

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

---

---

Образовательно-научный институт радиоэлектроники и информационных  
технологий (ИРИТ)

*(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)*

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор института

А.В.Мякиньков

Подпись ФИО

«\_10\_» \_\_ 06 \_\_ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.9 Методы исследования операций**

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки магистров

Направление подготовки : 01.04.02 Прикладная математика и информатика

*(код и направление подготовки, специальности)*

Направленность: «Математическое моделирование»

*(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)*

Форма обучения: очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Год начала подготовки 2021

Выпускающая кафедра ПМ

*аббревиатура кафедры*

Кафедра-разработчик ПМ

*аббревиатура кафедры*

Объем дисциплины 144/4

*часов/з.е*

Промежуточная аттестация зачет с оценкой

*экзамен, зачет с оценкой, зачет*

Разработчик (и): Чернов А.В., к.ф.-м.н., доцент

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2021 год

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 10 января 2018 года № 13, на основании учебного плана принятого УМС НГТУ протокол от 03.12.2020 №4.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 4.06.2021 № 9/1.

Зав. кафедрой д.ф-м.н, профессор А.А. Куркин

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИРИТ.  
Протокол от 10.06.2021 № 1

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ  
Начальник МО

№ 01.04.02-П-9

Заведующая отделом комплектования НТБ

Н.И. Кабанина

*(подпись)*

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	5
4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП ВО .....	7
5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	23
8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	26
9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....	27
10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	28
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ ....	29
12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	33

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целью (целями) освоения дисциплины является изучение методов исследования операций, включая классификацию оптимизационных математических моделей (математических моделей исследования операций), методы целевого программирования, целочисленного линейного программирования, сетевой оптимизации, оптимального управления.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля): усвоение классификации математических моделей исследования операций, а также методов целевого программирования, целочисленного программирования, сетевой оптимизации, оптимального управления, и получение навыков решения прикладных задач исследования операций с помощью этих методов.

## МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) Б1.Б.9 Методы исследования операций включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Математический анализ, Алгебра и геометрия, Методы оптимизации, Вариационное исчисление, Теория игр и исследование операций, Основы информатики, Языки и методы программирования в объёме программы бакалавриата, Математическое моделирование систем управления, Дискретные и математические модели, в объёме программы магистратуры. Предшествующими курсами<sup>1</sup>, на которых непосредственно базируется дисциплина «Методы исследования операций» являются Математический анализ, Алгебра и геометрия, Методы оптимизации, Вариационное исчисление, Теория игр и исследование операций.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: Математические модели в экономике и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Особенностью дисциплины является сочетание аналитических и численных методов.

Рабочая программа дисциплины «Методы исследования операций» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению

---

<sup>1</sup> Для дисциплин, которые изучаются в первом семестре, предшествующие курсы не указываются

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

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на:

- формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки (специальности):

а) универсальных (УК): -

б) общепрофессиональных (ОПК): ОПК-1 (Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики), ОПК-2 (Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач);

в) профессиональных (ПК) :-

Таблица 1- Формирование компетенций дисциплинам

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенции совместно</i>	<i>Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра /специалиста/магистра»</i>			
<i>Код компетенции ОПК-1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Современные проблемы прикладной математики и информатики		*		
Обобщенные решения дифференциальных уравнений		*		
Государственная итоговая аттестация				*
Выполнение и защита ВКР				*
Методы			*	

исследования операций				
<i>Код компетенции ОПК-2</i>	1	2	3	4
Обобщенные решения дифференциальных уравнений		*		
Нелинейная динамика	*	*		
Государственная итоговая аттестация				*
Выполнение и защита ВКР				*
Методы исследования операций			*	

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

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 (дескрипторы)	<b>Оценочные материалы (ОМ)</b>			
			текущего контроля	промежуточной аттестации		
<b>ОПК-1.</b> Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ИОПК-1.2. Обладает знанием современных методов решения актуальных задач фундаментальной и прикладной математики и применяет их в профессиональной деятельности	<p><b>Знать:</b> основные понятия, принципы и терминологию исследования операций; примеры прикладных задач, описываемых моделями исследования операций</p>	<p><b>Уметь:</b> - оперировать терминологией и математическим аппаратом исследования операций;</p> <p>- применять методы исследования операций к решению практических задач</p>	<p><b>Владеть:</b> - методами линейного и целочисленного программирования;</p> <p>- методами решения многокритериальных задач оптимизации</p>	<p>Домашние задания Расчетная работа по методу ветвей и границ</p>	<p>Зачетные билеты</p>

<b>ОПК-2.</b> Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ИОПК-2.2. Совершенствует существующие и реализует новые математические методы решения прикладных задач	<b>Знать:</b> основные подходы и требования к построению математических моделей исследования операций	<b>Уметь:</b> применять методологию исследования операций к построению и исследованию математических моделей принятия наилучших решений в различных сферах практической деятельности	<b>Владеть:</b> - методами линейного и целочисленного программирования; - методами решения многокритериальных задач оптимизации; - методами оптимизации на сетях; - методами решения простейшей задачи оптимального управления	Домашние задания	Зачетные билеты
--	--	---	--	---	------------------	-----------------

## СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. 144 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3<sup>2</sup>

### Распределение трудоёмкости дисциплины<sup>3</sup> по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам сем №3
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144	144

<sup>2</sup> Таблица 3 заполняется идентично для всех форм обучения,

<sup>3</sup> Шаблон таблицы для двух семестровой дисциплины. : -/- соответственно для очной, заочной форм обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		сем №3
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>55</b>	<b>55</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др.)	34	34
лабораторные работы (ЛР)	0	0
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
текущий контроль, консультации по дисциплине <sup>4</sup>	2	2
контактная работа на промежуточной аттестации (КРА)	2	2
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>89</b>	<b>89</b>
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.)	89	89
Подготовка к зачету с оценкой (контроль) <sup>5</sup>	0	0

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.

Рекомендуется, чтобы в объем самостоятельной работы по дисциплине включались: не менее 1 часа самостоятельной работы на каждый час лабораторных занятий, не менее 0,75 часа самостоятельной работы на каждый час практических занятий, не менее 0,25 часа самостоятельной работы на каждый час лекционных занятий.

В разделе 2 таблицы 3 указываются все виды самостоятельной работы (СРС), указанные в рабочей программе. Все виды самостоятельной работы должны быть конкретизированы. Например, при изучении литературы указывается ее номер по рабочей программе и конкретные страницы (или §) в ней. Для домашних заданий указываются конкретные номера примеров в литературном источнике.

<sup>4</sup> Консультации 4 часа на группу (на дисциплину)

<sup>5</sup> Количество часов из учебного плана (колонка Контроль), ненужное удалить (зачет с оценкой или экзамен)

Количество часов самостоятельной работы (СРС) распределяется по темам по усмотрению преподавателя, но с учетом необходимости подготовки к различным видам текущего контроля, выполнения расчетного задания и курсового проектирования. Объем самостоятельной работы, указанный в разделе 2, должен быть реализуем во время, указанное в графе СРС.

