

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФСТ

УТВЕРЖДАЮ /В.П. Шалаев/  
(Ф.И.О. декана (директора института))

27.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б.1.1.14 Дискретная математика

*(код и наименование дисциплины по учебному плану)*

Направление подготовки  
(специальность)

09.03.02 Информационные системы и технологии

Квалификация выпускника

Бакалавр

*(бакалавр/магистр/специалист)*

Направленность

Информационные системы и технологии в туристском  
бизнесе и гостеприимстве

Курс 2  
Семестр 3

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	108 / 3	часов/зачетных единиц
Лекции	36	часов
Лабораторные работы	-	часов
Практические занятия	36	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	72	часов
Контактная работа по экзамену	-	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	36	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	-	часов
Экзамен	-	семестр
Зачет	3	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

                      
(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 09.03.02 Информационные системы и технологии

Программу составили:

старший преподаватель	ВМ	СОГЛАСОВАНО	О.В. Михадарова
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина  
Кафедра высшей математики

		(наименование кафедры)	
15.02.2023	протокол №	6	
(дата)			
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	В.А. Иванов	
		(И.О. Фамилия)	

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими) кафедрой(ами).

СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	С.М. Васина
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	В.П. Комисар
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Тимохов Федор Дмитриевич, куратор по взаимодействию с образовательными учреждениями компании «Трэвел Лайн»

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 01.03.2023 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

## Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Выполняет поиск необходимой для решения поставленной задачи информации, её критический анализ, обобщение и представление на основе знаний естественно-научных дисциплин и современных информационных технологий	<b>знания:</b> знает механизмы и методики поиска, анализа и синтеза информации, включающие системный подход в области образования <b>умения:</b> умеет анализировать и выделять базовые составляющие поставленных задач осуществлять <b>навыки:</b> владеет методами установления причинно-следственных связей и определения наиболее значимых среди них в решении поставленных задач
	УК-1.2 Систематизирует обнаруженную информацию, полученную из разных источников, в соответствии с требованиями и условиями задачи	<b>знания:</b> знает методики постановки цели и способы ее достижения, научное представление о результатах обработки информации <b>умения:</b> умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи <b>навыки:</b> владеет механизмами поиска информации, в том числе с применением современных информационных и коммуникационных технологий
	УК-1.3 Выбирает оптимальный вариант решения задачи, аргументируя свой выбор	<b>знания:</b> знает источники информации, требуемой для решения поставленной задачи <b>умения:</b> умеет использовать различные типы поисковых запросов, рассматривать их возможные достоинства и недостатки <b>навыки:</b> владеет способностью поиска информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов
	УК-1.4 Разрабатывает варианты решения проблемной ситуации на основе системного подхода и критического анализа доступных источников	<b>знания:</b> знает возможные варианты решения типичных задач <b>умения:</b> умеет обосновывать варианты решений поставленных задач <b>навыки:</b> владеет способностью предлагать варианты решения поставленной задачи недостатки

	УК-1.5 Формулирует и аргументирует выводы и суждения, в том числе с применением философского понятийного аппарата	<b>знания:</b> знает основные различия между фактами, мнениями, интерпретациями и оценками <b>умения:</b> умеет формировать собственное мнение о фактах, мнениях, интерпретациях и оценках информации <b>навыки:</b> владеет способностью формировать и аргументировать свои выводы и точку зрения
2. ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	1.1 Знать: основы математики, физики, вычислительной техники и программирования. Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования.	<b>знания:</b> знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования <b>умения:</b> <b>навыки:</b>
	1.2 Уметь: решать стандартные профессиональные задачи с применением стандартных профессиональных задач с применением естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования	<b>знания:</b> <b>умения:</b> Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования <b>навыки:</b>
	1.3 Иметь навыки: теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности. Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.	<b>знания:</b> <b>умения:</b> <b>навыки:</b> Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Математика (УК-1), Информационные технологии (включая основы программирования) (УК-1), Информационные технологии (включая основы программирования) (ОПК-1), Математика (ОПК-1), Информационные технологии (УК-1)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Моделирование систем (УК-1), Базы данных (ОПК-1), Моделирование систем (ОПК-1), Машинное обучение и анализ данных (ОПК-1); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (УК-1), Выполнение и защита выпускной квалификационной

