



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ  
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

**УТВЕРЖДАЮ**

**И.о. проректора**

**А.В. Троицкий**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023г.

***ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН***

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ДИСЦИПЛИНЫ  
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

**Направление подготовки:** 01.03.02 Прикладная математика и информатика

**Профиль:** Программирование. Математическое моделирование

**Уровень высшего образования:** бакалавриат

**Форма обучения:** очная

Королев  
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

**Автор: д.э.н. проф. Мищенко А.В. Рабочая программа дисциплины: Математическое обеспечение экономической деятельности. – Королев МО: «Технологический Университет», 2023г.**

Рецензент: д.э.н. проф. Вилисов В.Я.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки бакалавров 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета. Протокол № 9 от 11.04.2023 г.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:**

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Бугай И.В. к.т.н., доцент 			
Год утверждения (переутверждения)	2023			
Номер и дата протокола заседания кафедры	№8 от 15.03.2023			

**Рабочая программа согласована:**

Руководитель ОПОП ВО \_\_\_\_\_  И.В. Бугай, к.т.н., доцент

**Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:**

Год утверждения (переутверждения)	2023			
Номер и дата протокола заседания УМС	№5 от 11.04.2023			

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

**Целью** изучения дисциплины являются:

1. формирование способности к восприятию, обобщению и анализу информации;
2. освоение необходимого математического аппарата, применяемого при решении различных профессиональных задач;
3. формирование готовности применять методы математического обеспечения экономической деятельности.

В процессе обучения студент приобретает и совершенствует следующие компетенции:

### **универсальные компетенции (УК):**

Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности (УК-9);

### **профессиональные компетенции (ПК):**

- Способность использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ (ПК-3);
- Способность создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники (ПК-5).

**Основными задачами** дисциплины являются:

1. Дать студентам базовые знания по математическому обеспечению экономической деятельности.
2. Научить студентов решать типовые задачи дисциплины.
3. Познакомить студентов с примерами математического моделирования и анализа в области их профессиональной деятельности.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

### **Необходимые знания:**

- Обладает представлениями о принципах недискриминационного взаимодействия при коммуникации в различных сферах жизнедеятельности, с учетом социально-психологических особенностей лиц с ограниченными возможностями здоровья
- Знать методы и приемы формализации задач
- Знать методы и средства проектирования программного обеспечения, программных интерфейсов
- Знать основные методы проектирования и производства программного продукта, принципы построения, структуры и приемы работы с инструментальными средствами, поддерживающими создание программных продуктов и программных комплексов, их сопровождения, администрирования и развития.

### Необходимые умения:

- Планирует и осуществляет профессиональную деятельность с лицами, имеющими инвалидность или ограниченные возможности здоровья
- Уметь выбирать средства и выработать реализации требований к программному обеспечению
- Уметь проводить оценку и обоснование рекомендуемых решений
- Уметь использовать методы проектирования и производства программного продукта, принципы построения, структуры и приемы работы с инструментальными средствами, поддерживающими создание программного продукта

### Трудовые действия:

- Взаимодействует с лицами, имеющими ограниченные возможности здоровья или инвалидность в социальной и профессиональной сферах
- Владеть методами и средствами проектирования баз данных
- Иметь практический опыт применения указанных выше методов и технологий

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Математическое обеспечение экономической деятельности» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению подготовки 01.03.02. «Прикладная математика и информатика».

Дисциплина базируется на дисциплинах: «Введение в программную инженерию», «Операционные системы, среды и оболочки» и компетенциях: ОПК-1, ОПК-4, ПК-5, ОПК-2.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины, являются базовыми для выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра.

## 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для студентов очной формы составляет 3 зачетных единицы, 108 часов. Практическая подготовка обучающихся составляет 32 часа.

Таблица 1

Виды занятий	Всего часов	Семестр пятый	Семестр шестой
<b>ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ</b>			
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия (ПЗ)	32	32	
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	
Практическая подготовка	32	32	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	

Курсовые работы (проекты)	-	-	
Расчетно-графические работы	-	-	
Контрольная работа, домашнее задание			
Текущий контроль знаний	Тест	Тест	
Вид итогового контроля	Экзамен	экзамен	
<b>ЗАОЧНАЯ ФОРМА НЕ ПРЕДУСМОТРЕНА УЧЕБНЫМ ПЛАНОМ</b>			

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час.	Практическ ие занятия, час	Занятия в интерактивной форме, час	Практичес кая подготовка	Код компетенци й
Тема 1. Сфера и границы применения экономико-математического моделирования.	2	4	2	4	УК-9
Тема 2. Модели межотраслевого баланса.	2	6	2	6	УК-9
Тема 3. Применение линейного программирования в математических моделях оптимального планирования.	4	6	2	6	ПК-3
Тема 4. Экономико-математические модели, сводимые к транспортной задаче.	2	4	2	4	ПК-3
Тема 5. Динамическое программирование и его экономические приложения.	4	6	2	6	ПК-5
Тема 6. Постановка задачи нелинейного программирования. Теорема Куна-Таккера.	2	6	2	6	ПК-5
<b>Итого:</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>12</b>	<b>32</b>	

### 4.2. Содержание тем дисциплины

**Тема 1. Сфера и границы применения экономико-математического моделирования.** Принцип гомоморфизма — научная основа моделирования. Понятие экономико-математической модели. Типичные задачи, решаемые при помощи моделирования. Условия применимости, преимущества и недостатки метода моделирования. Определение экономико-математического моделирования по В.С. Немчинову. Этапы экономико-математического моделирования. Классификация экономико-математических методов и моделей.

**Тема 2. Модели межотраслевого баланса.** Балансовый метод. Система уравнений межотраслевых связей В.К. Дмитриева. Схема межотраслевого баланса по В. Леонтьеву. Экономическая модель межотраслевого баланса. Коэффициенты прямых и полных затрат. Анализ экономических показателей при помощи модели

межотраслевого баланса. Теорема о балансовой системе и её экономическое содержание.

**Тема 3. Применение линейного программирования в математических моделях оптимального планирования.** Принцип оптимальности в планировании и управлении. Формы записи задачи линейного программирования и их интерпретация. Геометрическая интерпретация задачи линейного программирования. Симплексный метод. Экономические приложения линейного программирования: основная задача народнохозяйственного планирования по Л.В. Канторовичу, основная задача производственного планирования. Программное обеспечение линейного программирования и работа с ним.

**Тема 4. Экономико-математические модели, сводимые к транспортной задаче.** Формулировка и варианты постановки транспортной задачи. Решение транспортной задачи методом потенциалов. Задача о назначениях и её использование в практике менеджмента персонала.

**Тема 5. Динамическое программирование и его экономические приложения.** Формулировка задачи динамического программирования. Принцип оптимальности Беллмана. Алгоритм решения задач динамического программирования. Экономические приложения: бизнес-планирование, управление проектами, управление реновацией основных средств производства.

**Тема 6. Постановка задачи нелинейного программирования. Теорема Куна-Таккера.** Формулировка общей задачи математического программирования. Классификация задач нелинейного программирования. Понятие о функции Лагранжа. Теорема Куна-Таккера для общей и выпуклой задач математического программирования. Экономическая интерпретация множителей Лагранжа в оптимуме задачи математического программирования. Функциональная матрица задачи математического программирования в точке оптимума и её свойства.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине**

«Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины»

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Математическое обеспечение экономической деятельности» приведена в Приложении 1 к настоящей рабочей программе.

