

Образовательно-научный институт  
транспортных систем (ИТС)

\_\_\_\_\_  
подпись                      ФИО  
“                      ”                      2021 г.

для подготовки магистров

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

1

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 23.04.02 "Наземные транспортно-технологические комплексы", утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ

от 07.08.2020 № 917 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ

протокол от 03.12.2020 № 4

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 31.05.21 № 6

Зав. кафедрой: к.ф.-м.н., доцент, Ерофеева Л.Н. \_\_\_\_\_

(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИТС, протокол от 09.06.2021 г.  
№ 10

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 23.04.02-а-3

Начальник МО \_\_\_\_\_

(подпись)

Заведующая отделом комплектования НТБ

(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины .....	<b>ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕ</b>	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....		4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....		4
4. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины .....		7
5. Структура и содержание дисциплины .....		12
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины .....		14
7. Информационное обеспечение дисциплины .....		15
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ .....		16
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....		17
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины .....		18
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины .....		20
12. Лист актуализации рабочей программы дисциплины .....		32

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**1.1. Целями освоения дисциплины «Прикладная математика»** является формирование объективного и целостного естественнонаучного мировоззрения; углубление, развитие и систематизация математических знаний, необходимых при решении практических вопросов разного уровня сложности в ходе выполнения профессиональных задач в области научно-исследовательской, производственно-технологической и проектной деятельности

### **1.2. Задачи освоения дисциплины:**

Данная дисциплина готовит к решению следующих профессиональных задач:

системный анализ, обобщение научно-технической информации;

системно-аналитическая постановка задач математического, физического и других видов моделирования процессов и объектов исследования ими, формулировка задач исследования на базе системного анализа и управления;

проведение натурных, вычислительных и др. исследований по заданной методике и системный анализ их результатов;

выполнение измерений и описаний исследований, подготовка данных для составления отчетов;

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

**2.1. Учебная дисциплина "Прикладная математика"** включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы магистратуры по направлению 23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, поданному направлению подготовки.

Дисциплина основывается на базовых знаниях, полученных студентами при изучении математики в курсе бакалавриата. Дисциплина "Прикладная математика" является основополагающей для изучения ряда общенаучных и специальных дисциплин.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении большей части дисциплин.

Рабочая программа дисциплины "Прикладная математика" для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Процесс изучения дисциплины (модуля) "Прикладная математика" направлен на:

- формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки (специальности) 23.04.02 "Наземные транспортно-технологические комплексы":

а) общепрофессиональных (ОПК): ОПК-1, ОПК-5.

*Таблица 1- Формирование компетенций дисциплинами*

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i>	<i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i>			
<b>ОПК-1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Б1.Б.2 Компьютерные и информационные технологии	✓			
<b>Б1.Б.3 Прикладная математика</b>	✓			
Б1.Б.6 Планирование и организация научного исследования		✓	✓	
Б1.Б.8 Математическое моделирование транспортно-технологических систем			✓	
Б2.П.2 Научно-исследовательская работа	✓	✓	✓	✓
Б3.Д.1 Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				✓

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i>	<i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i>			
<b>ОПК-5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Б1.Б.2 Компьютерные и информационные технологии	✓			
<b>Б1.Б.3 Прикладная математика</b>	✓			
Б1.Б.5 Исследования и испытания наземных транспортно-технологических машин			✓	
Б1.Б.8 Математическое моделирование транспортно-технологических систем			✓	
Б3.Д.1 Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				✓

**ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С  
ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП**

*Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения*

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
<b>ОПК-1</b> Способен ставить и решать научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей с учетом последних достижений науки и техники	<b>ИОПК-1.3.</b> Применяет методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	Знать: - основные элементы математической статистики; - основы метода конечных элементов; - принципы применения методов математической статистики и метода конечных элементов при решении прикладных технических задач.	Уметь: - применять методы математической статистики и метод конечных элементов в технических приложениях	Владеть: - принципами математических рассуждений и математических доказательств; - способностью переформулировки технических задач на математический язык; - методами математического моделирования и анализа; - способностью подбора подходящего математического аппарата для решения технической задачи.	Контрольные вопросы по практическим работам. Задания к РГР	Вопросы для письменного зачета (24 билета)
<b>ОПК-5</b> Способен применять инструментальный формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов	<b>ИОПК-5.1</b> Осуществляет формализацию научно-технических задач в сфере разработки и проектирования транспортно-технологических машин и комплексов	Знать: - принципы применения методов математической статистики и метода конечных элементов при решении прикладных технических задач.	Уметь: - применять методы математической статистики и метод конечных элементов в технических приложениях.	Владеть: - методами математического моделирования и анализа; - способностью подбора подходящего математического аппарата для решения технической задачи.	Контрольные вопросы по практическим работам. Задания к РГР	Вопросы для письменного зачета (24 билета)

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 23.е. 72 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

*Таблица 3 -Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работпо семестрам*

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего часов	В т.ч. по семестрам
		1 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	с использованием элементов электронного обучения	
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>39</b>	<b>39</b>
<b>Аудиторная работа,в том числе:</b>		
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др)	17	17
лабораторные работы (ЛР)		
<b>Внеаудиторная, в том числе</b>	5	5
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	5	5
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>33</b>	<b>33</b>
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	1	1
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	27	27
<b>Подготовка к зачету (контроль)</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 -Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
1 СЕМЕСТР									
ОПК-1 ИОПК-1.3 ОПК-5 ИОПК-5.1	Раздел 1 Математическая статистика								
	Тема 1.1. Основы математической теории выборочного метода	2		2	4	проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям	Интерактивная лекция, лекция с заранее запланированными ошибками, проблемная лекция, групповая дискуссия, метод работы в малых группах, метод «мозговой штурм»		
	Тема 1.2.Проверка статистических гипотез	2		2	4	проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий,	Интерактивная лекция, лекция с заранее запланированными ошибками, проблемная лекция, групповая		