работы (ОПК-1)

### Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, классическая лекция, информационные

### Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Основы теории множеств</b>	<b>36</b>	УК-1
Лекция. №1. Множества, элементы множества, подмножества. Конечные и бесконечные множества. Равенство и включение множеств. Способы задания множеств. Диаграммы Эйлера-Венна. Универсальное множество. Операции над множествами: объединение, пересечение, разность, дополнение множеств, симметрическая разность множеств.	2	
Практическое занятие. №1. Операции над множествами. Доказательство тождеств.	2	
Лекция. №2. Законы де Моргана. Закон поглощения. Закон склеивания. Теоретико-множественные преобразования. Тождества алгебры множеств. Упорядоченные системы элементов. Декартово произведение множеств. Понятие степени множества. Соответствия и функции. Область определения и область значений соответствия. Образ и прообраз элемента. Функциональные и взаимно однозначные соответствия. Отображения и функции.	2	
Практическое занятие. №2. Тождества алгебры множеств. Доказательство тождеств.	2	
Лекция. №3. Отношения. Способы задания бинарных отношений. Свойства отношений: рефлексивность, симметричность, транзитивность.	2	
Практическое занятие. №3. Отношения. Бинарные отношения. Свойства отношений.	2	
Лекция. №4. Отношения эквивалентности. Отношения порядка. Упорядоченные множества. Мощность множества.	2	
Практическое занятие. №4. Отношения эквивалентности. Отношения порядка. Упорядоченные множества. Мощность множества.	2	
Лекция. №5. Операции над бинарными отношениями.	2	
Практическое занятие. №5. Операции над бинарными отношениями.	2	
Лекция. №6. Гомоморфизм и изоморфизм. Полугруппы, группы, кольца, тела, поля. Алгебраические системы. Решетки.	2	

Практическое занятие. №6. Алгебраические структуры.	2	УК-1
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР Изучение лекционного материала и подготовка к текущему контролю, изучение дополнительного материала, выполнение домашних заданий и расчетно-графических работ.	12	
<b>Введение в математическую логику</b>	<b>36</b>	
Лекция. №7. Двоичные числа. Функции алгебры логики. Формулы. Таблица истинности.	2	
Практическое занятие. №7. Двоичные числа. Функции алгебры логики. Формулы. Таблица истинности. Проверка равносильности формул по таблице истинности.	2	
Лекция. №8. Понятие предиката. Классификация предикатов. Множество истинности предиката. Равносильность и следование предикатов. Отрицание предиката. Конъюнкция двух предикатов. Дизъюнкция двух предикатов. Свойства отрицания, конъюнкции и дизъюнкции. Импликация и эквивалентность двух предикатов. Отрицание предиката. Конъюнкция двух предикатов. Дизъюнкция двух предикатов. Свойства отрицания, конъюнкции и дизъюнкции. Импликация и эквивалентность двух предикатов. Квантор общности. Квантор существования. Численные кванторы. Ограниченные кванторы.	2	
Практическое занятие. №8. Понятие формулы логики предикатов. Интерпретация формулы. Значение формулы в интерпретации. Классификация формул логики предикатов. Общезначимость и выполнимость формул. Проблема общезначимости, неразрешимость ее в общем случае.	2	
Лекция. №9. Равносильные формулы логики предикатов. Предваренная нормальная форма. Логическое следование формул логики предикатов. Применение языка логики предикатов для записи математических предложений, построение отрицаний предложений.	2	
Практическое занятие. №9. Операции над предикатами. Построение различных предикатов на основе высказываний. Применение кванторных операций к предикатам. Применение понятия равносильности и следования предикатов для решения стандартных задач.	2	
Лекция. №10. Понятие булевой функции. Основные классы булевых функций. Полные системы функций, критерий полноты (теорема Поста). Многочлены Жегалкина, представление булевой функции многочленом Жегалкина.	2	
Практическое занятие. №10. Булевы функции. Многочлены Жегалкина, представление булевой функции многочленом Жегалкина.	2	
Лекция. №11. Совершенные нормальные формы. Двойственные функции и двойственные формулы. Симметрические функции.	2	
Практическое занятие. №11. Совершенные нормальные формы.	2	
Лекция. №12. Булев куб. Различные подходы к задаче минимизации дизъюнктивных нормальных форм.	2	