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### Основная литература:

1. Кундышева Е.С. Математические методы и модели в экономике: учебник / Е.С. Кундышева; под науч. ред. Б.А. Сулакова. – 2-е изд. – Москва: Дашков и К°, 2018. – 286 с.: ил. – (Учебные издания для бакалавров). – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573443>
2. Новиков А.И. Экономико-математические методы и модели: учебник / А.И. Новиков. – Москва: Дашков и К°, 2020. – 532 с.: ил. – (Учебные издания для бакалавров). – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573375>

### Дополнительная литература:

1. Горлач Б.А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: учебное пособие / Б.А. Горлач, В.Г. Шахов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 292 с. — ISBN 978-5-8114-2168-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103190>
2. Каштаева С. В. Математическое моделирование: учебное пособие / С. В. Каштаева. — Пермь: ПГАТУ, 2020. — 112 с. — ISBN 978-5-94279-487-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156708>
3. Моделирование бизнес-процессов: учебное пособие: [16+] / А.Н. Байдаков, О.С. Звягинцева, А.В. Назаренко и др.; Ставропольский государственный аграрный университет, Кафедра менеджмента. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2017. – 179 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=484916>
4. Гетманчук А. В. Экономико-математические методы и модели: учебное пособие для бакалавров / А. В. Гетманчук, М. М. Ермилов. — Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2018. - 186 с. - ISBN 978-5-394-01575-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1093144>
5. Баранова И.В. Теория экономического анализа: учебное пособие: [16+] / И.В. Баранова, М.А. Власенко, Н.Н. Овчинникова; общ. ред. И.В. Баранова; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 170 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574631>.
6. Каштаева С. В. Математическая экономика: учебное пособие / С. В. Каштаева. — Пермь: ПГАТУ, 2020. — 96 с. — ISBN 978-5-94279-474-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156707>
7. Орлова И. В. Экономико-математическое моделирование: Практическое пособие по решению задач/ И.В. Орлова. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2020. - 140 с. - ISBN 978-5-9558-0527-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1057221>

## **8.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

### **Интернет-ресурсы:**

<http://www.znaniyum.com/> - электронно-библиотечная система

<http://www.e.lanbook.com/> - ЭБС Издательства "ЛАНЬ"

<http://www.rucont.ru/> - электронно-библиотечная система

<http://www.biblioclub.ru/> - университетская библиотека онлайн

## **9.Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины приведены в Приложении 2 к настоящей рабочей программе.

## **10.Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

**Перечень программного обеспечения:** MSOffice

**Информационные справочные системы:** Электронные ресурсы образовательной среды Университета

## **11.Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

### **Лекционные занятия:**

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран); доской для письма мелом или фломастерами;
- комплект электронных презентаций/слайдов.

### **Практические занятия:**

- аудитория, оснащенная мультимедийными средствами (проектор, ноутбук), демонстрационными материалами (наглядными пособиями); доской для письма мелом или фломастерами;
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочее место студента, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

*ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН*

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ  
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ »**

**Направление подготовки:** 01.03.02 Прикладная математика и информатика

**Профиль:** Программирование, математическое моделирование

**Уровень высшего образования:** бакалавриат

**Форма обучения:** очная

Королев  
2023

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)*	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции (или ее части), обучающийся приобретает:		
				Необходимые знания	Необходимые умения	Трудовые действия
1	УК-9	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности	<b>Тема 1-2.</b>	Обладает представлениями и о принципах недискриминационного взаимодействия при коммуникации в различных сферах жизнедеятельности, с учетом социально-психологических особенностей лиц с ограниченными возможностями здоровья	Планирует и осуществляет профессиональную деятельность с лицами, имеющими инвалидность или ограниченные возможности здоровья	Взаимодействует с лицами, имеющими ограниченные возможности здоровья или инвалидность в социальной и профессиональной сферах
2.	ПК-3	Способность использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ	<b>Тема 3-4.</b>	Знать методы и приемы формализации задач Знать методы и средства проектирования программного обеспечения, программных интерфейсов	Уметь выбирать средства и выработать требования к программному обеспечению Уметь проводить оценку и обоснование рекомендуемых решений	Владеть методами и средствами проектирования баз данных
3.	ПК-5	Способность создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и	<b>Тема 5-6.</b>	Знать основные методы проектирования и производства программного продукта, принципы построения, структуры и приемы работы с инструментальными средствами, поддерживающими создание программных продуктов и	Уметь использовать методы проектирования и производства программного продукта, принципы построения, структуры и приемы работы с инструментальными средствами, поддерживающими создание программного продукта	Иметь практический опыт применения указанных выше методов и технологий

		компьютерной техники		программных комплексов, их сопровождения, администрирования и развития.		
--	--	----------------------	--	---	--	--

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

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Этапы и показатель оценивания компетенции	Шкала и критерии оценки
УК-9 ПК-3, ПК-5	Тест	<p>А) <b>полностью сформирована</b> (компетенция освоена на высоком уровне) – 90% правильных ответов</p> <p>Б) <b>частично сформирована:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•компетенция <b>освоена на продвинутом уровне</b> – 70% правильных ответов;</li> <li>•компетенция <b>освоена на базовом уровне</b> – от 51% правильных ответов;</li> </ul> <p>В) <b>не сформирована</b> (компетенция не освоена) – менее 50% правильных ответов</p>	<p>Проводится письменно</p> <p>Время, отведенное на процедуру –30 мин.</p> <p>Неявка 0 баллов.</p> <p>Критерии оценки определяются процентным соотношением.</p> <p>Неудовлетворительно – менее 50% правильных ответов.</p> <p>Удовлетворительно – от 51% правильных ответов.</p> <p>Хорошо – от 70%.</p> <p>Отлично – от 90%.</p> <p>Максимальная оценка – 5 баллов.</p>
	Выполнение контрольной работы	<p>А) <b>полностью сформирована</b> (компетенция освоена на высоком уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) <b>частично сформирована:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•компетенция <b>освоена на продвинутом уровне</b> – 4 балла;</li> <li>•компетенция <b>освоена на базовом уровне</b> – 3 балла;</li> </ul> <p>В) <b>не сформирована</b> (компетенция не освоена) – 2 и менее баллов</p>	<p>При определении сформированности компетенций критериями оценивания выступают методические рекомендации, разработанные по дисциплине для данного вида.</p>

### **3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **3.1. Типовые вопросы, выносимые на тестирование**

##### **Тестирование 1**

**1.** На каком этапе решения оптимальных задач выполняется построение целевой функции переменных?

- a) Построение математической модели рассматриваемой проблемы
- b) Построение качественной модели рассматриваемой проблемы
- c) Исследование влияния переменных на значение целевой функции
- d) Экспертная проверка результатов
- e) Тестирование

**2.** На каком этапе решения оптимальных задач строится числовая характеристика, большему (или меньшему) значению которой соответствует лучшая ситуация с точки зрения принимающего решения?

- a) Построение математической модели рассматриваемой проблемы
- b) Построение качественной модели рассматриваемой проблемы
- c) Исследование влияния переменных на значение целевой функции
- d) Экспертная проверка результатов
- e) Тестирование

**3.** На каком этапе решения оптимальных задач находят решение, используя методы математического программирования ?

- a) Исследование влияния переменных на значение целевой функции
- b) Построение математической модели рассматриваемой проблемы
- c) Построение качественной модели рассматриваемой проблемы
- d) Экспертная проверка результатов
- e) Тестирование

**4.** На каком этапе решения оптимальных задач устанавливается степень адекватности модели и моделируемого объекта в пределах точности исходной информации ?

- a) Экспертная проверка результатов
- b) Исследование влияния переменных на значение целевой функции
- c) Построение математической модели рассматриваемой проблемы
- d) Построение качественной модели рассматриваемой проблемы
- e) Тестирование

**5.** Что выполняется на этапе построения качественной модели рассматриваемой проблемы при решении оптимальных задач?

- a) выделяют факторы, которые представляются наиболее важными, и устанавливают закономерности, которым они подчиняются
- b) выполняется построение целевой функции переменных
- c) строится числовая характеристика, большему (или меньшему) значению которой соответствует лучшая ситуация с точки зрения принимающего решения

- d) находят решение, используя методы математического программирования
- e) устанавливается степень адекватности модели и моделируемого объекта в пределах точности исходной информации

**6.** Что выполняется на этапе построения математической модели рассматриваемой проблемы при решении оптимальных задач?

- a) строится числовая характеристика, большому (или меньшему) значению которой соответствует лучшая ситуация с точки зрения принимающего решения
- b) выполняется построение целевой функции переменных
- c) выделяют факторы, которые представляются наиболее важными, и устанавливают закономерности, которым они подчиняются
- d) находят решение, используя методы математического программирования
- e) устанавливается степень адекватности модели и моделируемого объекта в пределах точности исходной информации

**7.** Что выполняется на этапе исследования влияния переменных на значение целевой функции при решении оптимальных задач?