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						подготовка к практическим занятиям	дискуссия, метод работы в малых группах, метод «мозговой штурм»		
	Тема 1.3. Элементы корреляционно-регрессионного анализа	2		2	4	проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям	Интерактивная лекция, лекция с заранее запланированными ошибками, проблемная лекция, групповая дискуссия, метод работы в малых группах, метод «мозговой штурм»		
	Итого по 1 разделу	6		6	12				
ОПК-1 ИОПК-1.3 ОПК-5 ИОПК-5.1	Раздел 2Метод наименьших квадратов								
	Тема 2.1. Основы реализации метода наименьших квадратов	2		2	4	проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к	Интерактивная лекция, лекция с заранее запланированными ошибками, проблемная лекция, групповая дискуссия, метод		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						практическим занятиям	работы в малых группах, метод «мозговой штурм»		
	Тема 2.2. Математическое моделирование (реальная задача)	5		5	9	проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям	Интерактивная лекция, лекция с заранее запланированными ошибками, проблемная лекция, групповая дискуссия, метод работы в малых группах, метод «мозговой штурм»		
	Итого по 2 разделу	7		7	13				
ОПК-1 ИОПК-1.3 ОПК-5 ИОПК-5.1	Раздел 3 Элементы теории графов								
	Тема 3.1Основы теории графов	2		2	4	проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям	Интерактивная лекция, лекция с заранее запланированными ошибками, проблемная лекция, групповая дискуссия, метод работы в малых группах, метод «мозговой штурм»		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						занятиям	группах, метод «мозговой штурм»		
	Тема 3.2 Транспортные алгоритмы теории графов	2		2	4	проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям	Интерактивная лекция, лекция с заранее запланированными ошибками, проблемная лекция, групповая дискуссия, метод работы в малых группах, метод «мозговой штурм»		
	Итого по 3 разделу	4		4	8				
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР		17		17	33				
ИТОГО по дисциплине		17		17	33				

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.**

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: выборочный устный опрос по темам лекционных занятий, решение практических задач, контрольные работы.

### **5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

Вопросы, индивидуальные задания и задачи представлены в методических указаниях к практическим занятиям[3.1 – 3.3], представленных в п. 6.3.

### **5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине для текущего контроля в семестре (первая и вторая контрольная неделя) применяется **балльно-рейтинговая/традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

*Таблица 5 – Балльно-рейтинговая система оценивания*

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Зачет</b>
<b>41-50</b>	зачтено
<b>31-40</b>	зачтено
<b>21-30</b>	зачтено
<b>0-20</b>	не зачтено

При промежуточном контроле (зачет) успеваемость студентов оценивается по системе: «зачтено»/ «не зачтено», оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости по дисциплине.

**Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
<b>ОПК-1</b> Способен ставить и решать научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей с учетом последних достижений науки и техники	<b>ИОПК-1.3.</b> Применяет методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	Не умеет применять математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	Умеет применять математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности на начальном уровне	Умеет применять математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности на среднем уровне	Уверенно умеет применять математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности
<b>ОПК-5</b> Способен применять инструментарий формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов	<b>ИОПК-5.1.</b> Осуществляет формализацию научно-технических задач в сфере разработки и проектирования транспортно-технологических машин и комплексов	Не умеет использовать математическое моделирование при проектировании систем и процессов	Умеет использовать математическое моделирование при проектировании систем и процессов на начальном уровне	Умеет использовать математическое моделирование при проектировании систем и процессов на среднем уровне	Уверенно умеет использовать математическое моделирование при проектировании систем и процессов

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда**

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

1.1 Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учебник для вузов / Е.С. Вентцель. -5-: е.изд., стер. - М. Высш.шк.,1999. - 576 с.

1.2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие / В.Е. Гмурман. -10-е изд., стер.- М.: Высш.шк., 2004.- 479с.

1.3. Письменный Д. Т. Конспект лекций по высшей математике. В 2-х частях. Часть 2 / Д. Т. Письменный. -М.: Айрис-Пресс - 2018 г. - 256 с.

### **6.2. Справочно-библиографическая литература**

2.1. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике / М. Я. Выгодский// АСТ - 2019 г.– 704 с.

2.2. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистики: Учеб. пособие/В.Е.Гмурман. -11-еизд., перераб.-М. Высш.шк., М.: Высш.шк., 2007.-406с.

2.3. Письменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей и математической статистике.-М.: Айрис-пресс, 2004-256с.

### **6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

#### **6.3.1 Методические указания, разработанные преподавателями:**

3.1. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике [Электронные текстовые данные] Учебное пособие/ Л.Н. Ерофеева, С.В. Лещева; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2014.

3.2. Аниковский В.В., Ерофеева Л.Н. Математическая статистика. Основные понятия. Задачи. Руководство к решению задач: учеб. пособие / Нижегород. гос. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2013.

3.3. Использование прикладных программных средств при решении задач математической статистики: учебно-метод. пособие для студентов всех специальностей и всех форм обучения / НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: Л.Н. Мазунова, Н.В. Мохнина, Н.В. Юрова. – Н. Новгород, 2021.– 45 с.

#### **6.3.2 Методические указания, разработанные НГТУ**

3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_aydit\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20).  
Дата обращения 23.09.2015.

3.2 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный

адрес:[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samost\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samost_rab.pdf?20).

3.3 Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес:[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf).

