

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета ИТКВ
Бредихин А.В.
08 2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Комбинаторика и теория графов»

Направление подготовки 09.03.03 Прикладная информатика

Профиль Проектирование информационно-аналитических систем
высокотехнологичных производств

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2024

Автор программы В.В. Горяйнов

Заведующий кафедрой
Прикладной математики и
механики В.И. Ряжских

Руководитель ОПОП В.Е. Белоусов

Воронеж 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

развитие логического и алгоритмического мышления, выработка умения самостоятельно расширять и углублять математические знания; освоение необходимого математического аппарата, помогающего анализировать, моделировать и решать прикладные задачи; формирование у студента начального уровня математической культуры, достаточного для продолжения образования, научной работы или практической деятельности, методологических основ для формирования целостного научного мировоззрения, отвечающего современному уровню развития человеческой цивилизации.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- Выработка ясного понимания необходимости математического образования в подготовке бакалавра и представления о роли и месте математики в современной системе знаний и мировой культуре;
- Ознакомление с системой понятий, используемых для описания важнейших математических моделей и математических методов, и их взаимосвязью;
- Формирование конкретных практических приемов и навыков постановки и решения математических задач, ориентированных на практическое применение при изучении профильных дисциплин;
- Овладение основными математическими методами, необходимыми для анализа процессов и явлений при поиске оптимальных решений, обработки и анализа результатов экспериментов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Комбинаторика и теория графов» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Комбинаторика и теория графов» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;

ОПК-2 - Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности;

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	Знает основы комбинаторики и теории графов.

	Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методов комбинаторики и теории графов.
	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.
ОПК-2	Знать математические основы и программные средства их реализации, необходимые для понимания и моделирования технических процессов при решении задач профессиональной деятельности
	уметь решать стандартные профессиональные задачи с применением методов комбинаторики и теории графов и выбирать программные средства при решении задач профессиональной деятельности
	владеть навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности с применением программных средств

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Комбинаторика и теория графов» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Самостоятельная работа	90	90
Курсовая работа	+	+
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
-------	-------------------	--------------------	------	-----------	-----	------------

1	Элементы линейной алгебры	Матрицы и действия над ними. Определители второго и третьего порядков и их свойства. Миноры и алгебраические дополнения. Вычисление определителей третьего порядка разложением по строке (столбцу). Понятие об определителе n -го порядка. Решение системы алгебраических линейных уравнений методом Гаусса, с помощью обратной матрицы.	2	4	10	16
2	Теория графов	Графы. Задача о кенигсбергских мостах. Носитель и сигнатура графа. Порядок графа. Вершины и ребра. Кратные ребра. Петли. Список ребер. Звенья. Дуги. Простой граф и псевдограф. Мультиграф. Смежность и инцидентность. Положительная и отрицательная инцидентность. Неориентированный граф. Ориентированный граф. Основание орграфа. Абстрактные и геометрические графы. Степени вершин графа. Изоморфизм графов. Матричное представление графов. Матрица инцидентности. Матрица смежности. Части графов. Надграф. Подграф. Суграф. Операции над графами: объединение, пересечение, симметрическая разность. Типы конечных графов. Маршруты в графе. Цепи и циклы. Пути и контуры. Выявление маршрутов в графе заданной длины. Кратчайший путь в орграфе. Алгоритм Дейкстры. Связность ориентированных и неориентированных графов. Вершинная и реберная связность. Расстояния в графе. Матрица расстояний. Радиус и диаметр графа. Реберные и вершинные обходы графов. Эйлеровы графы. Гамильтоновы графы. Алгоритм Флери. Деревья: последовательное и звездное. Лес. Свойства деревьев. Типы вершин дерева и его центры. Корневые деревья: ориентированные и неориентированные. Покрывающие деревья. Матрица Кирхгофа. Теорема Кирхгофа. Цикломатическое число. Задача об остове наименьшего веса. Алгоритмы Краскала и Прима (ближайшего соседа). Задача о коммивояжере.	12	26	40	78
3	Комбинаторика	Классификация комбинаторных задач и характеристика их основных типов. Основные правила комбинаторики. Основные комбинаторные конфигурации: размещения, сочетания, перестановки. Разбиения. Комбинаторика разбиений. Бином Ньютона, биномиальные коэффициенты, треугольник Паскаля. Основные свойства биномиальных коэффициентов. Полиномиальная формула. Метод включений и исключений	4	6	40	50
Итого			18	36	90	144

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 4 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Решение задач теории графов в Maple»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

Задание 1. Неориентированный граф

1. Построить матрицы инцидентности и смежности.
2. Вычислить количество циклических маршрутов длины 3 и показать их.
3. Найти радиус и диаметр графа, указать центральные и периферийные вершины.
4. Найти степени вершин графа.
5. Проверить наличие эйлерового цикла (цепи) и, если он (она) существует, указать его (ее), применив алгоритм Флери.
6. Найти цикломатическое число графа и показать какой-либо его остов.