- a) находят решение, используя методы математического программирования
- b) строится числовая характеристика, большому (или меньшему) значению которой соответствует лучшая ситуация с точки зрения принимающего решения
- c) выполняется построение целевой функции переменных
- d) выделяют факторы, которые представляются наиболее важными, и устанавливают закономерности, которым они подчиняются
- e) устанавливается степень адекватности модели и моделируемого объекта в пределах точности исходной информации

**8.** Что выполняется на этапе экспертной проверки результатов при решении оптимальных задач?

- a) устанавливается степень адекватности модели и моделируемого объекта в пределах точности исходной информации
- b) находят решение, используя методы математического программирования
- c) строится числовая характеристика, большому (или меньшему) значению которой соответствует лучшая ситуация с точки зрения принимающего решения
- d) выполняется построение целевой функции переменных
- e) выделяют факторы, которые представляются наиболее важными, и устанавливают закономерности, которым они подчиняются

**9.** Что выполняется на этапе построения математической модели рассматриваемой проблемы при решении оптимальных задач?

- a) выполняется построение целевой функции переменных
- b) строится числовая характеристика, большому (или меньшему) значению которой соответствует лучшая ситуация с точки зрения принимающего решения
- c) выделяют факторы, которые представляются наиболее важными, и устанавливают закономерности, которым они подчиняются
- d) находят решение, используя методы математического программирования
- e) устанавливается степень адекватности модели и моделируемого объекта в пределах точности исходной информации

**10.** Для чего предназначено моделирование ?

- a) Для объяснения поведения системы и выбора параметров, характеризующих

процесс

- b) Для описания достижений желаемого результата
- c) Для предоставления одной системы в знаках и символах другой системы
- d) Для описания, объяснения и прогнозирования поведения системы
- e) Для оказания помощи руководителю в принятии решений

**11.** Что понимают под эффективностью операции?

- a) степень достижения поставленной цели
- b) представление одной системы в знаках и символах другой системы
- c) количественная мера эффективности
- d) любая целенаправленная деятельность человека или коллектива людей
- e) чувствительность к изменениям деятельности

**12.** Что понимают под критерием эффективности?

- a) количественная мера эффективности
- b) представление одной системы в знаках и символах другой системы
- c) любая целенаправленная деятельность человека или коллектива людей
- d) степень достижения поставленной цели
- e) чувствительность к изменениям деятельности

**13.** Что отражает критерий эффективности?

- a) Цель операции в количественной форме
- b) Степень достижения поставленной цели
- c) Оценку вариантов достижения цели
- d) Чувствительность к изменениям деятельности
- e) Основную цель операции

**14.** Степень достижения поставленной цели операции – это...

- a) эффективность
- b) модель
- c) операция
- d) критерий эффективности
- e) спрос

**15.** Количественная мера эффективности – это...

- a) критерий эффективности
- b) модель
- c) операция
- d) эффективность
- e) спрос

**16.** Какой метод применяют для отыскания экстремальных значений внутри указанной области?

- a) Методы исследования функций
- b) Метод множителей Лагранжа
- c) Методы вариационного исчисления
- d) Динамическое программирование
- e) Принцип максимума

**17.** Какие методы позволяют снизить размерность решаемой задачи?

- a) Метод множителей Лагранжа
- b) Методы исследования функций

- c) Методы вариационного исчисления
- d) Динамическое программирование
- e) Принцип максимума

**18.** Какие методы используются для решения задач, в которых критерии оптимальности представляются в виде функционалов и решениями которых служат неизвестные функции?

- a) Методы вариационного исчисления
- b) Метод множителей Лагранжа
- c) Методы исследования функций
- d) Динамическое программирование
- e) Принцип максимума

**19.** Какие методы используются для решения задач оптимизации дискретных многостадийных процессов?

- a) Динамическое программирование
- b) Метод множителей Лагранжа
- c) Методы исследования функций
- d) Методы вариационного исчисления
- e) Принцип максимума

**20.** Какие методы представляют собой алгоритм определения оптимальной стратегии управления на всех стадиях процесса?

- a) Динамическое программирование
- b) Метод множителей Лагранжа
- c) Методы исследования функций
- d) Методы вариационного исчисления
- e) Принцип максимума

**21.** Какие методы используются для решения задач оптимизации процессов, описываемых системами дифференциальных уравнений?

- a) Принцип максимума
- b) Динамическое программирование
- c) Метод множителей Лагранжа
- d) Методы исследования функций
- e) Методы вариационного исчисления

**22.** Какие методы используются для решения оптимальных задач с линейными выражениями для критерия оптимальности и линейными ограничениями на область изменения переменных?

- a) Линейное программирование
- b) Динамическое программирование
- c) Метод множителей Лагранжа
- d) Методы исследования функций
- e) Методы вариационного исчисления

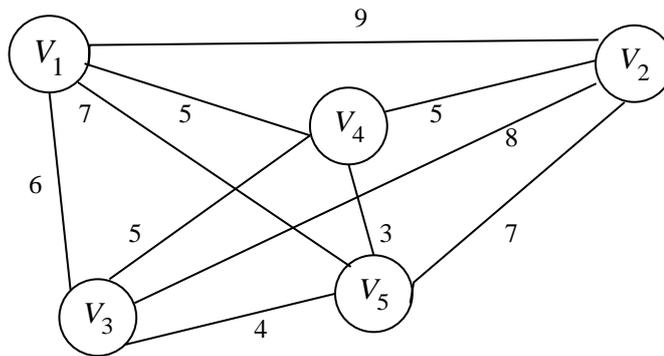
**23.** Какие методы используются для решения оптимальных задач с нелинейными функциями цели?

- a) Методы нелинейного программирования
- b) Динамическое программирование
- c) Метод множителей Лагранжа

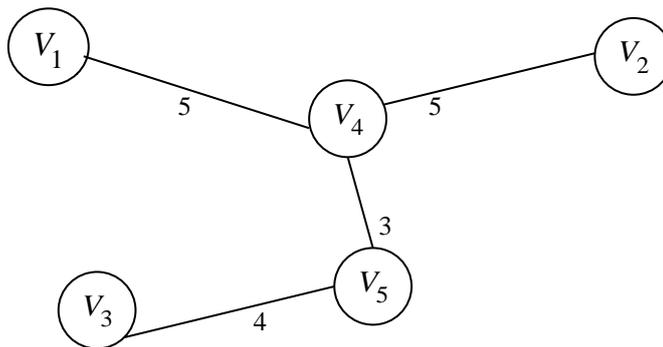
- d) Методы исследования функций
  - e) Методы вариационного исчисления
- 24.** Какие методы используются для решения оптимальных задач, в которых критерии оптимальности и ограничения задаются в виде полиномов?
- a) Геометрическое программирование
  - b) Методы нелинейного программирования
  - c) Динамическое программирование
  - d) Метод множителей Лагранжа
  - e) Методы вариационного исчисления
- 25.** Какие задачи решаются с помощью методов геометрического программирования?
- a) методы используются для решения оптимальных задач, в которых критерии оптимальности и ограничения задаются в виде полиномов
  - b) методы используются для решения оптимальных задач с нелинейными функциями цели
  - c) методы используются для решения оптимальных задач с линейными выражениями для критерия оптимальности и линейными ограничениями на область изменения переменных
  - d) методы используются для решения задач оптимизации процессов, описываемых системами дифференциальных уравнений
  - e) методы используются для решения задач оптимизации дискретных многостадийных процессов
- 26.** Какие задачи решаются с помощью методов линейного программирования?
- a) методы используются для решения оптимальных задач с линейными выражениями для критерия оптимальности и линейными ограничениями на область изменения переменных
  - b) методы используются для решения оптимальных задач с нелинейными функциями цели
  - c) методы используются для решения оптимальных задач, в которых критерии оптимальности и ограничения задаются в виде полиномов
  - d) методы используются для решения задач оптимизации процессов, описываемых системами дифференциальных уравнений
  - e) методы используются для решения задач оптимизации дискретных многостадийных процессов

## Тестирование 2

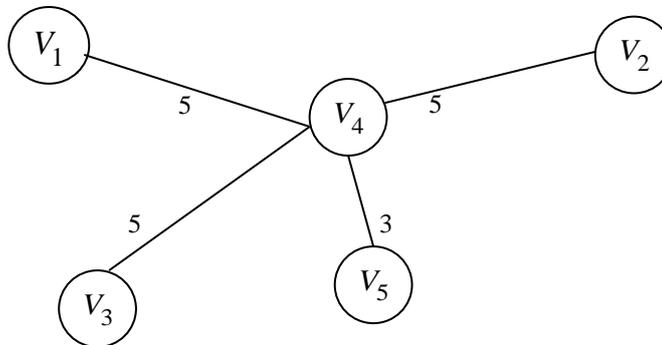
**1.** Компания кабельного телевидения планирует подключить к своей сети четыре новых района. Расстояние между районами и центром кабельного телевидения указаны на следующем графе, в котором телецентр изображается вершиной  $V_1$ , а районы – вершинами  $V_2, \dots, V_5$ .