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ):

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.
2. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. [Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса](http://elibrary.ru/defaultx.asp) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа:<http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
5. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
6. [Polpred.com](http://polpred.com). Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа:<http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
7. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
8. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

### Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

**Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем**

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

**Таблица 8 - Перечень программного обеспечения**

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подписка)	Open Office 4.1.1

<b>Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе</b>	<b>Программное обеспечение свободного распространения</b>
DreamSparkPremium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	(лицензияApache License 2.0)
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare)
Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	
Microsoft Office (лицензия № 43178972)	
Windows XP лиц. № 65609340	
Office 2007 лиц. № 43178971	
Microsoft Windows XP Professional (лицензия № 43178980)	
MicrosoftOffice 2007 (лицензия № 44804588)	
1С предприятие 8.1 (лицензионное соглашение №800908353 с ЗАО «1С»)	
Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135)	
Dr.Web (договор № 31704840788 от 20.03.17)	
КонсультантПлюс (Договор № 28-13/16-313 от 27.12.16)	
Техэксперт (Договор №100/860 от 22.12.2016)	

В табл.9 указанперечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

**Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

<b>№</b>	<b>Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы</b>	<b>Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)</b>
<b>1</b>	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
<b>2</b>	Электронная база избранных статей по философии	<a href="http://www.philosophy.ru/">http://www.philosophy.ru/</a>
<b>3</b>	Единый архив экономических и социологических данных	<a href="http://sophist.hse.ru/data_access.shtml">http://sophist.hse.ru/data_access.shtml</a>
<b>4</b>	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	<a href="http://www.ncva.ru">http://www.ncva.ru</a>
<b>5</b>	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
<b>6</b>	Информационно-справочная система «Техэксперт»	доступ из локальной сети

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ**

В табл.10указанперечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При



заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

**Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ**

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе.

**Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине**

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Ауд. 1126 (г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, корп. 1), 28 посадочных мест	1. Доска меловая; 2. Телевизор LG Smart-TV; 3. ПК Intel Celeron-1200/2 Gb RAM/NVIDIA GeForce/HDD 500; 4. Иллюстративный материал по устройству машин для земляных работ; 5. Иллюстративный материал (масштабные модели машин для земляных работ с подвижными рабочими органами); 6. Иллюстративный материал по Правилам дорожного движения (плакаты)	Windows 7 Профессиональная (лицензия 55041-005-5563565-86081), Microsoft Office стандартный 2010 (лицензия 02278-592-2972951-38292), AutoDesk AutoCAD 2012 (серийный №540-46966181 сетевая лицензия 85769EMS_2012_OF)
2	Ауд. 1139 (г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, корп. 1), 32 посадочных мест	1. Доска меловая; 2. Телевизор LG Smart-TV; 3. ПК Intel Celeron-1200/2 Gb RAM/NVIDIA GeForce/HDD 500; 4. Иллюстративный материал по устройству машин для земляных работ; 5.	Windows XP Professional (76456-640-8816093-23045), Microsoft Office 2007 (89407-707-6552566-63618)

<b>№</b>	<b>Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
		Иллюстративный материал (масштабные модели машин для земляных работ с подвижными рабочими органами); 6. Иллюстративный материал по Правилам дорожного движения (плакаты)	
3	Ауд. 8220 (г. Нижний Новгород, ул. Семашко, 5б, корп. 8), 10 посадочных мест	1. ПК Intel Core™i3-10100/8 Gb RAM/HDD 500; 2. Телевизор 32LG-5000; 3. МФУ Canon MF3228; 4. зона доступа Wi-Fi кафедры	Windows XP Professional Russian 082 DEPO (QO7Y4-JBRXQ-P7VQR-PBJHB-YQB76), Microsoft Office 2007 SP2 MSO (89396-707-1539003-65360)
4	Ауд. 8221 (г. Нижний Новгород, ул. Семашко, 5б, корп. 8), 30 посадочных мест	1. Доска меловая; 2. Ноутбук Lenovo B50; 3. Проектор Epson H429B; 4. Переносной экран; 5. Стенд «Система питания двигателя»; 6. Стенд «Электрооборудование автомобиля»; 7. Стенд «Рабочая тормозная система»; 8. Функциональные модели узлов и агрегатов строительных и дорожных машин; 9. Детали отдельных узлов и агрегатов автомобилей и тракторов; 10. Иллюстративный материал по устройству автомобилей и тракторов; 11. Блок цилиндров ЗМЗ-53; 12. Коленчатый вал ЯМЗ-238; Вал распределительный ЯМЗ-236; 13. зона доступа Wi-Fi кафедры	Windows XP Professional Russian 082 DEPO; MS Office 2007 (OEM-лицензия ТУК6В-8ТQW8-КТ2DJ-9QD88-PCM73; №43847744)

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии**

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с

расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- интерактивная лекция;
- лекция с заранее запланированными ошибками;
- проблемная лекция;
- групповая дискуссия;
- метод работы в малых группах;
- метод «мозговой штурм»;
- балльно-рейтинговая технология оценивания (при наличии);
- расчетная работа.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии за набранными за семестр баллами. Студенты, выполнившие все обязательные виды запланированных учебных занятий к прохождению промежуточной аттестации (зачету).

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

## **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа**

Практические занятия направлены на формирование навыков решения практических задач, применяя полученные теоретические знания, а также навыков самостоятельной работы под руководством преподавателя.

На практических занятиях проводится решение расчетных задач и упражнений в процессе проработки наиболее сложных в теоретическом плане проблем и проводятся в трех формах:

- 1) устный опрос студентов по конкретной тематике практического занятия;
- 2) решение и объяснение типовых задач по данной теме;
- 3) самостоятельная работа студентов с использованием учебных пособий, лекций и консультаций преподавателя при выполнении ими контрольных заданий.

#### **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в табл. 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

#### **10.6. Методические указания для выполнения контрольных работ**

При изучении курса "Прикладная математика" проводится 1 расчетно-графическая работа по теме "Транспортные алгоритмы теории графов" по разделу 3, тема 3.2 (таблица 4).

