных материалов согласно требованиям ВАК. Пользуется системами полнотекстового поиска в журналах и различными электронными каталогами научных ресурсов. Использует современные программные пакеты для оформления научных публикаций.	Лекции, подготовка к практическим занятиям, работа на практических занятиях, индивидуальная самостоятельная работа	Домашние задания, контрольная работа, письменный экзамен

#### 4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Для образовательной программы «Прикладная математика и информатика» направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» настоящая дисциплина относится к базовой профильной части блока дисциплин.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, полученные в ходе изучения дисциплин:

– Алгоритмы и структуры данных;

Основные положения данной дисциплины используются для освоения следующих дисциплин:

- Теория алгоритмов.

#### 5. Тематический план учебной дисциплины

Курс рассчитан на 48 часов аудиторной нагрузки, из них 24 часа лекций и 24 часа практических занятий, общим объемом 3 зачетных единицы (114 часов).

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	
1.	Машина Тьюринга. Иерархия по времени. Теорема Ладнера. Сложность по памяти.	38	8	0	8	22
2.	Класс NL. NL-полный язык. Определение класса NL помощью сертификата. NL=coNL. Полиномиальная иерархия.	38	8	0	8	22
3.	Вероятностные алгоритмы. Оценки Чернова. Схемы. Теорема Вэлианта-Вазирани.	38	8	0	8	22
Итого		114	24	0	24	66

## 6. Содержание дисциплины

<u>Раздел 1</u> Машина Тьюринга. Иерархия по времени. Теорема Ладнера. Сложность по памяти.	
Тема 1	<b>Машина Тьюринга.</b> Машина Тьюринга. Универсальная машина Тьюринга. Класс P. Класс NP. NP-полнота SAT
Тема 2	<b>Иерархия по времени. Теорема Ладнера.</b> Иерархия по времени. Теорема Ладнера. Машины Тьюринга с оракулом. Релятивизация.
Тема 3	<b>Сложность по памяти.</b> Сложность по памяти. TQBF является PSPACE-полным языком. Теорема Савича. Задача обобщенной географии является PSPACE-полной. Связь классов DTIME и DSPACE.
<u>Раздел 2</u> Класс NL. NL-полный язык. Определение класса NL помощью сертификата. NL=coNL. Полиномиальная иерархия.	
Тема 1	<b>Класс NL. Класс L.</b> Класс NL. NL-полный язык. Определение класса NL помощью сертификата. Класс coNL. Доказательство равенства классов NL и coNL.

Тема 2	<p><b>Полиномиальная иерархия.</b>  Полиномиальная иерархия.  Классы <math>\Sigma^p_i</math>  Классы <math>\Pi^p_i</math>  Класс PН  Вложенность классы PН в PSPACE.  Условное отсутствие PН полной задачи.  Схлопывание полиномиальной иерархии при P=NP.</p>
<b>Раздел 3</b>	
Вероятностные алгоритмы. Оценки Чернова. Схемы. Теорема Вэлианта-Вазирани.	
Тема 1	<p><b>Вероятностные алгоритмы.</b>  Класс RP.  Класс BPP.  Класс ZPP.  Вероятностный <math>O^*(4^k)</math> алгоритм для наибольшего леса.  Теорема Адлемана об избыточности случайных бит в схемах.  Уменьшение ошибки в RP алгоритме (попарно независимые множества).  Задача о стабильном паросочетании</p>
Тема 2	<p><b>Оценки Чернова</b>  Оценки Чернова  Вероятностный приближенный алгоритм для задачи о прокладке проводов.  Путь с логарифмической памятью</p>
Тема 3	<p><b>Схемы. Теорема Вэлианта-Вазирани.</b>  Определение схем.  Класс P/poly.  Машины тьюринга с советом.  Вложенность класса BPP в класс P/poly.  Вложенность класса BPP в <math>\Sigma^p_2</math>.  Теорема Вэлианта-Вазирани.</p>

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	2 курс	Параметры
		4 модуль	
Текущий Промежуточный	Домашнее задание №1	*	Письменное домашнее задание
	Домашнее задание №2	*	Письменное домашнее задание
	Контрольная работа	*	Контрольная работа в письменной форме
Итоговый	Письменный экзамен	*	Экзамен в письменной форме

### 7.2. Критерии и шкалы оценки, примеры заданий

### 7.2.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств.

#### ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ №1

Домашнее задание №1 выдается студентам в одном варианте и состоит из 7 задач. Срок выполнения домашнего задания - 2 недели. Форма представления обучающимися домашнего задания - представленные в письменном виде решения задач.