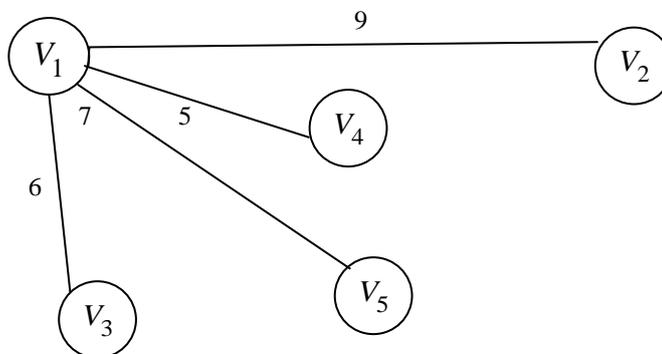
Тогда наиболее экономичная кабельная сеть имеет вид ...  
(!)



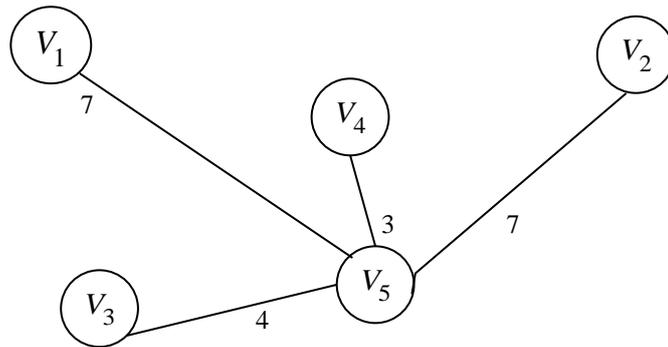
(?)



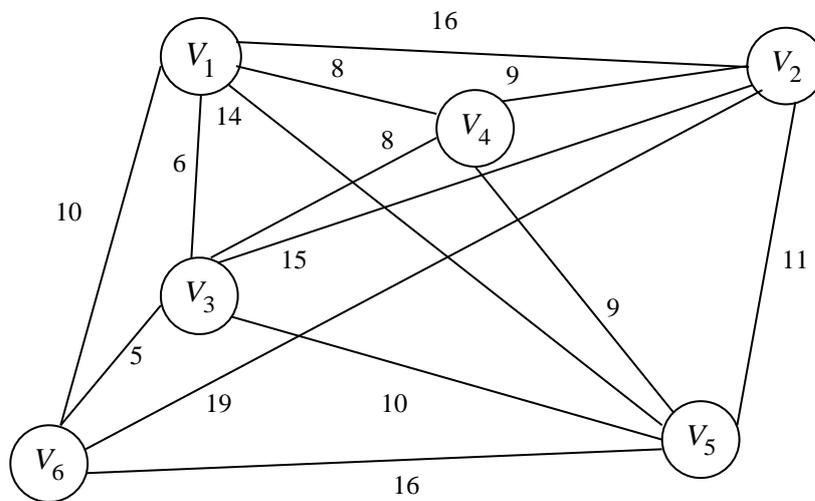
(?)



(?)



2. Телекоммуникационная компания планирует подключить к своей сети пять домов. Расстояние между домами и сервером указаны на следующем графе, в котором сервер изображается вершиной  $V_1$ , а районы – вершинами  $V_2, \dots, V_6$ .



Тогда длина кабеля при наиболее экономичном подключении домов равна ...

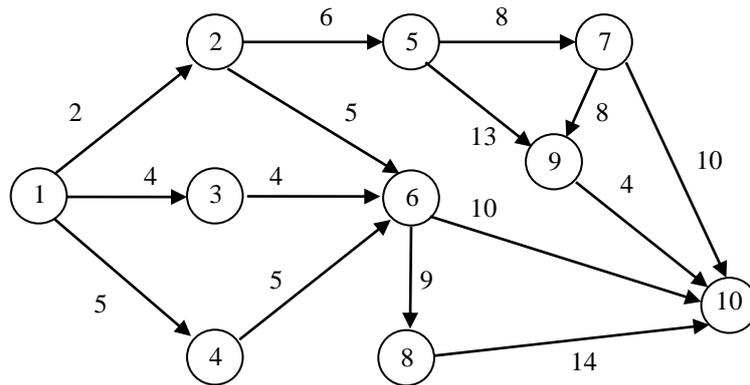
- (!) 37
- (?) 36
- (?) 41
- (?) 29

3. Технологический комплекс производства продукции состоит из 10 узлов. Последовательность выполнения операций и их продолжительность в часах заданы таблицей

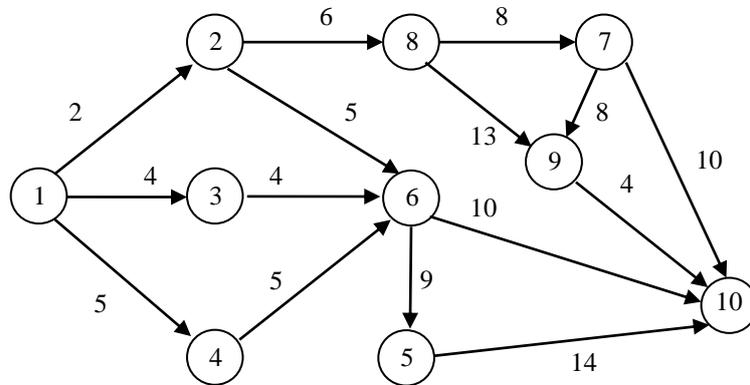
№ п. п.	Шифр операции	Продолжительность операции
1	1 → 2	2
2	1 → 3	4
3	1 → 4	5
4	2 → 5	6
5	2 → 6	5
6	3 → 6	4
7	4 → 6	5
8	5 → 9	13
9	5 → 7	8
10	6 → 8	9
11	6 → 10	10
12	7 → 10	10
13	7 → 9	8
14	8 → 10	14
15	9 → 10	4

Тогда сетевым графиком для этого комплекса будет ...

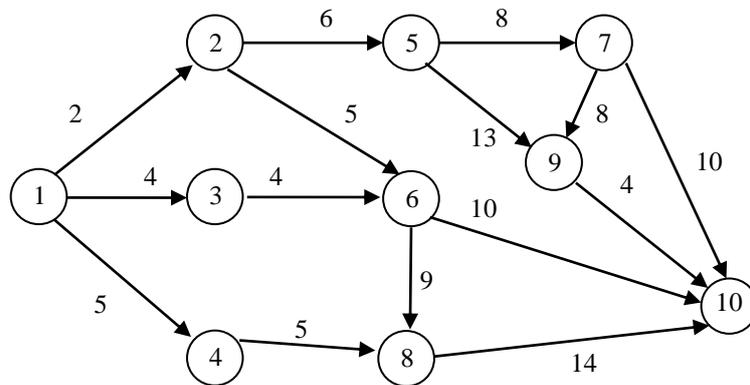
(!)



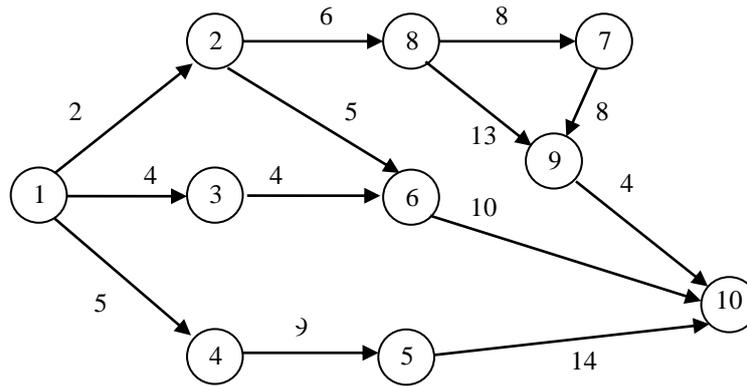
(?)