### **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

Вопросы, индивидуальные задания и задачи представлены в методических указаниях к практическим занятиям [3.1 – 3.3], представленных в п. 6.3.

#### **Примеры типовых заданий:**

##### **11.1.1. Типовые задания к практическим (семинарским) занятиям**

###### **1. Тема 1.2. "Проверка статистических гипотез"**

Произведены измерения отклонений размера деталей от стандарта. Результаты сведены в таблицу. Построить гистограмму, выдвинуть гипотезу о законе распределения исследуемой случайной величины и с помощью критерия согласия Пирсона при заданном уровне значимости  $\alpha = 0,01$  проверить данную гипотезу.

Границы отклонений	7-9	9-11	11-13	13-15	15-17
Число деталей	5	23	41	20	11

## 2. Тема 1.3. "Элементы корреляционно-регрессионного анализа"

В таблице дано распределение 100 проб руды по содержанию окиси железа  $X$  (%) и закиси железа  $Y$  (%):

$Y$	$X$					
	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
0-6					4	6
6-12			6	6	8	
12-18	1	2	14	3		
18-24	6	18	2			
24-30	4	10	2			
30-36	6	2				

Требуется:

- Найти условные средние  $\bar{y}_x$  и построить эмпирическую линию регрессии  $Y$  на  $X$ .
- Вычислить выборочный коэффициент корреляции, проверить его значимость и сделать вывод о связи случайных величин  $X$  и  $Y$ .

### 11.1.2. Типовые задания к расчетно-графической работе «ОСНОВНЫЕ АЛГОРИТМЫ ТЕОРИИ ГРАФОВ»

Цель занятия – приобретение практических навыков применения алгоритмов теории графов, используемых для моделирования транспортных процессов.

Предварительные указания

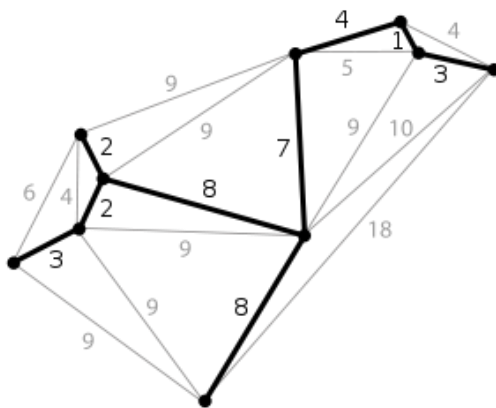
- Перед выполнением лабораторной работы каждый студент должен изучить теорию вопроса по имеющемуся лекционному материалу или учебнику, и ознакомиться с описанием работы.
- Работа выполняется индивидуально каждым студентом под руководством преподавателя.
- Запись исходных данных для выполнения работы осуществляется на именном бумажном листе и предъявляется преподавателю для визирования перед началом выполнения работы.
- К началу следующего занятия студент оформляет и сдает преподавателю законченный отчет по предыдущей работе. Защита отчета происходит в форме собеседования преподавателя со студентом по теоретическим вопросам, относящимся к выполненной работе. Работа предоставляется на бумажном носителе в распечатанном виде любым русифицированным шрифтом 12 – 20 размера.
- Контрольные вопросы определяются преподавателем в рамках соответствующей тематики работы. Количество основных вопросов составляет 2-3.  
По усмотрению преподавателя могут быть заданы дополнительные вопросы, но не более двух. Ответы на вопросы осуществляются в устной форме. В процессе защиты лабораторной работы студенту не разрешается использовать конспекты лекций, учебник и т.п.
- Подготовка к ответам на контрольные вопросы проводится во внеурочное время и относится к самостоятельной работе студентов.

## **1. Построение графа минимального веса**

Минимальное остовное дерево (или минимальное покрывающее дерево) в связном, взвешенном, неориентированном графе — это остовное дерево этого графа, имеющее минимальный возможный вес, где под весом дерева понимается сумма весов входящих в него рёбер.

Задача о нахождении минимального остовного дерева часто встречается в подобной постановке: допустим, есть  $n$  городов, которые необходимо соединить дорогами, так, чтобы можно было добраться из любого города в любой другой (напрямую или через другие города). Разрешается строить дороги между заданными парами городов и известна стоимость строительства каждой такой дороги. Требуется решить, какие именно дороги нужно строить, чтобы минимизировать общую стоимость строительства.

Эта задача может быть сформулирована в терминах теории графов как задача о нахождении минимального остовного дерева в графе, вершины которого представляют города, рёбра — это пары городов, между которыми можно проложить прямую дорогу, а вес ребра равен стоимости строительства соответствующей дороги.



## **Алгоритмы**

Существует несколько алгоритмов для нахождения минимального остовного дерева. Некоторые наиболее известные из них перечислены ниже:

Алгоритм Прима;

Алгоритм Краскала (или алгоритм Крускала);

Алгоритм Борувки.

Алгоритм Прима — алгоритм построения минимального остовного дерева взвешенного связного неориентированного графа. Алгоритм впервые был открыт в 1930 году чешским математиком Войцехом Ярником, позже переоткрыт Робертом Примом в 1957 году, и, независимо от них, Э. Дейкстрой в 1959 году.

Построение начинается с дерева, включающего в себя одну (произвольную) вершину. В течение работы алгоритма дерево разрастается, пока не охватит все вершины исходного графа. На каждом шаге алгоритма к текущему дереву присоединяется самое

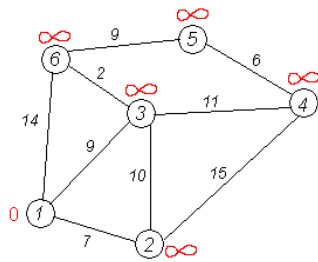
лёгкое из рёбер, соединяющих вершину из построенного дерева, и вершину не из дерева.