Задание 2. Ориентированный граф

1. Найти полустепени исхода и захода вершин графа.
2. Построить матрицы инцидентности и смежности.
3. Вычислить количество маршрутов длины 2, 3 и 4 из вершины v_3 в и показать их.
4. Найти компоненты сильной связности.

Задание 3. Операции над графами

Графы G_1 и заданы матрицами смежности B_1 и B_2 соответственно. Построить исходные графы G_1 и G_2 , их пересечение, объединение и симметрическую разность. Составить матрицы смежности полученных графов.

Задание 4. Кратчайший путь в орграфе

Орграф задан весовой матрицей W . Построить его, найти величину кратчайшего пути и сам путь из вершины v_1 в вершину v_6 или v_7 по алгоритму Дейкстры.

Задание 5. Взвешенный граф

Найти остов минимального веса (экстремальное дерево), применив:

- а) алгоритм Краскала;
- б) алгоритм ближайшего соседа.

Курсовая работа включает в себя расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

- «аттестован»;
«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	Знает основы комбинаторики и теории графов.	Знание основных теоретических фактов (на основе проведения коллоквиума)	Дан полный ответ на вопрос коллоквиума. Продemonстрировано значительное или частичное понимание теоретических фактов	Не дан ответ на вопрос коллоквиума или продемонстрировано небольшое понимание теоретических фактов
	Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общетехнических знаний, методов комбинаторики и теории графов.	Использование данных задачи для выбора методов ее решения (на основе проведения контрольной работы)	Продemonстрировано умение правильно выбирать методы решения задач	Не продемонстрировано умение выбирать методы решения задач
	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.	Использование теоретических фактов для решения различных задач (на основе проведения контрольной работы)	Решение большинства предложенных задач доведено до конца. Получены правильные ответы	Решение большинства предложенных задач не доведено до конца. Ответы на некоторые задачи ошибочны.
ОПК-2	Знать математические основы и программные средства их реализации, необходимые для понимания и моделирования технических процессов при решении задач профессиональной деятельности	Знание основных теоретических фактов (на основе проведения коллоквиума)	Дан полный ответ на вопрос коллоквиума. Продemonстрировано значительное или частичное понимание теоретических фактов	Не дан ответ на вопрос коллоквиума или продемонстрировано небольшое понимание теоретических фактов
	уметь решать стандартные профессиональные задачи с применением методов комбинаторики и теории графов и выбирать программные средства при решении задач профессиональной деятельности	Использование данных задачи для выбора методов ее решения (на основе проведения контрольной работы)	Продemonстрировано умение правильно выбирать методы решения задач	Не продемонстрировано умение выбирать методы решения задач
	владеть навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности с применением программных средств	Использование теоретических фактов для решения различных задач (на основе проведения контрольной работы)	Решение большинства предложенных задач доведено до конца. Получены правильные ответы	Решение большинства предложенных задач не доведено до конца. Ответы на некоторые задачи ошибочны.

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;
«хорошо»;
«удовлетворительно»;
«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	Знает основы комбинаторики и теории графов.	Знание основных теоретических фактов (на основе трех вопросов билета, выбранных из вопросов коллоквиумов)	Полный ответ на три вопроса	Полный ответ на два вопроса	Полный ответ на один вопрос	Нет правильных ответов
	Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методов комбинаторики и теории графов.	Использование данных задачи для выбора методов ее решения (на основе двух задач билета, выбранных из прикладных и стандартных практических задач)	Правильно выбран метод решения задач	Продемонстрирован верный выбор метода решения одной задачи и частично указан ход решения второй	Продемонстрирован верный выбор метода решения только одной задачи	Неверный выбор метода решения всех задач
	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.	Использование данных задачи для выбора методов ее решения (на основе двух задач билета, выбранных из прикладных и стандартных практических задач)	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения только одной задачи	Задачи не решены
ОПК-2	Знать математические основы и программные средства их реализации, необходимые для понимания и моделирования технических процессов при решении задач профессиональной деятельности	Знание основных теоретических фактов (на основе трех вопросов билета, выбранных из вопросов коллоквиумов)	Полный ответ на три вопроса	Полный ответ на два вопроса	Полный ответ на один вопрос	Нет правильных ответов
	уметь решать стандартные профессиональные	Использование данных задачи для	Правильно выбран метод	Продемонстрирован верный	Продемонстрирован верный выбор	Неверный выбор метода решения всех