(?)



(?)



4. Технологический комплекс производства продукции состоит из 12 узлов. Последовательность выполнения операций и их продолжительность в часах заданы таблицей

№ п. п.	Шифр операции	Продолжительность операции
1	1 → 2	2
2	1 → 3	5
3	1 → 4	6
4	2 → 5	4
5	3 → 5	8
6	3 → 6	3
7	4 → 6	7
8	4 → 7	6
9	5 → 6	6
10	5 → 9	8
11	6 → 7	3
12	6 → 8	10
13	6 → 9	4
14	7 → 8	8
15	7 → 10	4
16	8 → 10	9
17	9 → 11	5
18	9 → 12	7
19	10 → 12	4
20	11 → 12	8

Тогда критическое время равно ...

- (!) 43 часа
- (?) 19 часов
- (?) 2 часа
- (?) 10 часов

5. Технологический комплекс производства продукции состоит из 12 узлов. Последовательность выполнения операций и их продолжительность в часах заданы таблицей

№ п. п.	Шифр операции	Продолжительность операции
1	1 → 2	2
2	1 → 3	5
3	1 → 4	6
4	2 → 5	4
5	3 → 5	8
6	3 → 6	3
7	4 → 6	7
8	4 → 7	6
9	5 → 6	6

10	5 → 9	8
11	6 → 7	3
12	6 → 8	10
13	6 → 9	4
14	7 → 8	8
15	7 → 10	4
16	8 → 10	9
17	9 → 11	5
18	9 → 12	7
19	10 → 12	4
20	11 → 12	8

Тогда критическим путем является путь ...

(!) 1 → 3 → 5 → 6 → 7 → 8 → 10 → 12

(?) 1 → 3 → 6 → 7 → 10 → 12

(?) 1 → 3 → 6 → 9 → 12

(?) 1 → 4 → 6 → 7 → 8 → 10 → 12

6. Технологический комплекс производства продукции состоит из 12 узлов. Последовательность выполнения операций и их продолжительность в часах заданы таблицей

№ п. п.	Шифр операции	Продолжительность операции
1	1 → 2	2
2	1 → 3	5
3	1 → 4	6
4	2 → 5	4
5	3 → 5	8
6	3 → 6	3
7	4 → 6	7
8	4 → 7	6
9	5 → 6	6
10	5 → 9	8
11	6 → 7	3
12	6 → 8	10
13	6 → 9	4
14	7 → 8	8
15	7 → 10	4
16	8 → 10	9
17	9 → 11	5
18	9 → 12	7
19	10 → 12	4
20	11 → 12	8

Тогда критической операцией является ...

(!) 5 → 6

(?) 6 → 8

(?) 6 → 9

(?) 4 → 7

7. Технологический комплекс производства продукции состоит из 12 узлов. Последовательность выполнения операций и их продолжительность в часах заданы таблицей

№ п. п.	Шифр операции	Продолжительность операции
1	1 → 2	2
2	1 → 3	5
3	1 → 4	6
4	2 → 5	4
5	3 → 5	8

6	3	6	3
7	4	6	7
8	4	7	6
9	5	6	6
10	5	9	8
11	6	7	3
12	6	8	10
13	6	9	4
14	7	8	8
15	7	10	4
16	8	10	9
17	9	11	5
18	9	12	7
19	10	12	4
20	11	12	8

Тогда некритической операцией является ...

- (!)  $6 \rightarrow 8$
- (?)  $10 \rightarrow 12$
- (?)  $3 \rightarrow 5$
- (?)  $1 \rightarrow 3$

**8.** Технологический комплекс производства продукции состоит из 12 узлов. Последовательность выполнения операций и их продолжительность в часах заданы таблицей

№ п. п.	Шифр операции	Продолжительность операции
1	1	2
2	1	5
3	1 4	6
4	2 5	4
5	3	8
6	3	3
7	4	7
8	4	6
9	5	6
10	5	8
11	6	3
12	6	10
13	6	4
14	7	8
15	7	4
16	8	9
17	9	5
18	9	7
19	10	4
20	11	8

Тогда некритическим путем является путь ...

- (!)  $6 \rightarrow 9 \rightarrow 12$
- (?)  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 10 \rightarrow 12$
- (?)  $8 \rightarrow 10 \rightarrow 12$
- (?)  $5 \rightarrow 6 \rightarrow 9 \rightarrow 11 \rightarrow 12$

**9.** Некритическим путем в сетевом графике является путь, ...

- (!) начальный и конечный узлы которого лежат на критическом пути, а составляющие его операции являются некритическими;
- (?) не являющийся критическим;

- (?) который не ведет из источника в сток;
- (?) состоящий из некритических операций.

**10.** Свободный резерв времени на критической операции сетевого графика ...

- (!) равен нулю;
- (?) положителен;
- (?) является максимальным;
- (?) является минимальным.

**11.** Свободный резерв времени на некритической операции сетевого графика ...

- (!) неотрицателен;
- (?) равен нулю;
- (?) является максимальным;
- (?) является минимальным.

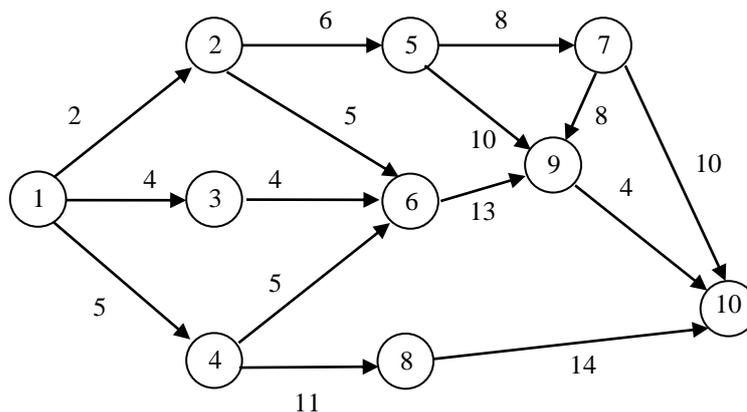
**12.** Технологический комплекс производства продукции состоит из 12 узлов. Последовательность выполнения операций и их продолжительность в часах заданы таблицей

№ п. п.	Шифр операции	Продолжительность операции
1	1 → 2	2
2	1 → 3	5
3	1 → 4	6
4	2 → 5	4
5	3 → 5	8
6	3 → 6	3
7	4 → 6	7
8	4 → 7	6
9	5 → 6	6
10	5 → 9	8
11	6 → 7	3
12	6 → 8	10
13	6 → 9	4
14	7 → 8	8
15	7 → 10	4
16	8 → 10	9
17	9 → 11	5
18	9 → 12	7
19	10 → 12	4
20	11 → 12	8

Тогда свободный резерв времени на операции 5 → 9 равен...

- (!) 2 часа
- (?) 1 час
- (?) 3 часа
- (?) 0 часов

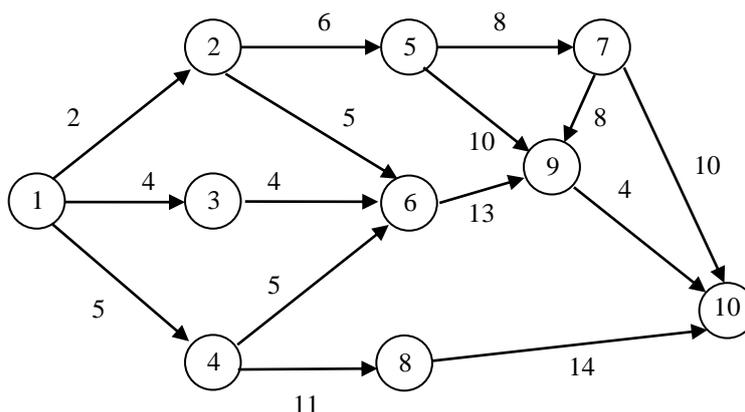
**13.** На рисунке



изображена сеть с заданными длинами дуг. Тогда кратчайшим путем, ведущим из источника в сток, является путь...