Изображение	Множество выбранных вершин $U$	Рёбра $(u, v)$	Множество нев выбранных вершин $V \setminus U$	Описание
	$\emptyset$		$\{A, B, C, D, E, F, G\}$	Исходный взвешенный граф. Числа возле рёбер показывают их веса, которые можно рассматривать как расстояния между вершинами.
	$\{D\}$	$(D, A) = 5$ $(D, B) = 9$ $(D, E) = 15$ $(D, F) = 6$	$\{A, B, C, E, F, G\}$	В качестве начальной произвольно выбирается вершина D. Каждая из вершин A, B, E and F соединена с D единственным рёбром. Вершина A — ближайшая к D, и выбирается как вторая вершина вместе с рёбром AD.
	$\{A, D\}$	$(D, B) = 9$ $(D, E) = 15$ $(D, F) = 6$ $(A, B) = 7$	$\{B, C, E, F, G\}$	Следующая вершина — ближайшая к любой из выбранных вершин D или A. B удалена от D на 9 и от A — на 7. Расстояние до E равно 15, а до F — 6. F является ближайшей вершиной, поэтому она включается в дерево F вместе с рёбром DF.
	$\{A, D, F\}$	$(D, B) = 9$ $(D, E) = 15$ $(A, B) = 7$ $(F, E) = 8$ $(F, G) = 11$	$\{B, C, E, G\}$	Аналогичным образом выбирается вершина B, удаленная от A на 7.
	$\{A, B, D, F\}$	$(B, C) = 8$ $(B, E) = 7$ $(D, B) = 9$ cycle $(D, E) = 15$ $(F, E) = 8$ $(F, G) = 11$	$\{C, E, G\}$	В этом случае есть возможность выбрать либо C, либо E, либо G. C удалена от B на 8, E удалена от B на 7, а G удалена от F на 11. E — ближайшая вершина, поэтому выбирается E и рёбро BE.
	$\{A, B, D, E, F\}$	$(B, C) = 8$ $(D, B) = 9$ цикл $(D, E) = 15$ цикл $(E, C) = 5$ $(E, G) = 9$ $(F, E) = 8$ цикл $(F, G) = 11$	$\{C, G\}$	Здесь доступны только вершины C и G. Расстояние от E до C равно 5, а до G — 9. Выбирается вершина C и рёбро EC.

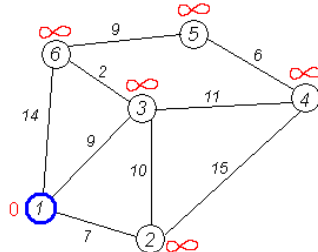




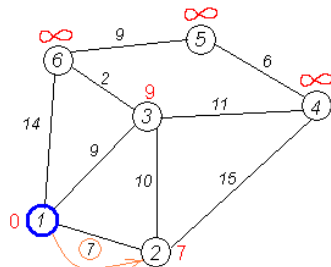




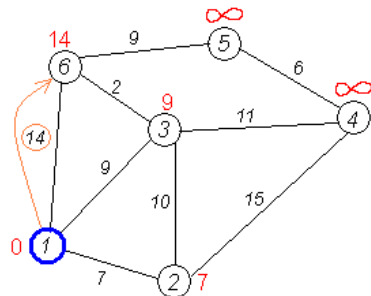
**Первый шаг.** Рассмотрим шаг алгоритма Дейкстры для нашего примера. Минимальную метку имеет вершина 1. Её соседями являются вершины 2, 3 и 6.



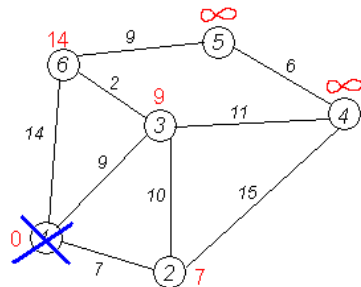
Первый по очереди сосед вершины 1 — вершина 2, потому что длина пути до неё минимальна. Длина пути в неё через вершину 1 равна сумме кратчайшего расстояния до вершины 1, значению её метки, и длины ребра, идущего из 1-й в 2-ю, то есть  $0 + 7 = 7$ . Это меньше текущей метки вершины 2, бесконечности, поэтому новая метка 2-й вершины равна 7.



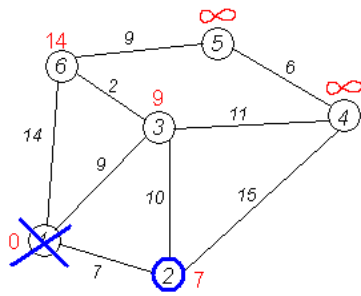
Аналогичную операцию проделываем с двумя другими соседями 1-й вершины — 3-й и 6-й.



Все соседи вершины 1 проверены. Текущее минимальное расстояние до вершины 1 считается окончательным и пересмотру не подлежит (то, что это действительно так, впервые доказал Э. Дейкстра). Вычеркнем её из графа, чтобы отметить, что эта вершина посещена.



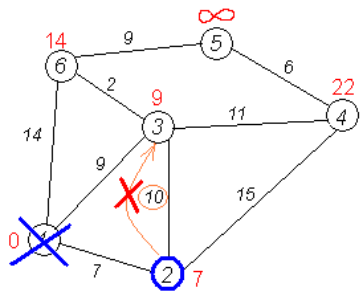
**Второй шаг.** Шаг алгоритма повторяется. Снова находим «ближайшую» из непосещенных вершин. Это вершина 2 с меткой 7.