	задачи с применением методов комбинаторики и теории графов и выбирать программные средства при решении задач профессиональной деятельности	выбора методов ее решения (на основе двух задач билета, выбранных из прикладных и стандартных практических задач)	решения задач	выбор метода решения одной задачи и частично указан ход решения второй	метода решения только одной задачи	задач
	владеть навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности с применением программных средств	Использование данных задачи для выбора методов ее решения (на основе двух задач билета, выбранных из прикладных и стандартных практических задач)	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения только одной задачи	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Тестирование не предусмотрено.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

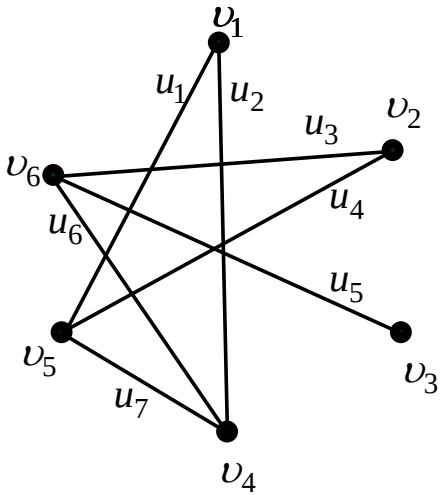
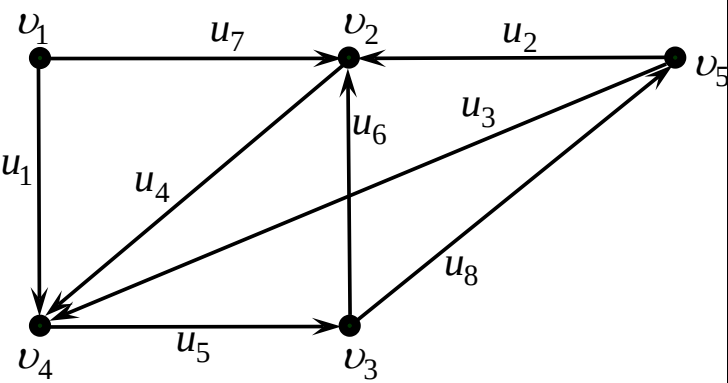
1. Сколькими способами могут 8 человек встать в очередь в театральную кассу?
2. В забеге участвуют 5 человек. Сколькими способами могут распределиться два первых места?
3. На окружности выбрано 10 точек. Сколько существует треугольников с вершинами в этих точках?
4. На железной дороге 50 станций. На каждом билете печатаются названия станций отправления и прибытия. Сколько различных билетов можно напечатать? (Небезразлично, с какой из двух обозначенных в билете станций вы отправляетесь).
5. В пространстве даны четыре точки, не лежащие в одной плоскости. Сколько различных плоскостей можно провести через эти точки?
6. Металлург, изучающий сплавы, при проведении эксперимента может использовать 3 различных температурных режима, 6 различных значений времени остывания и 4 различные присадки меди. Выбор температурного режима, значения времени остывания и типа присадки полностью определяет эксперимент. Сколько различных экспериментов может провести металлург?
7. В распоряжении агрохимика есть 6 различных типов минеральных удобрений. Ему необходимо провести несколько экспериментов по изучению влияния любой тройки минеральных удобрений. Сколько всего

экспериментов ему придется провести?

8. В группе 12 девушек и 8 юношей. Сколькими способами можно назначить 5 дежурных так, чтобы среди них были 2 девушки?

9. Сколько словарей надо издать, чтобы можно было выполнять переводы с любого из 5 языков непосредственно на любой из этих языков?