На выполнение курсовой работы, курсового проекта студенту (в рамках изучения дисциплины) отводится не менее одной зачетной единицы. На индивидуальное консультирование курсовых проектов/работ ППС отводится соответственно 3/2 часа контактной работы на каждого студента. Допускается выполнение не более двух курсовых работ (проектов) в семестре.

На подготовку к экзамену и зачету с оценкой студенту отводится 36 часов, включая 34 часа самостоятельной работы студента и 2 часа контактной работы (на консультацию перед экзаменом).

Промежуточная аттестация в форме зачета (без оценки) может проводиться как письменный или устный зачет по билетам, при этом на подготовку к зачету и сдачу зачета отводится 18 часов, включая 17,65 часа самостоятельной работы студента и 0,35 часа контактной работы (на прием зачета). Оценка по промежуточной аттестации в форме зачета также может определяться по совокупности результатов текущего контроля успеваемости по дисциплине, в этом случае отдельные часы на подготовку к зачету и сдачу зачета не выделяются.

## 5.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

### Содержание дисциплины

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 <sup>6</sup>	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>7</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>8</sup> (при наличии)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>9</sup> (при наличии)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
3 семестр													
ОПК-1: ИОПК-1.2	Раздел 1 (Введение) <sup>10</sup>	Тема 1.1 (Основы математического моделирования) Понятие и классификация математических моделей. Основные этапы построения математических моделей. Требования к построению математических моделей. Примеры нарушения адекватности математических моделей. Оптимизационные модели. Примеры построения моделей исследования операций.	2	0	4	6	Самоподготовка, 1.1 (ст.17-22)						
	Итого по 1 разделу		2	0	4	6							
	Раздел 2 (Целевое программирование)												

<sup>6</sup> указывается вид СРС с указанием порядкового номера учебника, учебного пособия, методических разработок, указанных в разделе 6 настоящей РПД, например, 1.2 стр 56-72

<sup>7</sup> Указываются образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы: компьютерные симуляции, деловые и ролевые игры, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги и т.п

<sup>8</sup> приводятся количество часов Практической подготовки (при наличии), которая производится на предприятиях, согласно договору НГТУ (берутся из ОП ВО, раздел \_\_\_\_\_)

<sup>9</sup> при наличии, приводятся наименование разработанного Электронного курса в рамках раздела (разделов), прошедшего экспертизу (трудоемкость в часах)

<sup>10</sup> приводятся содержание разделов, в том числе тех, которые изучаются студентами самостоятельно

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС <sup>6</sup>	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>7</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>8</sup> (при наличии)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>9</sup> (при наличии)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
	<b>Тема 2.1</b> (Постановка задачи целевого программирования) Общее понятие о многокритериальных задачах оптимизации. Постановка задачи целевого программирования. Примеры задач целевого программирования.	1	0	2	3	Самоподготовка, 1.1 (ст.354-359)							
	<b>Тема 2.2</b> (Методы целевого программирования) Метод весовых коэффициентов. Примеры решения задачи целевого программирования методом весовых коэффициентов. Метод приоритетов. Примеры решения задачи целевого программирования методом приоритетов.	2	0	4	6	Самоподготовка, 1.1 (ст.359-368)							
	<b>Итого по 2 разделу</b>	3	0	6	9								
	<b>Раздел 3</b> (Целочисленное линейное программирование)												
	<b>Тема 3.1</b> (Постановка задачи целочисленного линейного программирования) Постановка задачи целочисленного линейного программирования. Примеры задач целочисленного линейного программирования.	1	0	2	3	Самоподготовка, 1.1 (ст.371-387)							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС <sup>6</sup>	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>7</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>8</sup> (при наличии)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>9</sup> (при наличии)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
	<b>Тема 3.2</b> (Методы целочисленного линейного программирования) Метод ветвей и границ. Примеры решения задачи целочисленного линейного программирования методом ветвей и границ. Метод отсекающих плоскостей. Примеры решения задачи целочисленного линейного программирования методом отсекающих плоскостей.	2	0	4	6	Самоподготовка, 1.1 (ст.387-395, 402-408)							
	<b>Расчетная работа на метод ветвей и границ</b>	0	0	0	6	Выполнение расчетной работы							
	<b>Итого по 3 разделу</b>	3	0	6	15								
ОПК-2: ИОПК-2.2	<b>Раздел 4</b> (Сетевая оптимизация)												
	<b>Тема 4.1</b> (Постановка задачи о кратчайшем пути на графе) Понятие взвешенного графа (сети). Задача о кратчайшем пути на графе и ее практическое истолкование. Примеры прикладных задач, формализуемых в виде задачи о кратчайшем пути на графике.	1	0	2	3	Самоподготовка, 1.1 (ст.230-234)							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС <sup>6</sup>	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>7</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>8</sup> (при наличии)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>9</sup> (при наличии)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
	<b>Тема 4.2</b> (Алгоритм Дейкстры) Понятие дерева кратчайших путей на графе. Алгоритм Дейкстры для построения дерева кратчайших путей. Примеры.	1	0	2	3	Самоподготовка, 1.1 (ст.234-238)							
	<b>Тема 4.3</b> (Задача о минимальном остове) Постановка задачи о минимальном остове и ее практическое истолкование. Решение задачи о минимальном остове методом Краскала.	1	0	2	3	Самоподготовка, 3.2 (ст.43-46)							
	<b>Тема 4.4</b> (Задача о максимальном потоке в сети) Постановка задачи о максимальном потоке и ее практическое истолкование. Алгоритм решения задачи о максимальном потоке. Примеры.	1	0	2	3	Самоподготовка, 1.1 (ст.243-254)							
	<b>Итого по 4 разделу</b>	4	0	8	12								
	<b>Раздел 5 (Оптимальное управление)</b>												
	<b>Тема 5.1</b> (Задача оптимального управления классического типа). Постановка задачи оптимального управления классического типа. Необходимые условия оптимальности. Решение задачи о прокладке трассы.	1	0	2	3	Самоподготовка, 3.3 (ст.106-110)							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС <sup>6</sup>	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>7</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>8</sup> (при наличии)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>9</sup> (при наличии)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
	<b>Тема 5.2</b> (Задача оптимального управления понтрягинского типа). Постановка задачи оптимального управления понтрягинского типа. Необходимые условия оптимальности (принцип максимума Л.С.Понтрягина). Примеры решения задач.	2	0	4	6	Самоподготовка, 3.3 (ст.110-123)							
	<b>Тема 5.3</b> (Задача оптимального управления с функциональными ограничениями) Постановка задачи оптимального управления с функциональными ограничениями типа равенства и неравенства и свободным временем. Принцип максимума Л.С.Понтрягина.	1	0	0	1	Самоподготовка, конспект лекции							
	<b>Тема 5.4</b> (Задача о мягкой посадке на Луну) Задача о мягкой посадке на Луну: постановка и решение с помощью принципа максимума Л.С.Понтрягина.	1	0	0	1	Самоподготовка, конспект лекции							
	<b>Итого по 5 разделу</b>	5	0	6	11								
	<b>Зачет с оценкой</b>	0	0	4	36								
	<b>ИТОГО ЗА СЕМЕСТР</b>	17	0	34	89								
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	17	0	34	89								

## ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: тестирование по темам лекционных занятий, решение практических задач, расчетно-графические работы, контрольные работы.