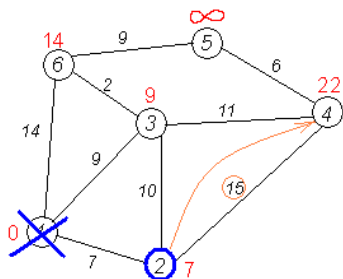
Снова пытаемся уменьшить метки соседей выбранной вершины, пытаемся пройти в них через 2-ю вершину. Соседями вершины 2 являются вершины 1, 3 и 4.

Первый (по порядку) сосед вершины 2 — вершина 1. Но она уже посещена, поэтому с 1-й вершиной ничего не делаем.

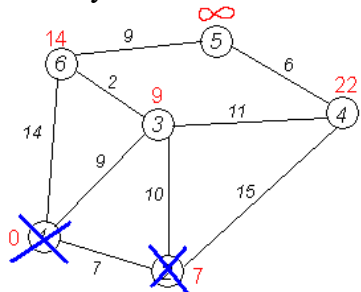
Следующий сосед вершины 2 — вершина 3, так как имеет минимальную метку из вершин, отмеченных как не посещённые. Если идти в неё через 2, то длина такого пути будет равна 17 ( $7 + 10 = 17$ ). Но текущая метка третьей вершины равна  $9 < 17$ , поэтому метка не меняется.



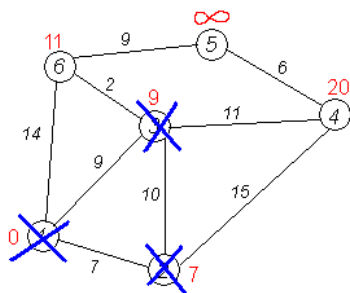
Ещё один сосед вершины 2 — вершина 4. Если идти в неё через 2-ю, то длина такого пути будет равна сумме кратчайшего расстояния до 2-й вершины и расстояния между вершинами 2 и 4, то есть 22 ( $7 + 15 = 22$ ). Поскольку  $22 < \infty$ , устанавливаем метку вершины 4 равной 22.



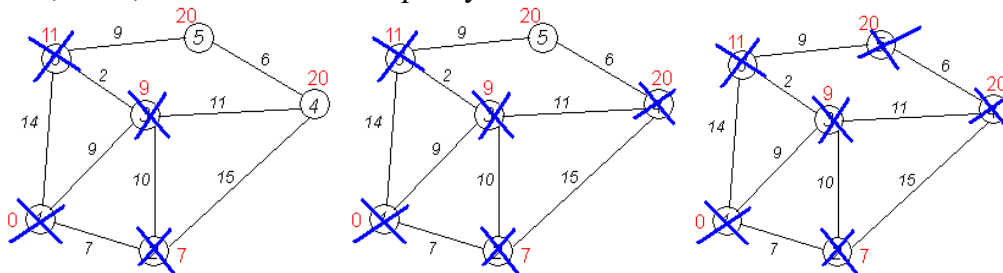
Все соседи вершины 2 просмотрены, замораживаем расстояние до неё и помечаем её как посещённую.



Третий шаг. Повторяем шаг алгоритма, выбрав вершину 3. После её «обработки» получим такие результаты:



Дальнейшие шаги. Повторяем шаг алгоритма для оставшихся вершин. Это будут вершины 6, 4 и 5, соответственно порядку.



Завершение выполнения алгоритма. Алгоритм заканчивает работу, когда нельзя больше обработать ни одной вершины. В данном примере все вершины зачеркнуты, однако ошибочно полагать, что так будет в любом примере - некоторые вершины могут остаться незачеркнутыми, если до них нельзя добраться. Результат работы алгоритма виден на последнем рисунке: кратчайший путь от вершины 1 до 2-й составляет 7, до 3-й — 9, до 4-й — 20, до 5-й — 20, до 6-й — 11.

### 3. Нахождение максимального потока

Дадим сначала несколько вспомогательных определений.

Транспортная сеть — ориентированный граф  $G = (V, E)$ , в котором каждое ребро  $(u, v) \in E$  имеет неотрицательную пропускную способность  $c(u, v) \geq 0$  и поток  $f(u, v)$ . Выделяются две вершины: источник  $s$  и сток  $t$  такие, что любая другая вершина сети лежит на пути из  $s$  в  $t$ . Транспортная сеть может быть использована для моделирования, например, дорожного трафика.

Пусть дана транспортная сеть  $N = (V, E)$  с источником  $s \in V$ , стоком  $t \in V$  и пропускными способностями  $c(u, v) \geq 0$ .

Величиной потока (value of flow) называется сумма потоков из источника  $|f| = \sum_{v \in V} f_{sv}$ .

Она равна сумме потоков в сток  $\sum_{w \in V} f(w, t)$

Задача о максимальном потоке заключается в нахождении потока такого, что величина потока максимальна.

Задача о максимальном потоке заключается в нахождении потока такого, что величина потока максимальна.

Методы решения:

- линейное программирование (симплекс-метод);
- алгоритм Форда-Фалкерсона;
- алгоритм Эдмондса-Карпа
- алгоритм Диница и др.

Алгоритм Эдмондса-Карпа.

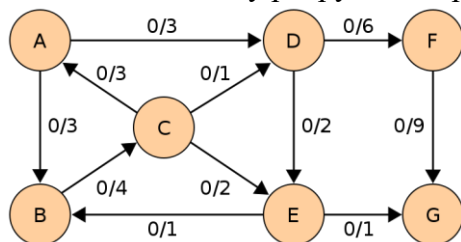
Алгоритм Эдмондса — Карпа — это вариант алгоритма Форда — Фалкерсона, при котором на каждом шаге выбирают кратчайший дополняющий путь из источника в сток в остаточной сети (полагая, что каждое ребро имеет единичную длину). Кратчайший путь находится поиском в ширину.