Практическое занятие. №12. Дизъюнктивные нормальные формы.	2	УК-1
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР Изучение лекционного материала и подготовка к текущему контролю, изучение дополнительного материала, выполнение домашних заданий и расчетно-графических работ.	12	
<b>Элементы теории графов</b>	<b>36</b>	
Лекция. №13. Понятие графа и их основные виды. Смежность вершин и ребер. Понятие валентности вершины. Матрица смежности и инцидентности.	2	
Практическое занятие. №13. Понятие графа и их основные виды.	2	
Лекция. №14. Понятие подграфа. Способы получения подграфов. Дополнение графа. Объединение графов. Соединением графов. Удаление вершины и ребер из графа. Добавление ребра в граф. Стягивание подграфа графа. Размножение вершины графа.	2	
Практическое занятие. №14. Определение валентности вершины по диаграмме и матрице смежности. Применение теории графов в алгебре.	2	
Лекция. №15. Пути и циклы. Связность графа. Компоненты связности графа. Эйлеров путь. Теорема Эйлера. Циклы Гамильтона. Понятия изоморфных графов. Теорема об изоморфных графов. Принцип изоморфизма. Понятие дерева. Дерево покрытия или покрывающее дерево. Теорема о покрывающем дереве. Теорема об элементарных положениях, связанных с деревьями.	2	
Практическое занятие. №15. Пути и циклы. Связность графа. Компоненты связности графа. Изоморфизм графов. Деревья.	2	
Лекция. №16. Ориентированные, упорядоченные и бинарные деревья. Представление деревьев в программах. Планарные графы. Формула Эйлера. Теорема Эйлера и ее следствия. Направленные графы.	2	
Практическое занятие. №16. Ориентированные, упорядоченные и бинарные деревья. Планарные графы. Формула Эйлера. Теорема Эйлера и ее следствия. Направленные графы.	2	
Лекция. №17. Понятие направленного графа, различные виды. Слабо и сильно связный направленный граф. Свойства направленных графов и их связь с ненаправленными. Инвалентность и аутвалентность.	2	
Практическое занятие. №17. Направленные графы.	2	
Лекция. №18. Транспортные сети. Задача о наибольшем потоке: нахождение полного потока, нахождение наибольшего	2	
Практическое занятие. №18. . Транспортная задача.	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР Изучение лекционного материала и подготовка к текущему контролю, изучение дополнительного материала, выполнение домашних заданий и расчетно-графических работ.	12	
Иная контактная работа:	0	

## Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины Дискретная математика рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

**Занятия лекционного типа** дают систематизированные знания по дисциплине Дискретная математика, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации.

**Подготовка к занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом практического занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины Дискретная математика.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины Дискретная математика, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины Дискретная математика, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам. Изучение дисциплины Дискретная математика включает выполнение расчётно-графической работы, контрольной работы.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине Дискретная математика является зачёт.

## Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	Иванов, Борис Николаевич. Дискретная математика: алгоритмы и программы [Текст] : [Учеб. изд.] / Б. Н. Иванов. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. - 288 с. ISBN 5-93208-093-0. Экземпляры: всего 26.	26
2.	Горбатов, Вячеслав Афанасьевич. Дискретная математика [Текст] : учебник для втузов / В. А. Горбатов, А. В. Горбатов, М. В. Горбатова. М.Москва: АСТАстрель, 2003. - 447 с. ISBN 5-17-019257-65-271-06991-5. Экземпляры: всего 45.	45
3.	Хаггарт, Род. Дискретная математика для программистов [Текст] : [учебное пособие по направлению "Прикладная математика"] / Р. Хаггарт ; пер. с англ. под ред. С. А. Кулешова с доп. А. А. Ковалева, В. А. Головешкина, М.	7