*В разделе указывается перечень типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины; описание шкал оценивания; методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности. Представленные контрольные мероприятия должны соответствовать таблицам 2 и 4.*

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

#### **6.1.1. Контрольные вопросы**

Вопрос	Код формируемой компетенции
1. Понятие и классификация математических моделей.	ОПК-1, ОПК-2
2. Основные этапы построения математических моделей.	ОПК-1, ОПК-2
3. Примеры нарушения адекватности математических моделей.	ОПК-1, ОПК-2
4. Оптимизационные модели. Предмет и задачи исследования операций.	ОПК-1, ОПК-2
5. Некоторые особенности исследования операций по сравнению с математическим моделированием.	ОПК-1, ОПК-2
6. Примеры построения моделей исследования операций.	ОПК-1, ОПК-2
7. Транспортная задача.	ОПК-1, ОПК-2
8. Задача о распределении потоков газа.	ОПК-1, ОПК-2
9. Задача о максимизации дохода.	ОПК-1, ОПК-2

10.Задача об оптимальном раскрое.	ОПК-1, ОПК-2
11.Задача о стабилизации напряжения.	ОПК-1, ОПК-2
12.Задача о размещении ретрансляторов.	ОПК-1, ОПК-2
13.Постановка задачи целевого программирования. Особенности многокритериальных задач оптимизации.	ОПК-1, ОПК-2
14.Метод весовых коэффициентов.	ОПК-1, ОПК-2
15.Метод приоритетов.	ОПК-1, ОПК-2
16.Примеры задач целочисленного линейного программирования.	ОПК-1, ОПК-2
17.Метод ветвей и границ.	ОПК-1, ОПК-2
18.Метод отсекающих плоскостей.	ОПК-1, ОПК-2
19.Примеры практических задач, допускающих формализацию в виде задачи о кратчайшем пути на графе.	ОПК-2
20.Алгоритм Дейкстры.	ОПК-2
21.Задача о минимальном остове. Алгоритм Краскала.	ОПК-2
22.Задача о максимальном потоке. Метод разрезов.	ОПК-2
23.Эффективный алгоритм решения задачи о максимальном потоке.	ОПК-2
24.Пример решения задачи о максимальном потоке.	ОПК-2
25.Задача о прокладке трассы.	ОПК-2
26.Постановка задачи оптимального управления классического типа, необходимые условия оптимальности.	ОПК-2
27.Постановка простейшей задачи оптимального управления понтрягинского типа, необходимые условия оптимальности (принцип максимума	ОПК-2

Понtryгина).	
28.Задача Чаплыгина о самолете.	ОПК-2
29.Задача оптимального управления с функциональными ограничениями типа равенства и неравенства и свободным временем.	ОПК-2
30.Задача о мягкой посадке на Луну.	ОПК-2

#### **6.1.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-1**

##### **Раздел 1.**

Имеются листы материала размером 6 x 13 кв.м. Требуется раскроить их так, чтобы получить 800 штук заготовок типа А: 4 x 5 кв. м и 400 штук заготовок типа В: 2 x 3 кв. м, израсходовав возможно меньше материала. Формализовать задачу, то есть сформулировать концептуальную постановку и на ее основе построить математическую модель данной задачи, указав и обосновав подходы к ее решению. Решить сформулированную выше задачу об оптимальном раскрое с помощью симплекс-метода. На основе полученного решения сформулировать практические рекомендации.

##### **Раздел 2.**

Население города составляет 20 тыс. жителей. Городской совет разрабатывает ставки местного налогообложения. Ежегодная база налогообложения недвижимости составляет 550 млн. у.е. Ежегодная база налогообложения розничных и оптовых продаж составляет 35 и 55 млн. у.е. соответственно. Ежегодное потребление городом бензина оценивается в 7.5 млн. галлонов. Горсовет планирует разработать систему налоговых ставок, основанную на перечисленных базах налогообложения и учитывающую следующие ограничения и требования: 1) налоговые поступления должны составить не менее 16 млн. у.е. от всех баз налогообложения; 2) налог с розничных продаж не может превышать 10 % от суммы всех собираемых налогов; 3) налог с оптовых продаж не может превышать 20 % от суммы всех налогов; 4) налог на бензин не может превышать 0.02 у.е. за галлон. Сформулировать эту задачу как задачу целевого программирования и решить ее (одним из методов).

### Раздел 3.

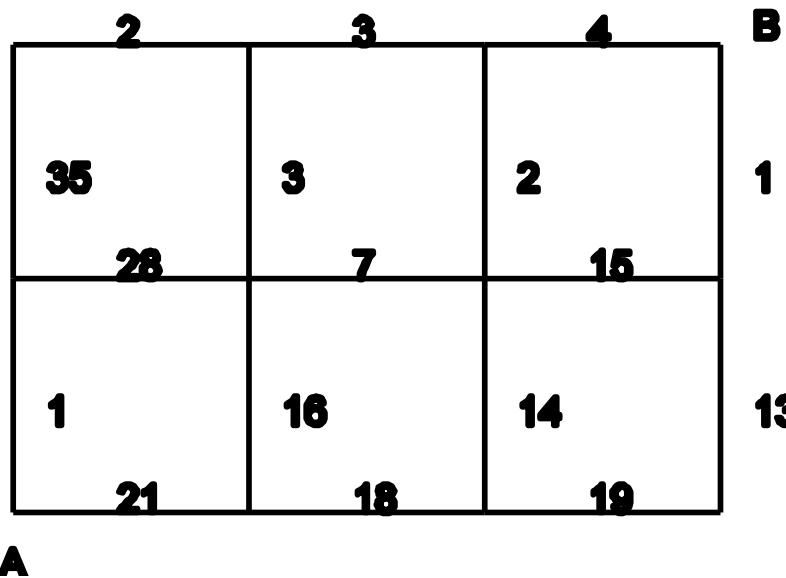
Решить (одним из методов) задачу целочисленного линейного программирования:

$$\begin{cases} f(x) = 5x_1 + 4x_2 \rightarrow \max \\ x_1 + x_2 \leq 5, & 10x_1 + 6x_2 \leq 45, \\ x_1, x_2 \geq 0, & x_1, x_2 \in \mathbb{Z}. \end{cases}$$

### 6.1.3. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-2

#### Раздел 4.

Решить задачу о прокладке трассы:



### Раздел 5.

Решить задачу оптимального управления:

$$J[u] = \int_{-\pi}^{\pi} x_u(t) \sin t dt \rightarrow \min, \quad \begin{cases} x'(t) = u(t), & t \in (-\pi; \pi], \\ x(\pi) = 0, & u(t) \in [-1; 1] \quad \forall t \in [-\pi; \pi]. \end{cases}$$

## 6.2 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться **балльно-рейтинговая/традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации знаний.

Например, допустим следующий вариант:

Таблица 5

Шкала оценивания	Экзамен/ Зачет с оценкой	Зачет
85-100	Отлично	зачет
70-84	Хорошо	
60-69	Удовлетворительно	
0-59	Неудовлетворительно	

При использовании традиционной системы контроля и оценки успеваемости студентов должны быть представлены критерии выставления оценок по пятибалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» либо «зачет», «незачет».