### Описание

1. Обнуляем все потоки. Остаточная сеть изначально совпадает с исходной сетью.
  2. В остаточной сети находим кратчайший путь из источника в сток. Если такого пути нет, останавливаемся.
  3. Пускаем через найденный путь (он называется увеличивающим путём или увеличивающей цепью) максимально возможный поток:
    - 3.1. На найденном пути в остаточной сети ищем ребро с минимальной пропускной способностью.
    - 3.2. Для каждого ребра на найденном пути увеличиваем поток на  $\Delta$ , а в противоположном ему — уменьшаем на  $\Delta$ .
    - 3.3. Модифицируем остаточную сеть. Для всех рёбер на найденном пути, а также для противоположных им рёбер, вычисляем новую пропускную способность. Если она стала ненулевой, добавляем ребро к остаточной сети, а если обнулилась, стираем его.
  4. Возвращаемся на шаг 2.
- Чтобы найти кратчайший путь в графе, используем поиск в ширину:
1. Создаём очередь вершин  $O$ . Вначале  $O$  состоит из единственной вершины  $s$ .
  2. Отмечаем вершину  $s$  как посещённую, без предка, а все остальные как непосещённые.
  3. Пока очередь непуста, выполняем следующие шаги:
    - 3.1. Удаляем первую в очереди вершину  $u$ .
    - 3.2. Для всех рёбер  $(u, v)$ , исходящих из вершины  $u$ , таких что вершина  $v$  ещё не посещена, выполняем следующие шаги:
      - 3.2.1. Отмечаем вершину  $v$  как посещённую, с предком  $u$ .
      - 3.2.2. Добавляем вершину  $v$  в конец очереди
      - 3.2.3. Если  $v=t$ , выходим из обоих циклов: мы нашли кратчайший путь.
      - 3.2.4. Если очередь пуста, возвращаем ответ, что пути нет вообще и останавливаемся.
      - 3.2.5. Если нет, идём от  $t$  к  $s$ , каждый раз переходя к предку. Возвращаем путь в обратном порядке.

### Пример.

Пусть задана сеть с истоком в вершине  $A$  и стоком в вершине  $G$ . На рисунке парой обозначен поток по этому ребру и его пропускная способность.



### Поиск в ширину

Опишем поиск в ширину на первом шаге.

Очередь состоит из единственной вершины  $A$ . Посещена вершина  $A$ . Предков нет.

Очередь состоит (от начала к концу) из вершин  $B$  и  $D$ . Посещены вершины  $A, B, D$ . Вершины  $B, D$  имеют предка  $A$ .

Очередь состоит из вершин  $D$  и  $C$ . Посещены  $A, B, C, D$ . Вершины  $B, D$  имеют предка  $A$ , вершина  $C$  — предка  $B$ .

Очередь состоит из вершин  $C, E, F$ . Посещены  $A, B, C, D, E, F$ . Вершины  $B, D$  имеют предка  $A$ , вершина  $C$  — предка  $B$ , вершины  $E, F$  — предка  $D$ .

Вершина  $C$  удаляется из очереди: рёбра из неё ведут только в уже посещённые вершины.

Обнаруживается ребро  $(E, G)$  и цикл останавливается. В очереди вершины  $(F, G)$ . Посещены все вершины. Вершины  $B, D$  имеют предка  $A$ , вершина  $C$  — предка  $B$ , вершины  $E, F$  — предка  $D$ , вершина  $G$  — предка  $E$ .

Идём по предкам:  $G \rightarrow E \rightarrow D \rightarrow A$ . Возвращаем пройденный путь в обратном порядке:  $A \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow G$ .

Заметим, что в очередь последовательно добавляли вершины, достижимые из  $A$  ровно за 1 шаг, ровно за 2 шага, ровно за 3 шага. Кроме того, предком каждой вершины является вершина, достижимая из  $A$  ровно на 1 шаг быстрее.

Пропускная способность пути	Путь
$\min(c_f(A, D), c_f(D, E), c_f(E, G)) =$ $\min(3 - 0, 2 - 0, 1 - 0) =$ $\min(3, 2, 1) = 1$	$A, D, E, G$ 
$\min(c_f(A, D), c_f(D, F), c_f(F, G)) =$ $\min(3 - 1, 6 - 0, 9 - 0) =$ $\min(2, 6, 9) = 2$	$A, D, F, G$ 
$\min(c_f(A, B), c_f(B, C), c_f(C, D), c_f(D, F), c_f(F, G)) =$ $\min(3 - 0, 4 - 0, 1 - 0, 6 - 2, 9 - 2) =$ $\min(3, 4, 1, 4, 7) = 1$	$A, B, C, D, F, G$ 
$\min(c_f(A, B), c_f(B, C), c_f(C, E), c_f(E, D), c_f(D, F), c_f(F, G)) =$ $\min(3 - 1, 4 - 1, 2 - 0, 0 - -1, 6 - 3, 9 - 3) =$ $\min(2, 3, 2, 1, 3, 6) = 1$	$A, B, C, E, D, F, G$ 

## ЗАДАНИЕ

Задан взвешенный граф, требуется:

- 1) построить минимальное дерево;
- 2) найти кратчайший путь от точки  $A$  до остальных вершин;
- 3) найти наибольший поток от точки  $A$  до точки  $O$  (для этого задания граф считаем ориентированным, например  $AB$  означает, что задан поток от вершины  $A$  к вершине  $B$ ).

Исходные данные.

Вершины графа:  $A, B, C, D, E, F, G, H, K, O$ .

Веса имеющихся ребер графа берутся из таблицы (если «-», то ребра нет).