	В. Ульянова. 2-е изд., испр. Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2016. - 399 с. ISBN 978-5-94836-303-5. Экземпляры: всего	
4.	Судоплатов, Сергей Владимирович. Дискретная математика [Текст] : учебник и практикум для академического бакалавриата : [по инженерно-техническим и естественнонаучным направлениям] / С. В. Судоплатов, Е. В. Овчинникова; Новосиб. гос. техн. ун-т. 5-е изд., испр. и доп. Москва: Юрайт, 2017. - 279 с. ISBN 978-5-534-00871-5. Экземпляры: всего 10.	10
5.	Хаггарт, Р. Дискретная математика для программистов [Электронный ресурс] / Хаггарт Р. Москва: Техносфера, 2012 ISBN 978-5-94836-303-5.	<a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=73011">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=73011</a>
6.	Иванов, Б. Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы. Расширенный курс [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Иванов Б. Н. Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 668 с. ISBN 978-5-507-45685-7.	<a href="https://e.lanbook.com/book/356132">https://e.lanbook.com/book/356132</a>
7.	Новиков, Федор Александрович. Дискретная математика для программистов [Текст] : [учеб. пособие для студентов вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Информатика и вычисл. техника"] / Ф. А. Новиков. 2-е изд. Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2005. - 363 с. ISBN 5-94723-741-5. Экземпляры: всего 33.	33

## 6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	324 (II)	Доска аудиторная 1000*1500 (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
2.	441 (I)	Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-

		Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
--	--	---

## Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий	Зачтено

### 7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

### 7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

## контрольная работа

1. Составить матрицу инцидентности.
2. По матрице смежности вершин построить граф.

3. Доказать, что графы изоморфны/неизоморфны.
- 4.. Какой из приведенных графов является эйлеровым?
5. Если граф является двудольным, то его множество вершин разбито на \_\_\_\_\_ множества  
а) два; б) три; в) четыре; г) пять.
6. Смешанный граф содержит \_\_\_\_\_  
а) ребра и вершины; б) ребра и дуги и вершины; в) дуги и вершины; г) вершина и ребра.
7. Матрица смежности неориентированного графа всегда \_\_\_\_\_  
а) симметрична; б) несимметрична; в) антисимметрична; г) нулевая.
8. Из цифр 1,2,3 можно составить \_\_\_\_\_ двухзначных чисел  
а) 6; б) 4; в) 7; г)

### Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

#### Вопросы к зачёту

1. Множества. Способы задания множеств. Равенство и включение множеств.
2. Подмножество, операции объединения, пересечения, разности, дополнения множеств.
3. Упорядоченные системы элементов.
4. Декартово ( прямое ) произведение множеств. Понятие степени множества.
5. Соответствия. Область определения и область значений соответствия.
6. Образ и прообраз элемента. Взаимно однозначные соответствия.
7. Отношения. Свойства отношений.
8. Отношения эквивалентности.
9. Отношения порядка, отношение предшествования.
10. Мощность множества.
11. Основные структуры на множестве.
12. Алгебры.
13. Свойства бинарных алгебраических операций.
14. Логические функции ( функции алгебры логики).
15. Примеры логических функций.
16. Суперпозиции и формулы.
17. Разложение функций по переменным.
18. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма ( СДНФ ).
19. Булева алгебра функций.
20. Свойства булевых операций.
21. Эквивалентные преобразования в булевой алгебре: упрощение формул, приведение к

дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ, СДНФ ).

22. Двойственность.
23. Алгебра Жегалкина и линейные функции.
24. Замкнутые классы. Монотонные функции.
25. Две теоремы о функциональной полноте.
26. Графы, их вершины, ребра и дуги. Изображение графов.
27. Матрица инцидентности и список ребер. Матрица смежности графа. Идентификация графов, заданных своими представлениями. Изоморфные графы.
28. Степени вершин графа. Локальные степени ориентированных графов. Части, суграфы и подграфы. Операции с частями графа.
29. Маршруты, цепи, циклы. Связные компоненты графа. Расстояния. Диаметр, радиус и центр графа. Произведение графов.
30. Задача о кенигсбергских мостах.
31. Понятие дерева. Отношение порядка и отношение эквивалентности на графе.
32. Числовые характеристики графов.
33. Задача о кратчайшем пути. Постановка задачи.
34. Нахождение кратчайшего пути в графе с ребрами единичной длины.
35. Построение графа наименьшей длины.
36. Транспортные сети. Основные понятия.
37. Транспортная задача.

