

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой вычислительной математики  
и прикладных информационных технологий (ВМиПИТ)



М. Леденева

21.04.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.07 Структурное моделирование вычислительных систем**

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**  
01.03.02 Прикладная математика и информатика
- 2. Профиль подготовки/специализация:** Информационные технологии для вычислительных систем
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра вычислительной математики и прикладных информационных технологий (ВМиПИТ)
- 6. Составитель программы:** Леденева Татьяна Михайловна, д.т.н., профессор кафедры ВМ и ПИТ факультета ПММ
- 7. Рекомендована:** НМС факультета ПММ 15.04.2022г., протокол №8.
- 8. Учебный год:** 2025/2026                      **Семестр:** 7
- 9. Цели и задачи учебной дисциплины:**  
*Цель учебной дисциплины:* ознакомить обучающихся с подходами и методиками структурного моделирования, которые используются при принятии решения относительно архитектуры вычислительных систем или организации вычислительного процесса.  
*Задачи учебной дисциплины:*  
изучение алгоритмов теории графов как основы структурного моделирования, анализа и оптимизации структурированных объектов;  
обзор основных архитектур вычислительных систем и подходов к их моделированию и оптимизации;  
ознакомление с критериями пригодности при принятии решений об архитектуре вычислительной системы.
- 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** вариативная часть.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-4	Способен применять методы вычислительной математики, планирования и оптимизации вычислительных процессов	ПК-4.2	Анализирует альтернативные варианты организации (или архитектурных решений) вычислительного процесса и выбирает лучший на основе методов структурного моделирования.	<i>Знать:</i> основные этапы моделирования структуры сложных систем и объектов на основе теории графов. <i>Уметь:</i> выделять структурные элементы сложной системы или объекта и строить математическую модель в виде графа. <i>Владеть:</i> методами теории графов, предназначенных для определения структурных свойств и инвариантов графовых моделей.
ПК-5	Способен осуществлять анализ и выбор современных технологий реализации отдельных функций вычислительных систем и сервисов информационных технологий, применяемых для их создания.	ПК-5.3	Осуществляет выбор современных технологий и методик выполнения работ по реализации отдельных функций информационных систем.	<i>Знать:</i> основные технологии и методики, связанные со структурным моделированием вычислительных систем. <i>Уметь:</i> выделить функции вычислительных систем, реализуемых на основе теории графов (планирование). <i>Владеть:</i> методами и алгоритмами теории графов.
ПК-6	Способен разрабатывать прототипы ИС на базе типовой ИС.	ПК-6.3	Осуществляет принятие решения о пригодности архитектуры	<i>Знать:</i> основные типы архитектурных решений для вычислительных систем. <i>Уметь:</i> сформулировать критерий для выбора лучшей архитектуры и сформировать этапы оптимизации. <i>Владеть:</i> методами принятия решений для определения лучшего варианта архитектуры.

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час – 3/108.**

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен, контрольная работа.

**13. Трудоемкость по видам учебной работы:**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	Семестр 7
Контактная работа		48	48
в том числе:	лекции	16	16
	практические	16	16
	лабораторные	16	16
Самостоятельная работа		24	24
Промежуточная аттестация		36	36
Итого		108	108