#### Пример домашнего задания №1:

1. Предположим  $L_1, L_2 \in NP$ , что вы можете сказать про языки  $L_1 \cup L_2, L_1 \cap L_2$  относительно их принадлежности NP.
2. Покажите, что язык PRIMES, состоящий из бинарных строк задающих простые числа, принадлежит классу NP. Заметим, что  $p$  -- простое ТИТТ когда для любого простого делителя числа  $p - 1$  существует  $a \in \{2, \dots, p - 1\}$  удовлетворяющее тому, что  $a^{p-1} = 1 \pmod p$ , но  $a^{\frac{p-1}{q}} \neq 1 \pmod p$ .
3. Вам сообщили, что ответ в Вашем экземпляре задачи вершинного покрытия или меньше  $k$ , или больше  $3k$ . Покажите, что Вы можете различить два этих случая за полиномиальное время. Почему отсюда не следует  $P=NP$ ?
4. Докажите, что существует язык, который распознается машиной Тьюринга, работающей  $O(n^3)$ . При этом для любой машины Тьюринга работающей  $O(n^2)$  существует длина входа, такая, что на входах этой длины данная машина выдает правильный ответ ровно в половине случаев.
5. Докажите, что если все унарные языки из NP лежат в P, то  $EXP = NEXP$ . Унарный язык --- это язык состоящий из строк вида  $111 \dots 1$ , то есть строки используют только один символ (единицу) для записи. Пример унарного языка --- строки четной длины состоящие только из единиц.
6. Покажите, что язык состоящий из правильных скобочных последовательностей лежит в L.
7. В игре о счастливом коте дан граф и двое играют на нем. У одного игрока есть фишка кот, а у второго фишка мышь. Мышь выигрывает если сможет добежать до норки (выделенная вершина в графе) быстрее, чем ее схватит кот. За ход мышка и кот перебираются на соседнюю клетку. Покажите, что задача о счастливом коте решается за полином.

#### Критерии оценивания и шкала оценки домашнего задания №1

Оценка	Критерии выставления оценки
«Отлично» (8-10)	Решено 6 и более задач
«Хорошо» (6-7)	Количество решенных задач: 4 или 5
«Удовлетворительно» (4-5)	Количество решенных задач: 2 или 3

«Неудовлетворительно» (0-3)	Количество решенных задач: 0 или 1
--------------------------------	------------------------------------

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ №2

Домашнее задание №2 выдается студентам в одном варианте и состоит из 8 задач. Срок выполнения домашнего задания - 2 недели. Форма представления обучающимися домашнего задания - представленные в письменном виде решения задач.

### Пример домашнего задания №2:

1. Покажите, что NL замкнут относительно операций объединения, дополнения и \*.
2. Покажите, что  $NP \subseteq PP \subseteq PSPACE$ .
3. BPL --- это класс языков, для которых существует вероятностная машина Тьюринга  $M$ , которая использует логарифмическую память, останавливается при всех последовательностях случайных битов и для всех  $x$

выполняется, что  $\Pr[M(x) = L(x)] \geq \frac{2}{3}$ . Покажите, что  $BPL \subseteq P$ .

Покажите, что если  $NP \subseteq BPP$ , то  $NP = RP$ .

4. Для задач из класса BPP часто можно уменьшить ошибку просто повторив вероятностный алгоритм независимо полиномиальное количество раз и выбрав наиболее частый ответ. Покажите, что

для задач из класса PP, таким образом нельзя уменьшить ошибку до  $\frac{1}{4}$ .