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 засчитено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «засчитено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «засчитено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «засчитено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ОПК-1. Способен решать	ИОПК-1.2. Обладает знанием современных	Изложение учебного материала бессистемное,	Фрагментарные, поверхностные знания	Знает материал на достаточно хорошем	Имеет глубокие знания всего материала

<p>актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики</p>	<p>методов решения актуальных задач фундаментальной и прикладной математики и применяет их в профессиональной деятельности</p>	<p>неполное, не освоены основные методы целевого программирования и целочисленного линейного программирования, неумение их использовать; незнание условий применимости методов и неспособность их проверять</p>	<p>лекционного курса; изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала; допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя; затруднения при формулировании результатов и их решений</p>	<p>уровне; представляет основные методы целевого программирования и целочисленного линейного программирования и условия их применимости, умеет их проверять и применять для решения типовых задач.</p>	<p>структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании; умеет применять методы целевого программирования и целочисленного линейного программирования для решения прикладных задач.</p>
<p><b>ОПК-2.</b> Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач</p>	<p>ИОПК-2.2. Совершенствует существующие и реализует новые математические методы решения прикладных задач</p>	<p>Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены основные методы целевого программирования, целочисленного линейного программирования, сетевой оптимизации, оптимального управления; незнание условий применимости методов и неспособность их проверять</p>	<p>Фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса; изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала; допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя; затруднения при формулировании результатов и их решений</p>	<p>Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные методы целевого программирования, целочисленного линейного программирования, сетевой оптимизации, оптимального управления и условия их применимости, умеет их проверять и применять для решения типовых задач.</p>	<p>Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании; умеет применять методы целевого программирования, целочисленного линейного программирования,</p>

					сетевой оптимизации, оптимального управления для решения прикладных задач.
--	--	--	--	--	--

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « <b>отлично</b> » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « <b>удовлетворительно</b> » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку « <b>неудовлетворительно</b> » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1.1	<p>Таха А.Хэмди. Введение в исследование операций : Пер.с англ. / Таха А.Хэмди. - 6-е изд. - М. : Изд.дом "Вильямс", 2001. - 912 с. : ил. - Библиогр.в конце гл. - Доп.тит.л.на англ.яз.-Прил.:с.807-903.- Предм.указ.:с.904-911. - ISBN 5-8459-0180-4(рус.).</p> <p><i>Варианты:</i></p> <p>Таха Х. Введение в исследование операций : В 2-х кн.:Пер.с англ. Кн.1 / Х. Таха. - М. : Мир, 1985. - 479 с. : ил.</p> <p>Таха Х. Введение в исследование операций : В 2-х кн.:Пер.с англ. Кн.2 / Х. Таха. - М. : Мир, 1985. - 496 с. : ил.</p>	22
1.2	Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология : Учеб.пособие для втузов / Е. С. Вентцель. - 2-е изд.,стерео. - М. : Высш.шк., 2001. - 208 с. : ил. - Библиогр.:с.206-207. - Предм.указ.:с.208. - ISBN 5-06-003993-5.	69

	<p><b>Варианты:</b></p> <p>Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология : Учеб.пособие / Е. С. Вентцель. - 4-е изд.,стер. - М. : Высш.шк., 2007. - 208 с. : ил. - Библиогр.:с.206-207. - Предм.указ.:с.208. - ISBN 978-5-06-005826-0.</p> <p>Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология : учеб.пособие / Е. С. Вентцель. - 4-е изд.,стер. - М. : Дрофа, 2006. - 208 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.:с.205-206. - Предм.указ.:с.207-208. - ISBN 5-358-00340-1.</p> <p>Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. - 2-е изд.,стер. - М. : Наука, 1988. - 206 с. - Библиогр.:с.206-207. - Предм.указ.:с.208. - ISBN 5-02-013900-9.</p> <p>Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. - М. : Наука, 1980. - 208 с. - Библиогр.:с.206-207.</p>	
1.3	Васин А.А. Исследование операций : Учеб.пособие / А. А. Васин, П. С. Краснощеков, В. В. Морозов. - М. : Изд.центр "Академия", 2008. - 464 с. - (Университетский учебник. Прикладная математика и информатика). - Библиогр.:с.454-457. - Предм.указ.:с.458-460. - ISBN 978-5-7695-4190-2.	10
	Задачники	
1.4	Исследование операций : Сборник расчётных заданий для студ.всех направлений и спец.и всех форм обучения. Ч.2 / НГТУ им Р.Е.Алексеева, Каф."Высш.математика"; Сост.: Е.И.Верещагина, Л.Н.Ерофеева, Е.О.Ромашевская. - Н.Новгород : [Б.и.], 2014. - 32 с.	10

## 7.2. Справочно-библиографическая литература

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
2.1	Протасов И.Д. Теория игр и исследование операций : Учеб.пособие / И. Д. Протасов. - М. : Гелиос АРВ, 2003. - 368 с. - Библиогр.:с.365-366. - Прил.:с.277-364. - ISBN 5-85438-068-4.	47
2.2	Кремер Н.Ш. Исследование операций в экономике : Учеб.пособие / Н. Ш. Кремер [и др.] ; Под ред.Н.Ш.Кремера. - М. : Банки и биржи; ЮНИТИ, 1997. - 407 с. : ил. - Библиогр.:с.393-394. - Авт.указаны на обороте тит.л.-Предм.указ.:с.395-402. - ISBN 5-85173-092-7. Кремер Н.Ш. Исследование операций в экономике : Учеб.пособие / Н. Ш. Кремер [и др.] ; Под ред.Н.Ш.Кремера. - М. : ЮНИТИ, 2004. - 407 с. : ил. - Библиогр.:с.393-394. - Авт.указаны на обороте тит.л.- Предм. указ.: с.395-402. - ISBN 5-238-00636-5.	63