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Построить матрицы инцидентности и смежности. 2. Найти степени вершин графа. 3. Найти радиус и диаметр графа, указать центральные и периферийные вершины. 4. Вычислить количество циклических маршрутов длины 3, и показать их.	
5. Построить матрицы инцидентности и смежности. 6. Найти полустепени исхода и захода вершин графа 7. Вычислить количество маршрутов длины 2, 3 и 4 из вершины v_3 в v_2, и показать их.	

8. Графы G_1 и G_2 заданы матрицами смежности B_1 и B_2 соответственно.

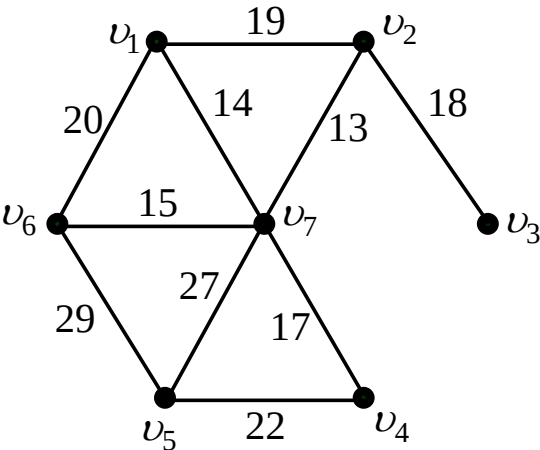
Построить исходные графы G_1 и G_2 , их пересечение, объединение и симметрическую разность.

9. Составить

$$B_1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} v_1 & v_2 & v_3 & v_4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix},$$

матрицы смежности
полученных графов.

$$B_2 = \begin{matrix} & \begin{matrix} v_1 & v_2 & v_3 & v_4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}.$$

10. Найти остов минимального веса (экстремальное дерево), применив: а) алгоритм Краскала; б) алгоритм ближайшего соседа.	
---	--

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

1. Матрицы. Основные определения. Виды матриц.
2. Определители 2-го и 3-го порядка. Способы их вычисления и свойства.
3. Понятие об определителе n -го порядка
4. Линейные действия (операции) над матрицами. Умножение матриц. Свойства этих действий.
5. Обратная матрица, ее определение, свойства и вычисление.
6. Системы линейных алгебраических уравнений. Основные определения.
7. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса.
8. Решение систем линейных алгебраических уравнений матричным методом.
9. Теория графов как наука. Задача о кенигсбергских мостах. Определение графа.
10. Основные определения. Носитель и сигнатура графа. Порядок графа. Конечные и бесконечные графы. Упорядоченные и неупорядоченные пары вершин. Кратные ребра. Петли. Звенья. Дуги. Неориентированный и ориентированный графы. Основание орграфа.
11. Основные определения. Смежность и инцидентность. Положительная и отрицательная инцидентность. Список ребер. Простой граф, псевдограф, мультиграф, смешанный граф, нуль-граф, тривиальный граф.
12. Абстрактные и геометрические графы.
13. Степени и полустепени вершин графа. Теорема Эйлера о рукопожатиях. Сток и исток графа.
14. Изоморфизм графов. Геометрическая реализация.

15. Матричное представление графов. Матрица инцидентности и смежности.
16. Части графов. Разборка графа. Подграф и надграф. Суграф. Дополнение. Граф Давида.
17. Операции объединения, пересечения и симметрической разности графов.
18. Типы конечных графов. Полный, взвешенный и однородные графы.
19. Типы конечных графов. Двудольный, плоские и планарные графы.
20. Маршруты в графе. Цепи и циклы. Пути и контуры. Выявление маршрутов в графе заданной длины.
21. Связность неориентированных и ориентированных графов. Связные компоненты. Достижимость вершин. Полупуть. Сильная, односторонняя и слабая связности.
22. Вершинная и реберная связности и их числа. Мост и точка сочленения. Неразделимый и сепарабельный графы.
23. Расстояние в графе и его свойства. Эксцентриситет вершин графа. Диаметр, радиус и центр графа. Периферийные вершины. Матрица расстояний.
24. Обходы ребер графа. Задача о кенигсбергских мостах. Эйлеровы цепи, циклы и графы. Теоремы Эйлера о цикле и о цепи. Алгоритм Флери.
25. Обходы вершин графа. Гамильтоновы цепи, циклы и графы. Теоремы Оре, Дирака и Гуйя-Ури.
26. Определения дерева и леса. Последовательное и звездное деревья. Теорема Кэли. Свойства деревьев.
27. Типы вершин дерева и его центры.
28. Корневые деревья. Корень дерева. Ствол, ветви и листья дерева. Ориентированные деревья. Прадерево и сеть сборки.
29. Покрывающие деревья. Ветви и хорды. Остов графа. Матрица Кирхгофа. Теорема Кирхгофа. Цикломатическое число графа.
30. Экстремальные задачи на графах. Задача об остове наименьшего веса. Алгоритмы Краскала и Прима (ближайшего соседа).
31. Экстремальные задачи на графах. Задача о коммивояжере.
32. Классификация комбинаторных задач и характеристика их основных типов.
33. Основные правила комбинаторики.
34. Основные комбинаторные конфигурации: размещения, сочетания, перестановки.
35. Разбиения. Комбинаторика разбиений.
36. Бином Ньютона, биномиальные коэффициенты, треугольник Паскаля.
37. Основные свойства биномиальных коэффициентов Полиномиальная формула.
38. Метод включений и исключений