**13.1 Содержание разделов дисциплины:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			

1.1	Основные понятия теории графов	Основы структурного моделирования. Графы и подграфы. Свойства графов. Матричные представления графов. Степенные последовательности. Основные инварианты графов.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
1.2	Устойчивые множества в графе	Устойчивые множества в графе. Метод Магу для определения устойчивых множеств. Задача о наименьшем покрытии. Совершенное паросочетание, оптимальное назначение и составление расписаний. Понятие ядра, критерии существования ядра и соответствующие алгоритмы построения. Задача раскраски.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
1.3	Поисковые процедуры на графах	Дерево и остов. Алгоритмы построения произвольного остова. Задача о кратчайшем остове. Поисковые процедуры на графах. Основные стратегии поиска (поиск в глубину, поиск в ширину, поиск по уровням). Оптимальные деревья бинарного поиска.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
1.4	Потоки в сетях	Потоки в сетях. Задача о кратчайшем пути. Алгоритмы Дейкстры, Форда, Флойда. Задача о максимальном потоке. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Критический путь в бесконтурном графе. Потокое программирование.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
1.5	Задачи размещения	Центры и медианы графа. Понятие абсолютного центра. Метод Хаками. Размещение центров обслуживания.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
1.6	Графы программ	Граф программы. Алгоритмы анализа (транзитивное замыкание, транзитивная ориентация, сильная связность). Сводимость графа программы. Доминаторы в графе программы.	moodle (Структурное моделирование ВС) edu.vsu.ru
1.7	Моделирование архитектуры вычислительных систем и сетей	Использование графов для моделирования архитектуры и процессов обработки информации в вычислительных сетях. Граф программы и информационный граф. Потокые модели распределенных вычислений. Задача выбора целевой архитектуры вычислительной системы, основные этапы синтеза, критерий существо-	moodle (Структурное моделирование ВС) edu.vsu.ru
1.8	Реализуемость распределенных вычислений	Понятие М-сети и анализ реализуемости распределенных вычислений. Задача разметки М-сетей. Эквивалентные преобразования М-сетей. Алгоритмы разметки. Обнаружение и предотвращение блокировок.	moodle (Структурное моделирование ВС) edu.vsu.ru
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Основные понятия теории графов	Способы представления графов. Матрицы графов. Инварианты графов и основные характеристики, используемые при структурном моделировании.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
2.2	Устойчивые множества в графе	Алгоритмы определения независимых, доминирующих множеств, паросочетаний и ядер. Приложения к решению задачи распараллеливания процессов и задачи планирования вычислений.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
2.3	Поисковые процедуры на графах	Алгоритмы построения произвольного остова, кратчайшего остова. Поисковые процедуры на графах (в глубину, в ширину, по уровням) и их использование при тестировании вычислительного процесса.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
2.4	Потоки в сетях	Алгоритмы нахождения кратчайшего и критического путей, алгоритм фронта волны, алгоритм Форда-Фалкерсона.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
2.5	Задачи размещения	Алгоритм нахождения медиан и центров графа. Использование медиан и центров при проектировании вычислительных процессов.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Алгоритмы теории графов (1.2-1.5)	Алгоритмы теории графов.	moodle (Прикладная теория графов) edu.vsu.ru

3.2	Графы программ	Анализ графа программы, информационного графа.	moodle (Структурное моделирование BC) edu.vsu.ru
	Моделирование архитектуры вычислительных систем и сетей	Задача выбора архитектуры.	moodle (Структурное моделирование BC) edu.vsu.ru
3.3	Реализуемость распределенных вычислений	Задача планирования вычислений.	moodle (Структурное моделирование BC) edu.vsu.ru

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Основные понятия теории графов	2	2		2	6
2	Устойчивые множества в графе	2	4	1	2	9
3	Поисковые процедуры на графах	2	2	1	2	7
4	Потоки в сетях	2	4	1	2	9
5	Задачи размещения	2	4	1	2	9
6	Графы программ	2		4	4	10
7	Моделирование архитектуры вычислительных систем и сетей	2		4	6	12
8	Реализуемость распределенных вычислений	2		4	4	10
	Итого:	16	16	16	24	108

**14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:** Лекционные занятия (лекции) реализуются в традиционной форме в соответствии с календарным планом-графиком чтения лекций. Целесообразно лекции сопровождать практическими занятиями для лучшего понимания материала и формирования навыков и умений для решения задач, относящихся к структурному моделированию.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения необходимо выполнять все указания преподавателей по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, интернет-ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Тюрин, С. Ф. Теория графов и её приложения : учебное пособие / С. Ф. Тюрин. – Пермь : ПНИПУ, 2017. – 207 с. – ISBN 978-5-398-01745-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/160870">https://e.lanbook.com/book/160870</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Харари Ф. Теория графов / Ф. Харари. – М. : URSS: ЛЕНАНД, 2018. – 304 с.
3	Емеличев В.А. Теория графов в задачах и упражнениях / В.А. Емеличев, О.И. Мельников, В.И. Сарванов, Р.И. Тышкевич. – М. : URSS: Едиториал, 2018. – 416 с.
4	Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес. – М. : Мир, 1978. – 427 с.