	<p>Кремер Н.Ш. Исследование операций в экономике : Учеб.пособие / Н. Ш. Кремер [и др.] ; Под ред.Н.Ш.Кремера. - М. : ЮНИТИ, 2003. - 407 с. : ил. - Библиогр.:с.393-394. - Авт.указаны на обороте тит.л.- Предм.указ.:с.395-402. - ISBN 5-85173-092-7.</p> <p>Кремер Н.Ш. Исследование операций в экономике : Учеб.пособие / Н. Ш. Кремер [и др.] ; Под ред.Н.Ш.Кремера. - М. : ЮНИТИ, 2002. - 407 с. : ил. - Библиогр.:с.393-394. - Авт.указаны на обороте тит.л.- Предм. указ.: с.395-402. - ISBN 5-85173-092-7.</p> <p>Кремер Н.Ш. Исследование операций в экономике : Учеб.пособие / Н. Ш. Кремер [и др.] ; Под ред.Н.Ш.Кремера. - М. : ЮНИТИ, 2001. - 407 с. : ил. - Библиогр.:с.393-394. - Авт.указаны на обороте тит.л.- Предм. указ.: с.395-402. - ISBN 5-85173-092-7.</p> <p>Кремер Н.Ш. Исследование операций в экономике : Учеб.пособие / Н. Ш. Кремер [и др.] ; Под ред.Н.Ш.Кремера. - 2-е изд.,перераб.и доп. - М. : Юрайт, 2010. - 431 с. : ил. - (Основы наук). - Библиогр.:с.413-414. - Авт.указаны на обороте тит.л.-Предм.указ.:с.415-430. - ISBN 978-5-9916-0235-8; 978-5-9692-0574-1.</p>	
2.3	<p>Волков И.К. Исследование операций : Учебник для втузов / И. К. Волков, Е. А. Загоруйко ; Под ред.В.С.Зарубина, А.П.Крищенко. - М. : Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2000. - 436 с. : ил. - (Математика в техн.ун-те. Вып.20). - Библиогр.:с.426-427. - Прил.:с.394-425.- Предм.указ.:с.428-432. - ISBN 5-7038-1518-5(Вып.20). - ISBN 5-7038-1270-4.</p> <p>Волков И.К. Исследование операций : Учебник для втузов / И. К. Волков, Е. А. Загоруйко ; Под ред.В.С.Зарубина, А.П.Крищенко. - 2-е изд. - М. : Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2002. - 436 с. : ил. - (Математика в техн.ун-те. Вып.20). - Библиогр.:с.426-427. - Прил.:с.394-425.-Предм.указ.:с.428-432. - ISBN 5-7038-1518-5(Вып.20). - ISBN 5-7038-1270-4.</p>	10
2.4	Давыдов Э.Г. Исследование операций : Учеб.пособие для вузов / Э. Г. Давыдов. - М. : Высш.шк., 1990. - 382 с. : ил. - Библиогр.:с.380-381. - ISBN 5-06-001004-X.	6

### 7.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
3.1	Исследование операций : Сборник расчётных заданий для студ.всех направлений и спец.и всех форм обучения. Ч.1 / НГТУ им Р.Е.Алексеева, Каф."Высш.математика"; Сост.: Е.И.Верещагина [и др.]. - Н.Новгород : [Б.и.], 2013. - 28 с.	110
3.2	Чернов А.В. Дискретная математика: комплекс учебно-методических материалов / А.В. Чернов. – Н.Новгород: НГТУ, 2014. – 138 с. – Библиогр.: с. 138.	90
3.3	Чернов А.В. Уравнения математической физики и вариационное исчисление: основы теории и примеры решения задач: учеб. пособие/ А.В.	10

	Чернов. – Н.Новгород: НГТУ, 2010. – 124 с. – Библиогр.: с. 124. – ISBN 978-5-93272-839-0.	
3.4	Симплекс-метод решения задач линейного программирования (табличный вариант) : Метод.разработка для студ.спец."Прикл.математика" / НГТУ.ФИСТ.Каф."Прикл.математика"; Сост.А.В.Чернов; Науч.ред.О.Р.Козырев. - Н.Новгород : [Б.и.], 2002. - 40 с. - Библиогр.:с.39-40.	5
3.5	Основы выпуклого анализа : Метод.разработка для студ.спец.010200 "Прикл.математика и информатика" дневной формы обучения по курсу "Вариационное исчисление и Методы исследования операций" / НГТУ.Каф."Прикл.математика"; Сост.:В.И.Сумин, А.В.Чернов; Науч. ред. И.П.Рязанцева. - Н.Новгород : [Б.и.], 2004. - 48 с. : ил. - Библиогр.: с.48.	76

## 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).

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

1. Научная электронная библиотека *E-LIBRARY.ru*. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система *Znanium.com* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. *Polpred.com*. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. 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.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.
8. Финансово-экономические показатели Российской Федерации [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.mfin.ru/ru/statistics/> – Загл. с экрана.

### 8.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	2	3
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://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
4	КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. -	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

Таблица 8 - **Перечень программного обеспечения (на 10.11.21)**

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
MatLAB R2008a (лицензия № 527840)	PascalABC.NET (свободное ПО, лицензия LGPL)
	FreePascal IDE(свободное ПО, лицензия GNU GPL 2)
	Python 2.7 (свободное ПО, лицензия Python Software Foundation License)
	Python 3.6 (свободное ПО, лицензия Python Software Foundation License)

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

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

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

В таблице **10** указан перечень 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

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	2	3
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

Адаптированные образовательные программы (АОП) в образовательной организации не реализуются в связи с отсутствием в контингенте обучающихся лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), желающих обучаться по АОП. Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

## 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 проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа

1	1	2	3
1	<b>6421</b> учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; г. Нижний Новгород, Казанская ул., 12	Комплект демонстрационного оборудования: • ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе AMD Athlon 2.8 ГГц, 4 Гб ОЗУ, 250 ГБ HDD, монитор 19" – 1шт. • Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; • Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows7 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)</li> <li>• Gimp 2.8 (свободное ПО, лицензия GNU GPLv3);</li> <li>• Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655);</li> <li>• Open Office 4.1.1 (свободное ПО, лицензия Apache License 2.0)</li> <li>• Adobe Acrobat Reader (FreeWare);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободнораспространяемое ПО, лицензия GNU LGPL);</li> </ul> <p>Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19).</p>
	<b>6543</b> компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), г. Нижний Новгород, Казанская ул., 12	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проектор Accer – 1шт;</li> <li>• ПК на базе IntelCoreDuo 2.93 ГГц, 2 Гб ОЗУ, 320 Гб HDD, монитор Samsung 19` – 11 шт..</li> </ul> <p>ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14);</li> <li>• Microsoft Office (лицензия № 43178972);</li> <li>• Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135);</li> <li>• Adobe Acrobat Reader (FreeWare);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободнораспространяемое ПО, лицензия GNU LGPL);</li> <li>• Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19)</li> <li>• КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);</li> </ul> <p>Gimp 2.8 (свободное ПО, лицензия GNU GPLv3)</p>

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. 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 (выбирается из приложения к РПД):

- балльно-рейтинговая технология оценивания (при наличии);
- электронное обучение (при наличии);
- проблемное обучение (далее выбирается из приложения к РПД);
- разбор конкретных ситуаций;

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине преподаватель может применять балльно-рейтинговую систему контроля и оценку успеваемости студентов.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии за набранными за семестр баллами. Студентам, набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных занятий, по решению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

**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.

## 11.2 Методические указания для занятий лекционного типа<sup>11</sup>

<sup>11</sup>приведены примеры методических указаний. Составитель программы излагает пункты в своей интерпритации

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.

### **11.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

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

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

### **11.5. 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 таблице 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.