№вар.	AB	A C	A D	C E	E D	B D	B F	D F	E G	C G	F G	E H	F H	G H	F K	BO	GO	KO
1	3	2	-	8	5	6	3	9	7	11	8	7	2	3	2	6	8	5
2	6	5	3	7	4	7	9	11	6	1	12	1	6	3	-	6	7	6
3	5	8	1	6	8	2	9	2	12	7	6	8	5	4	3	2	-	12
4	5	1	18	5	7	3	4	7	-	2	3	4	8	6	7	5	5	6
5	11	7	8	4	3	2	5	7	7	4	8	-	6	2	3	2	11	11
6	2	7	7	8	7	11	3	8	7	-	10	1	4	3	7	7	3	2
7	4	6	4	5	6	12	4	10	5	6	4	3	7	5	-	12	4	5
8	8	3	10	2	2	3	8	6	1	11	1	6	6	4	4	-	8	1
9	7	5	4	3	-	4	7	10	3	7	4	11	7	3	5	4	7	3
10	6	1	7	5	7	10	3	2	4	12	7	-	8	2	12	4	6	10
11	8	9	3	3	12	6	1	8	-	11	2	6	5	3	2	5	6	8
12	5	2	6	9	2	11	11	-	7	3	1	2	4	11	11	3	4	5
13	3	8	12	10	2	-	4	17	4	2	10	1	7	4	6	1	3	4
14	1	11	3	9	2	3	-	4	11	6	5	11	6	1	10	4	2	3

15	3	2	6	-	1	4	11	7	15	5	3	2	2	5	7	4	6	12
----	---	---	---	---	---	---	----	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	----

## **11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине**

При промежуточном контроле (зачет) успеваемость студентов оценивается по системе: «зачтено»/ «не зачтено»; оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости по дисциплине «Прикладная математика»

### **11.1. Вопросы для зачета (промежуточная аттестация)**

1. Основы математической теории выборочного метода. Основные понятия и определения.
2. Различные виды выборок и их репрезентативность.
3. Выборочные числовые характеристики и точечные оценки.
4. Доверительный интервал для математического ожидания при известной и неизвестной дисперсии.
5. Доверительный интервал для дисперсии. Проверка статистических гипотез.
6. Гипотезы о неизвестном среднем при известной и неизвестной дисперсии.
7. Гипотеза о неизвестной вероятности «успеха» в схеме Бернулли.
8. Проверка гипотез для двух выборок. Зависимые выборки: парные наблюдения. Независимые выборки.
9. Гипотеза о равенстве дисперсий двух выборок.
10. Гипотеза о равенстве средних, при известных дисперсиях.
11. Гипотеза о равенстве средних при неизвестных равных дисперсиях.
12. Гипотеза о равенстве вероятностей «успеха» в двух сериях испытаний Бернулли.
13. Критерий согласия Пирсона.
14. Проверка гипотезы о нормальном распределении генеральной совокупности.
15. Проверка гипотезы о распределении случайной величины по закону Пуассона.
16. Проверка гипотезы о распределении генеральной совокупности по биномиальному закону распределения.
17. Проверка гипотезы о распределении случайной величины по равномерному закону.
18. Элементы корреляционно-регрессионного анализа.
19. Линейная корреляция.
20. Нелинейная корреляция.
21. Метод наименьших квадратов
22. Основные положения. Выбор координатных функций.
23. Исследование конечных элементов. Сравнение различных типов конечных элементов.
24. Применение МКЭ для решения задач линейной теории упругости. Схема решения задач.

### **11.2. Пример зачетного билета (промежуточная аттестация)**

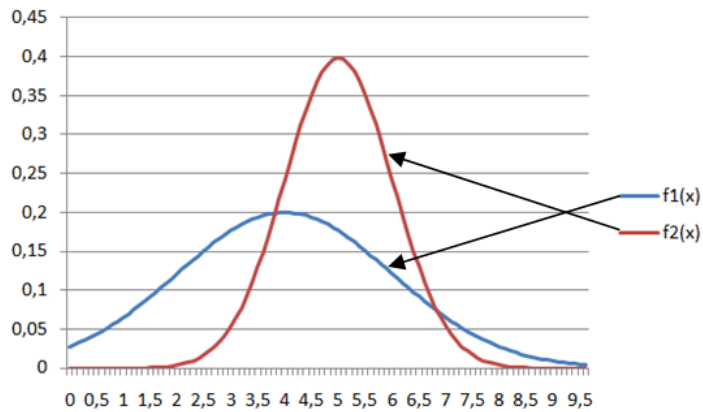
#### **ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ**

Билет 1

1. На пяти карточках написаны буквы С, Ш, О, Е, С. Вероятность того, что из этих карточек выложенных наугад в строчку, получится слово «ШОССЕ», равна: а)  $\frac{1}{120}$ ; б)  $\frac{1}{5}$ ; в)

$\frac{1}{60}$ ; г)  $\frac{1}{30}$ ; д)  $\frac{2}{5}$ .

2. Сколько четырёхзначных чисел можно образовать из цифр 2, 4, 6, 8, если каждая из них может повторяться: а) 16; б) 256; в) 128; г) 625; д) 324.



--У какого из распределений больше математическое ожидание? У какого дисперсия? Оцените параметр  $\mu$  первого распределения.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИТС

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

**« Б1.Б.3 Прикладная математика »**

индекс по учебному плану, наименование

для подготовки магистров

Направление: {шифр – название} 23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

Направленность: Автомобили \_\_\_\_\_

Форма обучения очная \_\_\_\_\_

Год начала подготовки: 2021 \_\_\_\_\_

Курс 1 \_\_\_\_\_

Семестр 1 \_\_\_\_\_

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20\_\_ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1) .....

2) .....

3) .....

Разработчик (и): Елисеев М.Е., к.ф.м.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой (АиТ) \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021\_\_ г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021\_\_ г.