5	Топорков, В. В. Модели распределенных вычислений : монография / В. В. Топорков. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 320 с. — ISBN 5-9221-0495-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/2339">https://e.lanbook.com/book/2339</a>
6	Шамакина А.В. Обзор технологий распределенных вычислений / А.В. Шамакина // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика, 2014. — Т.3. — №3. — С. 52-85

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – Электронный каталог Научной библиотеки ВГУ
8	Леденева, Т.М. Курс «Прикладная теория графов» / Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». – Режим доступа: <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10641">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10641</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения

№ п/п	Источник
9	Элементы теории графов : учебное пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т; сост.: Л.Ю. Кабанцова, Т.К. Кацаран. – Воронеж : ЛОП ВГУ, 2007. – 55 с. : ил. – Библиогр.: с. 52 . – URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may07054.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may07054.pdf</a>

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии, электронное обучение, смешанное обучение.

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Для организации занятий рекомендован онлайн-курс «Прикладная теория графов», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

**18. Материально-технического обеспечения дисциплины:** специального материально-технического обеспечения не требуется.

Мебель и оборудование	Программное обеспечение
<b>Лекции</b>	
Специализированная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения).	Windows 10 (лицензионное ПО); Adobe Reader (свободное и/или бесплатное ПО); Mozilla Firefox (свободное и/или бесплатное ПО)
<b>Практические занятия</b>	
Специализированная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения).	Windows 10 (лицензионное ПО); Adobe Reader (свободное и/или бесплатное ПО); Mozilla Firefox (свободное и/или бесплатное ПО)
<b>Лабораторные работы</b>	
Специализированная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения), персональные компьютеры для индивидуальной работы.	Windows 10 (лицензионное ПО); Adobe Reader (свободное и/или бесплатное ПО); Mozilla Firefox (свободное и/или бесплатное ПО)

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Основные понятия теории графов	ПК-4, ПК-5	ПК-4.2, ПК-5.3	Опрос

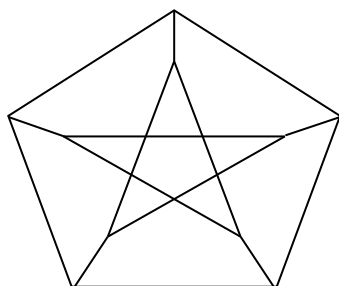
2	Устойчивые множества в графе	ПК-4, ПК-5	ПК-4.2, ПК-5.3	Контрольная работа
3	Поисковые процедуры на графах	ПК-4, ПК-5	ПК-4.2, ПК-5.3	
4	Потоки в сетях	ПК-4, ПК-5	ПК-4.2, ПК-5.3	
5	Задача размещения	ПК-4, ПК-5	ПК-4.2, ПК-5.3	
6	Графы программ	ПК-4, ПК-5	ПК-4.2, ПК-5.3	
7	Моделирование архитектуры вычислительных систем и сетей	ПК-5, ПК-6	ПК-5.3, ПК-6.3	Отчет по ЛР
8	Реализуемость распределенных вычислений	ПК-5, ПК-6	ПК-5.3, ПК-6.3	Отчет по ЛР
Промежуточная аттестация Форма контроля – экзамен				Перечень теоретических вопросов