#### **11.6. Методические рекомендации разработанные преподавателем:**

- Чернов А.В. Дискретная математика: комплекс учебно-методических материалов / А.В. Чернов. – Н.Новгород: НГТУ, 2014. – 138 с. – Библиогр.: с. 138.
- Чернов А.В. Уравнения математической физики и вариационное исчисление: основы теории и примеры решения задач: Учеб. пособие/ А.В. Чернов. – Н.Новгород: НГТУ, 2010. – 124 с. – Библиогр.: с. 124. – ISBN 978-5-93272-839-0.
- Симплекс-метод решения задач линейного программирования (табличный вариант) : Метод.разработка для студ.спец."Прикл.математика" / НГТУ.ФИСТ.Каф."Прикл.математика"; Сост.А.В.Чернов; Науч.ред.О.Р.Козырев. - Н.Новгород : [Б.и.], 2002. - 40 с. - Библиогр.:с.39-40.
- Основы выпуклого анализа : Метод.разработка для студ.спец.010200 "Прикл.математика и информатика" дневной формы обучения по курсу "Вариационное исчисление и Методы исследования операций" / НГТУ.Каф."Прикл.математика"; Сост.:В.И.Сумин, А.В.Чернов; Науч. ред. И.П.Рязанцева. - Н.Новгород : [Б.и.], 2004. - 48 с. : ил. - Библиогр.: с.48.

#### **11.7. Методические рекомендации НГТУ:**

- Исследование операций : Сборник расчётных заданий для студ.всех направлений и спец.и всех форм обучения. Ч.1 / НГТУ им Р.Е.Алексеева, Каф."Высш.математика"; Сост.: Е.И.Верещагина [и др.]. - Н.Новгород : [Б.и.], 2013. - 28 с.
- Исследование операций : Сборник расчётных заданий для студ.всех направлений и спец.и всех форм обучения. Ч.2 / НГТУ им Р.Е.Алексеева, Каф."Высш.математика"; Сост.: Е.И.Верещагина, Л.Н.Ерофеева, Е.О.Ромашевская. - Н.Новгород : [Б.и.], 2014. - 32 с.
- 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).
- 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?](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samost_rab.pdf?)
- 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\\_si/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_si/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf)

- Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г.  
Электронный адрес:

[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_si/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_si/ymy/metod_dokym_obraz/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf)

## ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

*Оценочные средства для контроля освоения дисциплины могут быть изданы отдельными документами, в этом случае на них дается ссылка.*

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

*Для всех форм текущего контроля (согласно раздела 5 и Таблице 2) должны быть приведены примеры (типовыe варианты) оценочных средств и/или даны ссылки на электронный ресурс, где они размещены.*

### 12.1.1. Типовые задания к практическим (семинарским) занятиям

#### Раздел 1.

Имеются листы материала размером 6 x 13 кв.м. Требуется раскроить их так, чтобы получить 800 штук заготовок типа А: 4 x 5 кв. м и 400 штук заготовок типа В: 2 x 3 кв. м, израсходовав возможно меньше материала. Формализовать задачу, то есть сформулировать концептуальную постановку и на ее основе построить математическую модель данной задачи, указав и обосновав подходы к ее решению. Решить сформулированную выше задачу об оптимальном раскрое с помощью симплекс-метода. На основе полученного решения сформулировать практические рекомендации.

#### Раздел 2.

Население города составляет 20 тыс. жителей. Городской совет разрабатывает ставки местного налогообложения. Ежегодная база налогообложения недвижимости составляет 550 млн. у.е. Ежегодная база налогообложения розничных и оптовых продаж составляет 35 и 55 млн. у.е. соответственно. Ежегодное потребление городом бензина оценивается в 7.5 млн. галлонов. Горсовет планирует разработать систему налоговых ставок, основанную на перечисленных базах налогообложения и учитывающую следующие ограничения и требования: 1) налоговые поступления должны составить не менее 16 млн. у.е. от всех баз налогообложения; 2) налог с розничных продаж не может превышать 10 % от суммы всех собираемых налогов; 3) налог с оптовых продаж не может превышать 20 % от суммы всех налогов; 4) налог на

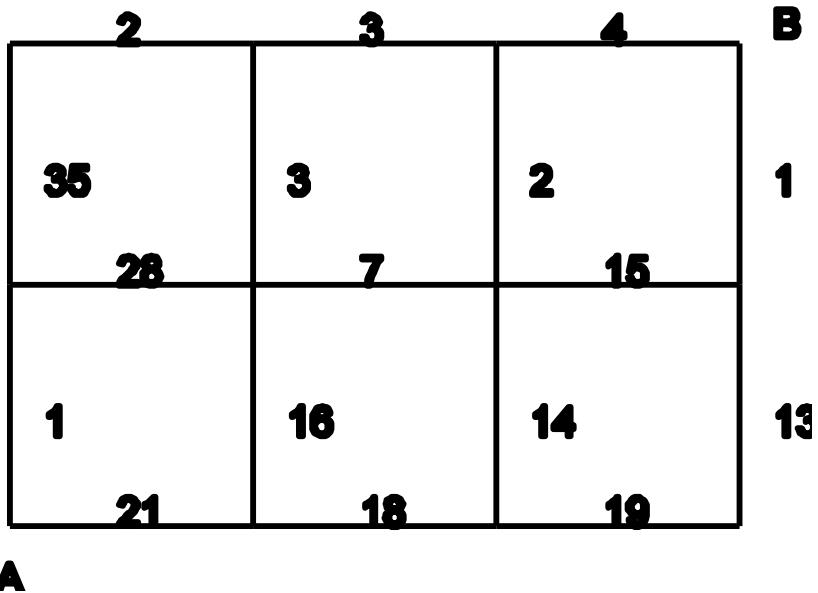
бензин не может превышать 0.02 у.е. за галлон. Сформулировать эту задачу как задачу целевого программирования и решить ее (одним из методов).

**Раздел 3.**

Решить (одним из методов) задачу целочисленного линейного программирования:  $\begin{cases} f(x) = 5x_1 + 4x_2 \rightarrow \max \\ x_1 + x_2 \leq 5, \quad 10x_1 + 6x_2 \leq 45, \\ x_1, x_2 \geq 0, \quad x_1, x_2 \in Z. \end{cases}$

**Раздел 4.**

Решить задачу о прокладке трассы:



**Раздел 5.**

Решить задачу оптимального управления:

$$J[u] = \int_{-\pi}^{\pi} x_u(t) \sin t dt \rightarrow \min, \quad \begin{cases} x'(t) = u(t), \quad t \in (-\pi; \pi], \\ x(-\pi) = 0, \quad u(t) \in [-1; 1] \quad \forall t \in [-\pi; \pi]. \end{cases}$$

**12.1.2. Типовые задания для расчетной работы по методу ветвей и границ**  
См. 1.1, ст.393-395 (Упражнения 9.3, а).

**12.1.3. Типовые вопросы (задания) для устного (письменного) опроса**

1. Понятие и классификация математических моделей.
2. Основные этапы построения математических моделей.
3. Примеры нарушения адекватности математических моделей.
4. Оптимационные модели. Предмет и задачи исследования операций.
5. Некоторые особенности исследования операций по сравнению с математическим моделированием.
6. Примеры построения моделей исследования операций.
7. Транспортная задача.
8. Задача о распределении потоков газа.
9. Задача о максимизации дохода.
10. Задача об оптимальном раскрое.