5. Рассмотрим алгоритм для наименьшего разреза с лекции и попытаемся его адаптировать для поиска минимального по размеру  $s-t$  разреза, где  $s$  и  $t$  это какие-то выделенные вершины в графе. Мы будем действовать аналогичным образом, с той лишь разницей, что при стягивании ребра  $su$  или ребра  $vt$  вновь образованную вершину будем называть  $s$  или  $t$  соответственно. Более того мы запрещаем стягивание любого ребра идущего из  $s$  в  $t$ .

(i) Покажите, что существует графы на которых подобный алгоритм имеет экспоненциально малую вероятность успеха.

(ii) Верно ли, что для количество различных разрезов минимального размера для данных двух вершин полиномиально?

6. Покажите, что в  $\Sigma_2^P$  существуют языки со схемной сложностью  $\Omega(n^k)$ .

7. Можно считать, то формула это схема в которой исходящая степень каждого узла равна 1. Покажите, что язык распознается формулами полиномиального размера тогда и только тогда когда он лежит в классе  $NC^1$ . (точнее неравномерный  $NC^1$ ).

8. Докажите, что PATH(есть путь из вершины  $s$  в вершину  $t$  в ориентированном графе) лежит в классе NC.

### Критерии оценивания и шкала оценки домашнего задания №2

Оценка	Критерии выставления оценки
«Отлично» (8-10)	Решено задач 6 и более задач

«Хорошо» (6-7)	Количество решенных задач: 4 или 5
«Удовлетворительно» (4-5)	Количество решенных задач: 2 или 3
«Неудовлетворительно» (0-2)	Количество решенных задач: 0 или 1

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Контрольная работа проводится в письменной форме. Каждый студент получает 6 задач. На проведение контрольной работы отводится 1,5 часа.

#### Перечень заданий контрольной работы:

1) Пусть  $polyL := \cup_{k \in \mathbb{N}} SPACE((\log^k n))$  класс языков разрешимых с использованием полилогарифмической памяти.

Дайте короткие обоснования следующим утверждениям:

(i)  $polyL \subset EXP$  и  $polyL \neq EXP$ .

(ii) Приведите пример  $coNL$ -полной задачи.

(iii) Дайте определение класса  $NL$  используя сертификаты.

(iv) Объясните почему  $P_{/poly} \not\subset EXP$ .

2) Упорядочите классы по включению:

$RP, \Sigma_2^P, PSPACE, NL, EXP, P, \Pi_3^P, L, NP, PH, NSPACE$ .

3) Cycle --- это язык состоящий из пар  $\{(G, v) | G \text{ --- граф, } v \in V(G) \text{ --- вершина } v \text{ --- принадлежит } G\}$ . Покажите, что Cycle является  $NL$ -полным.

4) Докажите, что  $NTime[n] \neq PSpace$ .

5) Пусть  $NP \subseteq DTime[n^{\log(n)}]$ , докажите, что  $PH \subseteq \cup_{k=1}^{\infty} DTime[n^{\log^k(n)}]$ .

6) Покажите, что  $USAT \in P^{SAT}$ .

#### Критерии оценивания и шкала оценки контрольной работы

Оценка	Критерии выставления оценки
«Отлично» (8-10)	Решено 5 или 6 задач
«Хорошо» (6-7)	Решены 4 задачи
«Удовлетворительно» (4-5)	Решены 3 задачи
«Неудовлетворительно» (0-3)	Решено менее трех задач

### 7.2.3. Итоговый контроль по дисциплине

#### ПИСЬМЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

Письменный экзамен проводится в форме ответов на вопросы экзаменационного билета. Экзаменационный билет содержит два вопроса из перечня вопросов к экзамену. На подготовку

ответа выделяется 2,5 часа.