- (!)  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 9 \rightarrow 10$
- (?)  $1 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 10$
- (?)  $1 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 9 \rightarrow 10$
- (?)  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 10$ .

14. На рисунке



изображена сеть с заданными длинами дуг. Тогда длина кратчайшего пути, ведущим из источника в сток, равна...

- (!) 22
- (?) 30
- (?) 18
- (?) 24

15. Для транспортной задачи, заданной таблицей

		заказы			
		$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
запасы		180	50	90	20
$A_1$	150	5	7	1	4
$A_2$	60	10	3	3	8
$A_3$	130	12	2	4	4

первоначальный план перевозок, полученный с помощью метода северо-западного угла, имеет вид...

$$(!) \begin{pmatrix} 150 & 0 & 0 & 0 \\ 30 & 30 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 90 & 20 \end{pmatrix}$$

$$(?) \begin{pmatrix} 40 & 0 & 90 & 20 \\ 60 & 0 & 0 & 0 \\ 80 & 50 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$(?) \begin{pmatrix} 40 & 50 & 40 & 20 \\ 30 & 0 & 30 & 0 \\ 110 & 0 & 20 & 0 \end{pmatrix}$$

$$(?) \begin{pmatrix} 60 & 25 & 45 & 20 \\ 60 & 0 & 0 & 0 \\ 60 & 25 & 45 & 0 \end{pmatrix}.$$

16. Для транспортной задачи, заданной таблицей

заказы запасы		$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
		180	50	90	20
$A_1$	150	5	7	1	4
$A_2$	60	10	3	6	8
$A_3$	130	12	2	4	11

первоначальный план перевозок, полученный с помощью метода наименьшей стоимости, имеет вид...

$$(!) \begin{pmatrix} 40 & 0 & 90 & 20 \\ 60 & 0 & 0 & 0 \\ 80 & 50 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$(?) \begin{pmatrix} 150 & 0 & 0 & 0 \\ 30 & 30 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 90 & 20 \end{pmatrix}$$

$$(?) \begin{pmatrix} 40 & 50 & 40 & 20 \\ 30 & 0 & 30 & 0 \\ 110 & 0 & 20 & 0 \end{pmatrix}$$

$$(?) \begin{pmatrix} 60 & 25 & 45 & 20 \\ 60 & 0 & 0 & 0 \\ 60 & 25 & 45 & 0 \end{pmatrix}.$$

17. Суммарная стоимость перевозок по плану, записанному в транспортной таблице

заказы запасы		$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
		180	50	90	20
$A_1$	150	<input type="text" value="5"/> 40	<input type="text" value="7"/> 50	<input type="text" value="1"/> 40	<input type="text" value="4"/> 20
$A_2$	60	<input type="text" value="10"/> 30	<input type="text" value="3"/> 30	<input type="text" value="6"/> 30	<input type="text" value="8"/> 20
$A_3$	130	<input type="text" value="12"/> 110	<input type="text" value="2"/> 50	<input type="text" value="4"/> 20	<input type="text" value="11"/> 20

равна...

- (!) 2550
- (?) 440
- (?) 2930
- (?) 3240.

18. Для плана, заданного транспортной таблицей

заказы запасы		$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
		180	50	90	20
$A_1$	150	<input type="text" value="5"/> 40	<input type="text" value="7"/> 50	<input type="text" value="1"/> 90	<input type="text" value="4"/> 20
$A_2$	60	<input type="text" value="10"/> 60	<input type="text" value="3"/> 50	<input type="text" value="6"/> 90	<input type="text" value="8"/> 20
$A_3$	130	<input type="text" value="12"/> 80	<input type="text" value="2"/> 50	<input type="text" value="4"/> 90	<input type="text" value="11"/> 20

потенциал  $u_2$ , соответствующий поставщику  $A_2$ , равен 4. Тогда потенциал  $v_1$ , соответствующий потребителю  $B_1$ , равен ...

- (!) 6
- (?) 56
- (?) 176
- (?) 10.

19. Для плана, заданного транспортной таблицей

заказы запасы		$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
		180	50	90	20
$A_1$	150	<input type="text" value="5"/> 40	<input type="text" value="7"/> 50	<input type="text" value="1"/> 90	<input type="text" value="4"/> 20
$A_2$	60	<input type="text" value="10"/> 60	<input type="text" value="3"/> 50	<input type="text" value="6"/> 90	<input type="text" value="8"/> 20
$A_3$	130	<input type="text" value="12"/> 80	<input type="text" value="2"/> 50	<input type="text" value="4"/> 90	<input type="text" value="11"/> 20

потенциал  $v_4$ , соответствующий потребителю  $B_4$ , равен  $(-3)$ . Тогда потенциал  $u_1$ , соответствующий поставщику  $A_1$ , равен ...

- (!) 7

- (?) 1
- (?) 16
- (?) 153.

20. Для плана, заданного транспортной таблицей

заказы запасы		$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
		180	50	90	20
$A_1$	150	$\begin{matrix} 5 \\ 40 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 7 \\ \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ 90 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 4 \\ 20 \end{matrix}$
$A_2$	60	$\begin{matrix} 10 \\ 60 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 3 \\ \end{matrix}$	$\begin{matrix} 6 \\ \end{matrix}$	$\begin{matrix} 8 \\ \end{matrix}$
$A_3$	130	$\begin{matrix} 12 \\ 80 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 2 \\ 50 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 4 \\ \end{matrix}$	$\begin{matrix} 11 \\ \end{matrix}$

потенциал  $v_3$ , соответствующий потребителю  $B_3$ , равен 5. Тогда потенциал  $v_2$ , соответствующий потребителю  $B_2$ , равен ...

- (!) -1
- (?) -2
- (?) 1
- (?) 3.

21. Для транспортной задачи, заданной таблицей

заказы запасы		$B_1$	$B_2$	$B_3$
		60	50	40
$A_1$	42	$\begin{matrix} 2 \\ \end{matrix}$	$\begin{matrix} 4 \\ \end{matrix}$	$\begin{matrix} 6 \\ \end{matrix}$
$A_2$	52	$\begin{matrix} 4 \\ \end{matrix}$	$\begin{matrix} 5 \\ \end{matrix}$	$\begin{matrix} 3 \\ \end{matrix}$
$A_3$	56	$\begin{matrix} 3 \\ \end{matrix}$	$\begin{matrix} 6 \\ \end{matrix}$	$\begin{matrix} 3 \\ \end{matrix}$

оптимальный план перевозок имеет вид...

- (!)  $\begin{pmatrix} 42 & 0 & 0 \\ 0 & 50 & 2 \\ 18 & 0 & 38 \end{pmatrix}$
- (?)  $\begin{pmatrix} 42 & 0 & 0 \\ 2 & 50 & 0 \\ 16 & 0 & 40 \end{pmatrix}$
- (?)  $\begin{pmatrix} 2 & 0 & 40 \\ 2 & 50 & 0 \\ 56 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

(?) оптимальный план не существует.

22. Какова цель решения транспортной задачи?

(?) Выбор оптимального пути на графе.

- (?) Выбор наилучшего транспортного средства.
- (!) Определение количества однородной продукции, перевозимой из пунктов отправления и количества продукции поставляемой в пункты назначения.
- (?) Выявление дефицита продукции в пунктах отправления.
- (?) Выявление дефицита продукции в пунктах назначения.

**23.** Частным случаем какой модели (задачи, метода) является транспортная задача?

- (?) Метода множителей Лагранжа.
- (?) Задачи о назначениях.
- (?) Задачи о рюкзаке.
- (?) Задачи коммивояжера.
- (!) Задачи линейного программирования.

**24.** Что такое несбалансированная транспортная задача?

- (!) В которой сумма однородных продуктов в пунктах отправления не равна сумме продуктов в пунктах назначения.
- (?) В которой перевозятся два вида продуктов, разного количества.
- (?) В которой сумма расстояний между пунктами отправления не равна сумме расстояний между пунктами назначения.
- (?) В которой число нулей в транспортной таблице не равно числу ненулевых элементов.
- (?) В которой стоимость перевозки существенно отличается от времени.