11. Задача о стабилизации напряжения.
12. Задача о размещении ретрансляторов.
13. Постановка задачи целевого программирования. Особенности многокритериальных задач оптимизации.
14. Метод весовых коэффициентов.
15. Метод приоритетов.
16. Примеры задач целочисленного линейного программирования.
17. Метод ветвей и границ.
18. Метод отсекающих плоскостей.
19. Примеры практических задач, допускающих формализацию в виде задачи о кратчайшем пути на графе.
20. Алгоритм Дейкстры.
21. Задача о минимальном остове. Алгоритм Краскала.
22. Задача о максимальном потоке. Метод разрезов.
23. Эффективный алгоритм решения задачи о максимальном потоке.
24. Пример решения задачи о максимальном потоке.
25. Задача о прокладке трассы.
26. Постановка задачи оптимального управления классического типа, необходимые условия оптимальности.
27. Постановка простейшей задачи оптимального управления понтрягинского типа, необходимые условия оптимальности (принцип максимума Понтрягина).
28. Задача Чаплыгина о самолете.
29. Задача оптимального управления с функциональными ограничениями типа равенства и неравенства и свободным временем.
30. Задача о мягкой посадке на Луну.

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

См. выше.

**Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету с оценкой (ОПК-1, ОПК-2):**

См. 12.1.3.

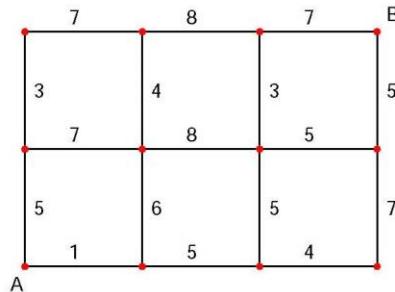
**Примерный тест для итогового тестирования:**

### Билет №1

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_0^2 \{(x')^2 + x\} dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(2) = 1.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

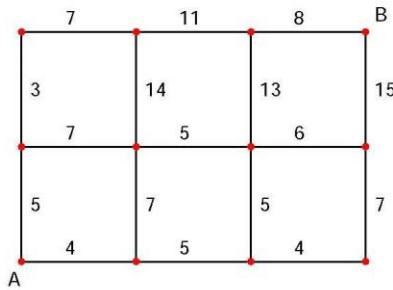


### Билет №2

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_{-\pi}^{\pi} x \sin t dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(\pm\pi) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

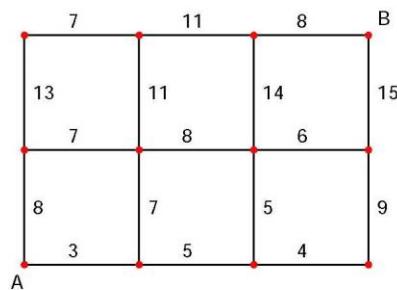


### Билет №3

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_0^2 x dt \rightarrow \min, |x''| \leq 2, x(0) = x'(0) = x'(2) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

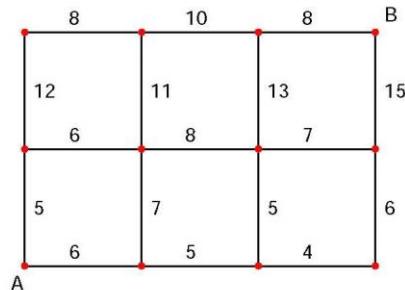


### Билет №4

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_0^2 x dt \rightarrow \min, |x''| \leq 2, x'(0) = x'(2) = x(2) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

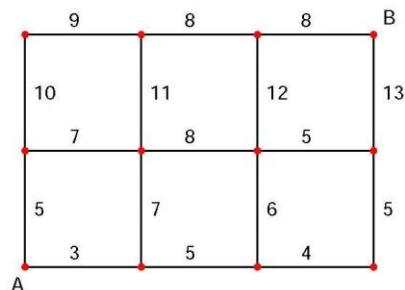


### Билет №5

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_0^2 \{(x')^2 + x\} dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(0) = x(2) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

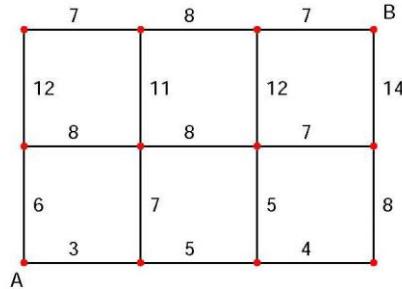


### Билет №6

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_0^1 \{(x')^2 + x\} dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(0) = 1.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

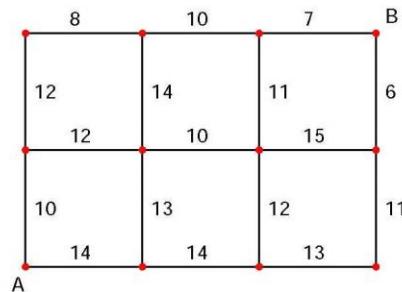


### Билет №7

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_0^2 \{(x')^2 + x\} dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(0) = -1.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

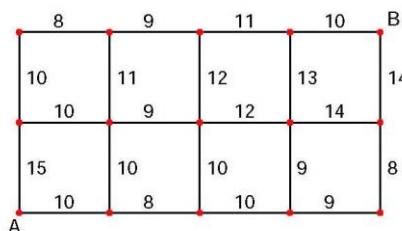


### Билет №8

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_0^1 x dt \rightarrow \min, |x''| \leq 2, x(0) = x'(1) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

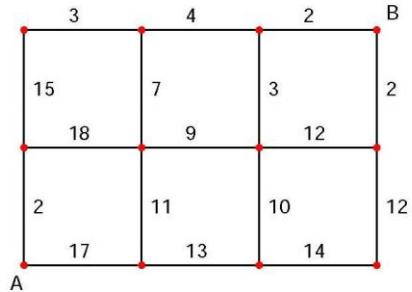


### Билет №9

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_0^1 x dt \rightarrow \min, |x''| \leq 2, x(0) = x'(0) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

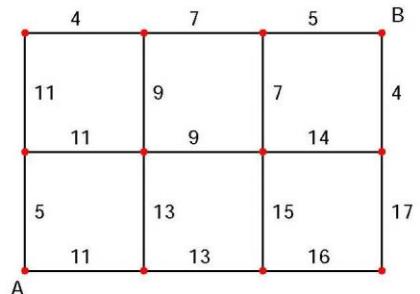


### Билет №10

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_0^4 \{(x')^2 + x\} dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(0) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

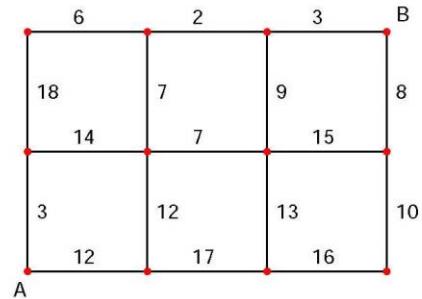


### Билет №11

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_0^1 \{(x')^2 + x\} dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(1) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

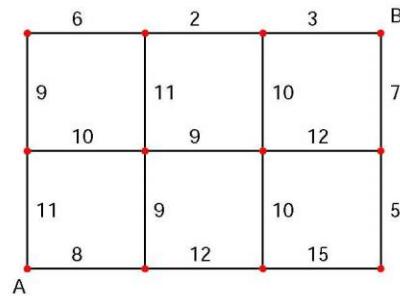


### Билет №12

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_{-\pi}^{\pi} x \sin t dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(\pm\pi) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