**Примерный перечень вопросов к экзамену:**

1. Машина Тьюринга. Тэзис Чёрча — Тьюринга.
2. Эквивалентная машина Тьюринга с меньшим алфавитом.
3. Одноленточная машина эквивалентная  $k$ -ленточной машине Тьюринга.
4. Машина с лентой бесконечной в обе стороны.
5. Существование эквивалентной oblivious машины Тьюринга для заданной машины Тьюринга.
6. Универсальная машина Тьюринга. Существование универсальной машины Тьюринга.
7. Пример невычислимой функции.
8. Недетерминированная машина Тьюринга. Класс NP.
9. Понятие сведения(сведение по Карпу). Свойства сведений. Примеры NP-трудных задач. NP-полные и NP-трудные задачи.
10. Доказательство NP-полноты SAT.
11. Сведение задачи поиска к задаче принадлежности(как найти сертификат для NP задачи, умея проверять, что он существует).
12. Классы coNP, EXP, NEXP. Теорема о равенстве EXP и NEXP, в случае равенства P и NP.
13. Метод диагонализации. Теорема о иерархии по времени.
14. Теорема Ладнера.
15. Машины с доступом к оракулу. Пример оракула A, что  $P^A = NP^A$ .
16. Пример оракула B, что  $P^B \neq NP^B$ .
17. Сложность по памяти. Определение классов L, NL, PSPACE, NSPACE. Примеры задач.
18. Доказательство теоремы  
 $DTIME(S(n)) \subseteq DSPACE(S(n)) \subseteq NSPACE(S(n)) \subseteq DSPACE(2^{O(S(n))})$ .
19. Понятие PSPACE-полной задачи. Определение сведения. Доказательство PSPACE-полноты задачи TQBF.
20. Теорема Савича.
21. Задача обобщенной географии и ее PSPACE полнота.
22. Логарифмическое по памяти сведение и его свойства. Определение NL-полной задачи.
23. Задача PATH и доказательство ее NL-полноты.
24. Альтернативное определение класса NL и доказательство эквивалентности определений.
25. Равенство классов NL и coNL. Определение классов  $\Sigma_2^P$ ,  $\Pi_2^P$  и полиномиальной иерархии. Примеры.
26. Теорема о схлопывании полиномиальной иерархии в случае  $\Sigma_i^P = \Pi_i^P$ . Схлопывание иерархии в случае наличие PH-полного языка. PH и PSPACE.
27. Класс TISP. Доказательство теоремы  $Ntime(n) \not\subseteq TISP(n^{1.2}, n^{0.2})$  по модулю двух лемм.
28. Лемма  $TISP \subset \Sigma_2 Time(n^8)$ .
29. Вторая лемма из теоремы  $Ntime(n) \not\subseteq TISP(n^{1.2}, n^{0.2})$ .
30. Минимальный разрез(вероятностный алгоритм).
31. Параметризованный алгоритм для Feedback Vertex Set.
32. Вероятностные классы. Монте Карло и Лас Вегас алгоритмы.
33. Теорема Адлемана о вероятностной схеме.

34. Понижение ошибки в RP алгоритме. Экономия случайных бит с помощью попарно независимых функций.
35. Алгоритм для стабильных браков, сведение алгоритма к задаче о сборке купонов.
36. Оценка на количество раундов выдачи купонов для коллекции всех возможных купонов.
37. Задача о размещении(осцирапсу problem)
38. Неравенство Чернова для превышения мат. ожидания.
39. Неравенство Чернова для значения меньше мат. ожидания.
40. Задача о прокладке проводов.
41. Путь с логарифмической памятью по модулю леммы.
42. Лемма об ограниченности собственных значений в связном  $r$ -регулярном графе с петлями.
43. Экономия случайных битов при помощи специального графа с расширяющимися свойствами.
44. Построение графа с расширяющимися свойствами для экономии случайных бит.
45. Определение схемы. Различные классы схем NC, AC,  $P_{poly}$ .  $P \subset P_{poly}$ . Любой унарный язык лежит в  $P_{poly}$ .
46. Машина тьюринга с советом.
47. Теорема о коллапсе полиномиальной иерархии если  $NP \subset P_{poly}$ . Следствие из теоремы о коллапсе полиномиальной иерархии если  $EXP \subseteq P_{poly}$ .
48. Теорема о иерархии для схем.
49. Теорема Адлемана  $BPP \subseteq P_{poly}$ .
50. Теорема Сипсера-Гача  $BPP \subset \Sigma_2^P \cap \Pi_2^P$ .
51. Вероятностные сведения. Пример семейства попарно независимых хэш функций.
52. Лемма Вэлианта-Вазирани.