**25.** Как можно решить прямую транспортную задачу?

- (?) Методом фиктивного разыгрывания.
- (?) С помощью метода множителей Лагранжа.
- (!) Сведением ее к задаче линейного программирования.
- (?) Методами нелинейного программирования.
- (?) Методом Парето-оптимизации.

**26.** Динамическое программирование – это метод оптимизации многошаговых задач в условиях

отсутствия обратной связи (последствия) и аддитивности целевой функции + учета обратной связи (последствия) и аддитивности целевой функции

отсутствия обратной связи (последствия) и неаддитивности целевой функции

**27.** Метод динамического программирования применяется для решения многошаговых задач + задач, которые нельзя представить в виде последовательности отдельных шагов только задач линейного программирования задач макроэкономики

### 3.2 Типовые задания контрольной работы.

**Задача №1 Модель Леонтьева.** Химическое предприятие состоит из двух основных и одного вспомогательного цехов, каждый из которых выпускает один вид продукции. Прямые затраты  $a_{ij}$  продукции  $i$ -го цеха на производство 1 единицы продукции  $j$ -го цеха, а также величины конечного продукта  $u_i$ , представлены таблицей:

Цеха	Коэффициенты прямых затрат $a_{ij}$			Конечный продукт $y_i$
	I	II	III	
I	0	$\frac{1}{20}m$	0	$200m$
II	$\frac{1}{30}n$	$\frac{1}{40}m$	$\frac{1}{10}$	$100m$
III	0	$\frac{1}{30}n$	$\frac{1}{40}n$	$300m$

Определить: 1) коэффициенты полных затрат; 2) валовой выпуск для каждого цеха; 3) производственную программу цехов (распределение валового продукта на конечный продукт и внутрипроизводственное потребление отдельно по цехам); 4) коэффициенты косвенных затрат.

**Задача №2 Линейное программирование.** Фирма выпускает три вида продукции. В процессе производства используется три технологические операции. В таблице для каждой операции указано, сколько времени занимает выполнение операции для изготовления 1 единицы продукции каждого вида. Там же указан суммарный фонд рабочего времени, в течение которого могут проводиться технологические операции.

Операция	Время на 1 изделие (мин/шт)			Общий ресурс времени (час)
	продукт №1	Продукт №2	продукт №3	
I	$n$	$m$	$2m$	$2(m+n)$
II	$m$	0	$n$	$2m+n$
III	$m/2$	$n$	0	$m+2n$

Ожидаемая прибыль от продажи одного изделия каждого вида составляет  $n$ ,  $m$  и  $n+m$  рублей соответственно. Определите наиболее выгодный суточный объем производства каждого вида продукции.

**Задача №3 Линейное программирование.** Известны совокупные затраты 4 видов сырья отдельно по отраслям.

	Затраты по цехам			Стоимость 1 единицы сырья (руб)
	I	II	III	
Сырье а	$1000m$	$1500(m+n)$	2000	$200m$
Сырье б	$500n$	$2000m$	1000	$100m$
Топливо	$3000n$	$2000m$	4000	$300n$
Труд	$1000n$	$800(m+n)$	$600m$	$200n$

Требуется: определить коэффициенты затрат сырья в пересчете на 1 единицу конечной продукции и себестоимость 1 единицы конечной продукции, а также долю каждого сырья в себестоимости 1 единицы конечной продукции каждого вида.

**Задача №4 Транспортная задача.** В городе имеется три хлебозавода, которые выпускают одинаковую продукцию и развозят ее по 5 магазинам. Стоимость доставки пропорциональна расстоянию от завода до магазина (см. таблицу).

Завод	Расстояние до магазина (км)				
	№1	№2	№3	№4	№5
I	$n+m$	$m$	$2n$	$n+m$	$n$
II	$2m$	$m+5$	$n$	$2n+m$	$m+n$
III	$n+3$	$m+1$	$n+2$	$2m+n$	$n$

Мощности хлебозаводов составляют  $10m$ ,  $20n$  и  $10(m+2n)$  тонн продукции в сутки. Суточные потребности магазинов равны соответственно  $5m$ ,  $10n$ ,  $10n$ ,  $10m$ ,  $5m+10n$  тонн. Определите план поставок, минимизирующий суммарные транспортные расходы магазинов.

**Задача №5. Задача динамического программирования.** Фирма, в состав которой входит три предприятия, принимает решение о комплексной реконструкции этих предприятий. В следующей таблице указаны 4 возможных решения по каждому предприятию, затраты  $c_i$  на реализацию таких решений и чистая прибыль  $R_i$  как результат принятого решения (в млн. руб.)

	1-е предприятие		2-е предприятие		3-е предприятие	
	$c_1$	$R_1$	$c_2$	$R_2$	$c_3$	$R_3$
Оставляем в прежнем виде	0	0	0	0	0	0
Малая механизация	$m$	$m+n$	$l$	$l+m$	$n$	$n+m$
Частичная модернизация	$m+5$	$2m+n+3$	$5$	$2n+m$	$n+5$	$n+3m$
Полная реконструкция	$m+n+5$	$2m+3n+3$	$n+5$	$3n+m$	$n+15$	$5n+6m$

Требуется, используя метод динамического программирования, составить план реконструкции предприятий, обеспечивающий максимальную прибыль, при условии, что фирма может вложить в реконструкцию предприятий не более  $m+2n+15$  млн. руб.

**Задача №6. Сетевое и календарное планирование.** Сетевая модель состоит из 9 этапов и включает в себя следующие операции:

Операция	1→2	1→3	1→4	2→5	3→5	4→5	2→6
Продолжительность	$m$	$n$	$m+2$	$n+1$	$m+3$	$n+2$	$m+2$
Число рабочих, занятых на операции	5	3	2	4	3	6	4

Операция	4→8	5→6	5→7	5→8	6→9	7→9	8→9
Продолжительность	$n$	$n+2$	$m+1$	$n+1$	$n+1$	$n+2$	$m+3$
Число рабочих, занятых на	5	2	1	5	3	2	4

операции							
----------	--	--	--	--	--	--	--

Постройте сетевой граф модели. Для каждого  $i$  определите раннее начало операций  $\langle i \rangle$ , стартующих на  $i$ -м этапе, и позднее окончание операций  $[i]$ , заканчивающихся на  $i$ -м этапе. Для каждой операции вида  $i \rightarrow j$  определите раннее и позднее начало операции, и ранее и позднее окончание операции, а также полный и свободный резерв операции. Выпишите все критические пути. Постройте календарный график потребности в рабочей силе, сначала исходя из ранних сроков начала операций, а затем - из поздних сроков начала операций. Постройте календарный график, в котором потребность в рабочей силе распределена максимально равномерно по времени.

**Задача № 7. Нелинейное программирование.** Найти все локальные минимумы функции  $f_0(x_1, x_2, x_3)$ . Проверить выполнение достаточных условий минимума критических точках.

$$f_0(x_1, x_2, x_3) = x_1^3 + 2x_1x_2x_3 + 4x_1^2 - x_1x_2 + 8x_2^2 + x_3^2 - 2x_1 - x_3$$

Каждая задача зависит от двух числовых параметров  $m$  и  $n$ , которые определяются в соответствии с двумя последними цифрами  $A$  и  $B$  в шифре студенческого билета (зачетной книжки) из таблиц:

$A$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$m$	2	6	4	8	8	2	6	4	4	6

$B$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n$	3	5	1	7	9	1	3	7	5	9

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине являются две текущие аттестации в форме тестов, итоговая аттестация в форме экзамена.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенции, оценивающий знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
Проводится в сроки, установленные графиком образовательного процесса	Тестирование 1, 2	УК-9 ПК-3 ПК-5	20 вопросов	Компьютерное тестирование; время, отведенное на процедуру - 40 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка - 0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично - от 90%. Максимальная оценка - 5 баллов
Проводится в сроки, установленные графиком	Экзамен	УК-9 ПК-3 ПК-5	3 вопроса	Время, отведенное на процедуру - 45 минут.	Результаты предоставляются в день проведения экзамена	Критерии оценки: «Отлично»: знание основных понятий предмета; умение использовать и