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

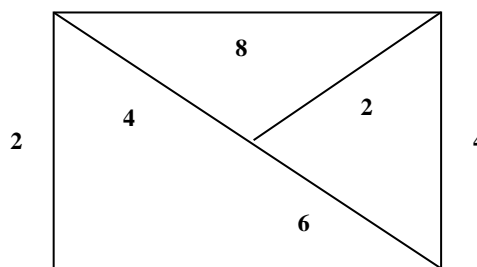
### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Контрольная работа (пример варианта)



$G_1$



6

$G_2$

1. Найти хроматическое число графа  $G_1$  и соответствующую раскраску.
2. Найти дерево поиска в глубину и дерево поиска в ширину для  $G_1$  из корня  $r$ .
3. Является ли граф  $G_1$  эйлеровым?
4. Найти кратчайший остов графа  $G_2$  и его длину.
5. Ввести ориентацию на ребрах графа  $G_2$ , определить спектр графа и кратчайшего остова.
6. В гамильтоновом орграфе  $G_2$  алгебраическим методом определить гамильтоновы пути.
7. Найти кратчайший путь в ориентированном графе  $G_2$  из  $s$  в  $t$ .

**Критерий оценки контрольной работы:** контрольная работа зачтена, если выполнены все задания.

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме письменного экзамена, на который отводится 60 минут. Затем работы проверяются преподавателем, и полученные оценки выставляются в ведомость и в зачетку. Если имеется необходимость в уточнении ответов, то может быть проведено дополнительное собеседование.

#### Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Основные понятия теории графов (типы графов, инварианты, матрицы).
2. Основные матрицы графов.

3. Спектр графа и его основные свойства. Связи между спектральными и структурными свойствами графов.
4. Спектральные методы в теории графов.
5. Степенная последовательность. Критерий графичности.
6. Реализация графической последовательности графами с различными свойствами.
7. Правильная раскраска. Проблема четырех красок. Эвристическая процедура раскрашивания.
8. Хроматический многочлен графа.
9. Точные и приближенные алгоритмы раскраски.
10. Прикладное значение задачи раскраски.
11. Поиск в глубину и поиск в ширину. Конструирование алгоритмов на основе поисковых процедур.
12. Циклы, разрезы и их матрицы. Цикломатическое и коцикломатическое числа графа.
13. Эйлеровы графы. Критерии эйлеровости. Метод Флери.
14. Гамильтоновы графы. Критерии гамильтоновости. Алгебраический метод построения гамильтоновых путей и контуров. Метод перебора Робертса и Флореса.
15. Задача коммивояжера в графовой постановке.
16. Экстремальные задачи на графах и их приложения.
17. Задача о максимальном пути как основа для управления проектом.
18. Граф программы. Алгоритмы анализа графа программы.
19. Граф как модель вычислительного процесса. Понятие информационного графа. Поточные модели распределенных вычислений.
20. Задача выбора целевой архитектуры вычислительной системы.
21. Понятие М-сети. Эквивалентные преобразования М-сетей. Задача разметки М-сетей. Анализ реализуемости распределенных вычислений.

### **Контрольно-измерительный материал (пример)**

1. Поиск в глубину и поиск в ширину. Конструирование алгоритмов на основе поисковых процедур.
2. Граф как модель вычислительного процесса. Понятие информационного графа. Поточные модели распределенных вычислений.

### **Критерии аттестации (экзамен):**

Оценка	Теоретические знания	Практические навыки	
	КИМ	Контрольная работа	Лабораторные работы
<i>Отлично</i>	Уверенное владение терминологией; знание основных фактов теории и методов.	Не менее 90% задач решено правильно.	Все выполнены.
<i>Хорошо</i>	Знание основных понятий и фактов теории, однако ответы на вопросы являются не полными.	Не менее 75% задач решено правильно.	Все выполнены.
<i>Удовлетворительно</i>	Наличие неглубоких теоретических знаний.	Не менее 50% задач решены правильно.	Выполнены две работы из трех
<i>Неудовлетворительно</i>	По большей части отсутствуют теоретические знания.	Правильно решено не более 50% задач.	Выполнено не более одной работы.