### Критерии оценивания и шкала оценки письменного экзамена

Оценка	Критерии выставления оценки
«Отлично» (8-10)	Дан развернутый ответ на поставленные вопросы. Материал изложен последовательно. Имеются логичные и аргументированные выводы.
«Хорошо» (6-7)	Дан развернутый ответ на поставленные вопросы. Материал изложен в целом последовательно. Имеются логичные и аргументированные выводы.
«Удовлетворительно» (4-5)	Ответ на вопрос не является полным. Материал изложен непоследовательно. Выводы не аргументированы.
«Неудовлетворительно» (0-3)	Ответ на вопрос является неверным. Материал изложен непоследовательно. Отсутствуют выводы.

### 7.3 Порядок формирования оценок по дисциплине

Результирующая оценка за дисциплину рассчитывается следующим образом:

$$O_{\text{Результирующая}} = 0,25 * O_{\text{накопленная}} + 0,25 * O_{\text{к/р}} + 0,5 * O_{\text{экзамен}}$$

где  $O_{\text{накопленная}}$  рассчитывается как взвешенная сумма всех форм текущего контроля.

$$O_{\text{накопленная}} = 0,5 * O_{\text{д/з1}} + 0,5 * O_{\text{д/з2}}$$

Действует следующий способ округления накопленной оценки за текущий контроль: при значениях от 0,1 до 0,4 оценка округляется в меньшую сторону, от 0,5 до 0,9 – в большую.

На экзамене студенту не предоставляется возможность получить дополнительный балл для компенсации оценки за текущий контроль.

## **8. Образовательные технологии**

Основными образовательными технологиями являются: интерактивные лекции, работа в группах на практических занятиях.

## **9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **9.1. Основная литература**

1. Computational Complexity: A Modern Approach / Sanjeev Arora; Boaz Barak. Cambridge University Press. 2009
2. Крупский, В. Н. Теория алгоритмов. Введение в сложность вычислений: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. Н. Крупский. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018.

### **9.2. Дополнительная литература**

1. Complexity Theory / Ingo Wegener; Engesser. Springer Berlin Heidelberg. 2005
2. Randomized Algorithms for Analysis and Control of Uncertain Systems / By: Tempo, R; Dabbene, Fabrizio; Calafiore, Giuseppe; Jackson. Springer Verlag London Ltd. 2013
3. Theory of Computation / George Tourlakis. John Wiley & Sons Incorporated. 2012

## **10. Рекомендации для самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа может рассматриваться как организационная форма обучения – система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью по освоению знаний и умений в области учебной деятельности без посторонней помощи. Студенту нужно четко понимать, что самостоятельная работа – не просто обязательное, а необходимое условие для получения знаний по дисциплине и развитию компетенций, необходимых в будущей профессиональной деятельности.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных на лекциях теоретических знаний;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная программой учебной дисциплины, раскрывающей и конкретизирующей ее содержание, осуществляется студентом инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует источники для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать индивидуальные особенности студента.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине на практических занятиях.

Для представления результатов самостоятельной работы рекомендуется:

Составить план выступления, в котором отразить тему, самостоятельный характер проделанной работы, главные выводы и/или предложения, их краткое обоснование и практическое значение – с тем, чтобы в течение 3 – 5 минут представить достоинства, выполненного самостоятельно задания.

Подготовить иллюстративный материал в виде презентации для использования во время представления результатов самостоятельной работы в аудитории. Конкретный вариант наглядного представления результатов определяется форматом аудиторного занятия и задания преподавателя.

**11. Материально-техническое обеспечение дисциплины и информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения информационных справочных систем (при необходимости).**

Для проведения всех занятий используется проектор и компьютер для проекции слайдов.

**12. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

1) для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат);

индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

2) для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.