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 теоретических вопроса и две задачи. Каждый правильный ответ на теоретический вопрос в билете и правильно решенная задача оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 5.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал 2 балла и меньше.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал 3 балла

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал 4 балла.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал 5 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Элементы линейной алгебры	ОПК-1, ОПК-2	Коллоквиум (КЛ) Контрольная работа (КР) Зачет с оценкой
2	Теория графов	ОПК-1, ОПК-2	Курсовая работа (КуР) Контрольная работа (КР) Коллоквиум (КЛ) Зачет с оценкой
3	Комбинаторика	ОПК-1, ОПК-2	Коллоквиум (КЛ) Зачет с оценкой

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного зачета с оценкой обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном зачете с оценкой не должен превышать двух астрономических часов. С зачета с оценкой снимается материал тех КР и КЛ, которые обучающийся выполнил в течение семестра на «хорошо» и «отлично».

Во время проведения зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также вычислительной техникой

Защита курсовой работы осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Беклемишев Д.В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры [Электронный ресурс]: учебник/ Беклемишев Д.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 312 с.— Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/12873>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

2. *Полякова О.Р.* Элементы теории графов и комбинаторики [Электронный ресурс]: учебное пособие / Полякова О.Р. — Электрон. текстовые данные.— Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/74358.html>. — ЭБС «IPR SMART», по паролю.

3. *Велигура А. Н.* Комбинаторика и теория графов для кибербезопасности. [Электронный ресурс] Конспект лекций : учебное пособие / А. Н. Велигура. — Электрон. текстовые данные.—Москва : Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2021. — 200 с. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/125492.html>. — ЭБС «IPR SMART», по паролю

4. *Алейников С.М.* Основы теории графов. [Текст] : учеб. пособие / С. М. Алейников, В. В. Горайнов; под ред. проф. С. М. Алейникова; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2009. – 172 с.

5. *Курсанов М.Н.* Графы в Maple. Задачи, алгоритмы, программы [Текст]/ М.Н. Курсанов.– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 168 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. Консультирование посредством электронной почты.
2. Использование презентаций при проведении лекционных занятий.
3. Для работы в сети рекомендуется использовать сайты:
 - <http://encycl.yandex.ru> (Энциклопедии и словари).
 - <http://www.intuit.ru/departement/mathematics/intmath/> (Вводный курс в высшую математику. Рассматриваются основы высшей математики для «нематематических» специальностей. Изложение сопровождается большим количеством специально подобранных примеров, поясняющих суть исследуемых понятий и фактов).
 - <http://mathelp.spb.ru> (Лекции, учебники on-line, web-сервисы по высшей математике в помощь студентам).
 - <http://mathem.by.ru> (Справочная информация по математическим дисциплинам).
 - <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics.htm>. (Книги в форматах PDF и DjVu).

Для работы с электронными учебниками требуется наличие таких программных средств, как Adobe Reader и DjVuBrowserPlugin для Windows.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий по дисциплине необходимы

аудитории, оснащенные презентационным оборудованием (компьютер с ОС Windows и программой Adobe Reader, мультимедийный проектор и экран).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Комбинаторика и теория графов» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков решения задач. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебном пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--