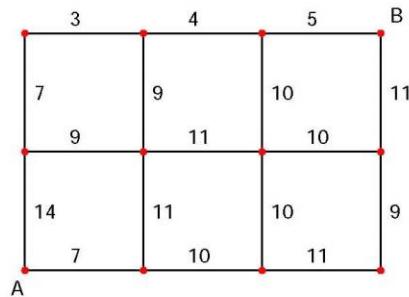


### Билет №13

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_{-\pi}^{\pi} x \sin t dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(\pm\pi) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

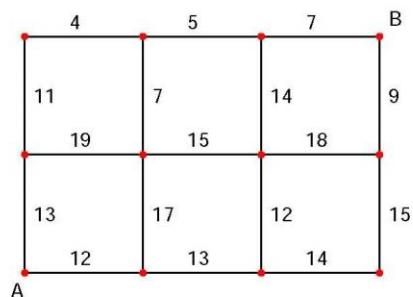


### Билет №14

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_{-\pi}^{\pi} x \sin t dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(\pm\pi) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

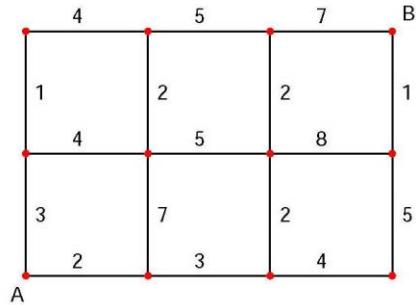


### Билет №15

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_{-\pi}^{\pi} x \sin t dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(\pm\pi) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

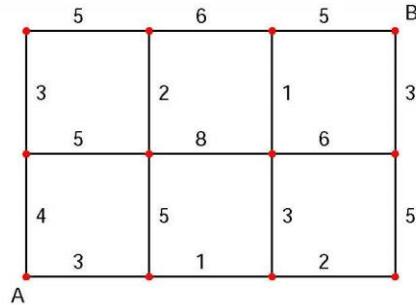


### Билет №16

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_{-\pi}^{\pi} x \sin t dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(\pm\pi) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

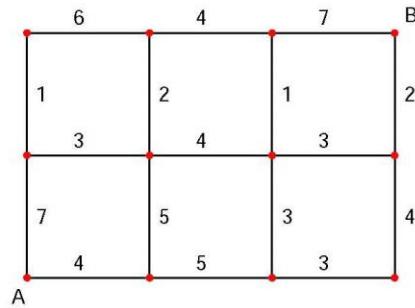


## Билет №17

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_{-\pi}^{\pi} x \sin t dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(\pm\pi) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:

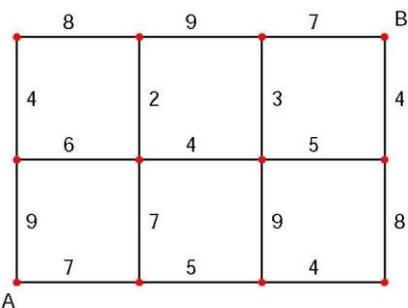


## Билет №18

1. **Задача.** Найти все допустимые экстремали в задаче:

$$\int_{-\pi}^{\pi} x \sin t dt \rightarrow \min, |x'| \leq 1, x(\pm\pi) = 0.$$

2. **Задача.** Решить задачу о кратчайших путях из точки  $A$  методом Дейкстры:



### Регламент проведения промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования

Кол-во заданий в банке вопросов	Кол-во заданий, предъявляемых студенту	Время на тестирование, мин.
не менее 15	2	90

Полный фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования<sup>12</sup> размещен в банке вопросов данного курса дисциплины в СДО Moodle / eLearning Server 4G ЭИОС НГТУ.

В ходе подготовки к промежуточной аттестации обучающимся предоставляется возможность пройти тест самопроверки. Тест для самопроверки по дисциплине размещен в СДО Moodle / eLearning Server 4G ЭИОС НГТУ в свободном для студентов доступе.

<sup>12</sup> Количество заданий в банке тестовых заданий

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Методы исследования операций»  
ОП ВО по направлению 01.04.02-«Прикладная математика и информатика»,  
направленность «Математическое моделирование»  
(квалификация выпускника – магистр)

ФИО, должность, место работы, ученая степень (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Методы исследования операций» ОП ВО по направлению 01.04.02-«Прикладная математика и информатика», направленность «Математическое моделирование» (магистратура) разработанной в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», на кафедре «Прикладная математика» (разработчик – Чернов А.В., доцент, к.ф.-м.н., доцент).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

Программа соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 01.04.02-«Прикладная математика и информатика». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к **базовой** части учебного цикла – **Б1**.

Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 01.04.02-«Прикладная математика и информатика».

В соответствии с Программой за дисциплиной «Методы исследования операций» закреплено 2 компетенций. Дисциплина и представленная Программа способны реализовать их в объявленных требованиях. **Дополнительная (если есть) компетенция не вызывает сомнения** в свете профессиональной значимости и соответствия содержанию дисциплины «Методы исследования операций».

**Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

Общая трудоёмкость дисциплины «Методы исследования операций» составляет 4 зачётных единицы (144 часов). Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Методы исследования операций» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 01.04.02-«Прикладная математика и информатика» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

Программа дисциплины «Методы исследования операций» предполагает 0 занятий в интерактивной форме.

Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 01.04.02-«Прикладная математика и информатика».

Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (опрос, участие в тестировании, коллоквиумах, работа над домашним заданием и

аудиторных заданиях), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины **базовой** части учебного цикла – **Б1** ФГОС ВО направления 01.04.02-«Прикладная математика и информатика».

Нормы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 4 источник (базовый учебник), дополнительной литературой – 4 наименований, методическими разработками – 5 источников, Интернет-ресурсы – 8 источника и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 01.04.02-«Прикладная математика и информатика».

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины **«Методы исследования операций»** и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине **«Методы исследования операций»**.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Методы исследования операций» ОПОП ВО по направлению 01.04.02-«Прикладная математика и информатика», направленность «Математическое моделирование» (квалификация выпускника – магистр), разработанная Черновым А.В., доцент, к.ф.-м.н., соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: ФИО, должность, место работы, ученая степень  
\_\_\_\_\_ «\_\_\_\_\_» 20\_\_\_\_ г.  
(подпись)

Подпись рецензента ФИО заверяю <sup>13</sup>

<sup>13</sup> Только для внешних рецензентов



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института (наименование)

“ \_\_\_\_ ” 2021 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины<sup>14</sup>**

« \_\_\_\_\_ »

индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров

Направление: {шифр

название} \_\_\_\_\_

Направленность: \_\_\_\_\_

Форма обучения \_\_\_\_\_

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_

Курс \_\_\_\_\_

Семестр \_\_\_\_\_

<sup>15</sup> 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):

\_\_\_\_\_  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

« \_\_\_\_ » 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
2021 г. протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ »

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

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

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

<sup>14</sup> Рабочая программа дисциплины актуализируется ежегодно перед началом нового учебного года

<sup>15</sup> Разработчик выбирает один из представленных вариантов