образовательного процесса					<p>применять полученные знания на практике; работа на практических занятиях; знание основных научных теорий, изучаемых предметов; ответ на вопросы билета.</p> <p><b>«Хорошо»:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• знание основных понятий предмета;</li> <li>• умение использовать и применять полученные знания на практике;</li> </ul> <p><b>• работа на практических занятиях;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• знание основных научных теорий, изучаемых предметов;</li> <li>• частичный ответ на вопросы билета</li> </ul> <p><b>«Удовлетворительно»:</b></p> <p>демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; незнание неумение использовать и применять полученные знания на практике; работал на практических занятиях</p> <p><b>«Неудовлетворительно»:</b></p> <p>демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; незнание основных понятий предмета; неумение использовать и применять полученные знания на практике; не работал на практических занятиях; не отвечает на вопросы.</p>
---------------------------	--	--	--	--	--

#### 4.1. Типовые вопросы, выносимые на экзамен

1. Линейное программирование и теория игр
1. Область применения позиционных игр
2. Способы решения позиционных игр.
3. Область применения теории игр в маркетинге на предприятии
4. Сущность системы массового обслуживания.
5. Понятия входящего потока, канала обслуживания, требования на обслуживание, длительности обслуживания, дисциплины очереди.
6. Алгоритм анализа системы массового обслуживания.
7. Примеры применения теории массового обслуживания на предприятиях услуг и торговли.
8. Понятие работы и события в сетевом графе.
9. Правила построения сетевых графов.
10. Понятие критического пути.
11. Методы расчётов параметров сетевых графиков.
12. Оптимизация сетевого графика, способы оптимизации сетевого графика.
13. Моделирование систем массового обслуживания.
14. Примеры систем массового обслуживания (СМО).
15. СМО с отказами.
16. СМО с ожиданием (очередью).
17. Анализ СМО экспедиции колбасного завода.
18. Принятие решений и теория игр.
19. Принятие решений в условии полной определённости.
20. Принятие решений в условии неопределённости.
21. Правило Вальда.
22. Правило Сэвиджа.
23. Правило Гурвица и др.
24. Теория игр и область её применения в экономике.
25. Классификация видов игр по ряду признаков.
26. Приведение матричной игры к задаче линейного программирования.
27. Перспективы развития и применения теории игр в рыночных условиях хозяйствования.
28. Методы сетевого планирования и управления.
29. Назначение и области применения сетевого планирования.
30. Классификация систем сетевого планирования и управления.
31. Сетевая модель и её основные элементы.
32. Экономическая интерпретация сетевого графика.
33. Математическое описание сетевой модели.
34. Модели управления запасами.
35. Основные понятия и общая постановка задачи.
36. Статическая детерминированная модель без дефицита.
37. Модель производственных запасов.
38. Статическая детерминированная модель с дефицита.
39. Стохастические модели управления запасами.

40. Стохастические модели управления запасами с фиксированным временем задержки поставок.
41. Имитационное моделирование крупных хозяйственных комплексов.
42. Область применения имитационного моделирования.
43. Основные этапы построения имитационной модели.
44. Проектирование эксперимента с имитационной моделью.
45. Имитационная локальная модель «Планирование ассортимента на предприятии».
46. Особенности анализа, выполняемого с применением нечётких множеств.
47. Два основных направления в применении теории нечётких множеств к задачам системного анализа в экономике.
48. Применение методики моделирования, основанной на понятиях и математическом аппарате теории нечётких множеств, для решения задач классификации и состояния экономического объекта.
49. Практическое использование методов математической экономики.
50. Технологии экономико-математического моделирования.
51. Проблемы внедрения математического моделирования в практическую деятельность менеджера.
53. Методика проведения многошагового регрессионного анализа. Построение моделей средствами ППП Statistica.
54. Цель проведения факторного анализа. Выявление гипотетических факторов как переменных порядка с целью повышения эффективности управления социально-экономическими процессами. Основное факторное уравнение.
55. Постановка задачи и сущность метода факторного анализа. Модель факторного анализа. Основные понятия: факторные нагрузки, общности, специфичности, надежность.
56. Схема решения и основные проблемы факторного анализа. Проблема общности. Проблема факторов. Проблема вращения. Проблема оценки значений факторов.
57. Геометрическая интерпретация модели факторного анализа. Основные критерии, используемые для выделения факторов. Определение числа факторов.
58. Постановка задачи и сущность метода факторного анализа. Техника проведения факторного анализа с использованием пакета статистического анализа Statistica.
59. Понятие экономических рядов динамики. Моделирование тенденций временного ряда.
60. Предварительный анализ и сглаживание временных рядов экономических показателей.
61. Прогнозирование экономической динамики на основе трендовых моделей.
62. Информационная технология построения статистических динамических моделей. Интерпретация и применение статистических моделей в социально-экономическом прогнозировании.

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся.

*ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН*

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ  
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

**Направление подготовки:** 01.03.02 Прикладная математика и информатика

**Профиль:** Программирование, математическое моделирование

**Уровень высшего образования:** бакалавриат

**Форма обучения:** очная

Королев  
2023

## 1. Общие положения

### Цель дисциплины

1. формирование способности к восприятию, обобщению и анализу информации;
2. освоение необходимого математического аппарата, применяемого при решении различных профессиональных задач;
3. формирование готовности применять методы математического обеспечения экономической деятельности.

### Задачи дисциплины:

1. Дать студентам базовые знания по математическому обеспечению экономической деятельности.
2. Научить студентов решать типовые задачи дисциплины.
3. Познакомить студентов с примерами математического моделирования и анализа в области их профессиональной деятельности.

## 2. Указания по проведению практических занятий

### Практическое занятие 1.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Принцип гомоморфизма — научная основа моделирования. Понятие экономико-математической модели.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

### Практическое занятие 2.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Типичные задачи, решаемые при помощи моделирования. Условия применимости, преимущества и недостатки метода моделирования. Определение экономико-математического моделирования по В.С. Немчинову.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

### Практическое занятие 3.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Этапы экономико-математического моделирования. Классификация экономико-математических методов и моделей.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

### Практическое занятие 4.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Балансовый метод. Система уравнений межотраслевых связей В.К. Дмитриева.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 5.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Схема межотраслевого баланса по В.Леонтьеву. Экономическая модель межотраслевого баланса. Коэффициенты прямых и полных затрат.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 6.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Анализ экономических показателей при помощи модели межотраслевого баланса. Теорема о балансовой системе и её экономическое содержание.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 7.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Принцип оптимальности в планировании и управлении. Формы записи задачи линейного программирования и их интерпретация. Геометрическая интерпретация задачи линейного программирования.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 8.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Симплексный метод. Экономические приложения линейного программирования: основная задача народнохозяйственного планирования по Л.В. Канторовичу, основная задача производственного планирования.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 9.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Формулировка и варианты постановки транспортной задачи.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 10.

Вид практического занятия: смешанная форма практического занятия.

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Решение транспортной задачи методом потенциалов.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 11.

Вид практического занятия: смешанная форма практического занятия.

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Задача о назначениях и её использование в практике менеджмента персонала.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 12.

Вид практического занятия: смешанная форма практического занятия.

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Принцип оптимальности Беллмана.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 13.

Вид практического занятия: смешанная форма практического занятия.

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Алгоритм решения задач динамического программирования.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 14.

Вид практического занятия: смешанная форма практического занятия.

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Формулировка общей задачи математического программирования. Классификация задач нелинейного программирования.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 15.

Вид практического занятия: смешанная форма практического занятия.

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Понятие о функции Лагранжа. Теорема Куна-Таккера для общей и выпуклой задач математического программирования.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие 16.

Вид практического занятия: смешанная форма практического занятия.

Образовательные технологии: *технологии компьютерного обучения*

Тема и содержание практического занятия: *Экономическая интерпретация множителей Лагранжа в оптимуме задачи математического программирования. Функциональная матрица задачи математического программирования в точке оптимума и её свойства.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

### 3. Указания по проведению лабораторного практикума

Не предусмотрено учебным планом.

### 4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов

*Цель самостоятельной работы:* подготовить бакалавров к самостоятельному научному творчеству.

*Задачи самостоятельной работы:*

- изучение теоретического лекционного курса;
- приобретение умений и навыков использовать изученные математические методы для самостоятельного решения и исследования типовых задач;
- развитие способностей к логическому и алгоритмическому мышлению;
- воспитание математической культуры аналитических преобразований

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1.	Сфера и границы применения экономико-математического моделирования.	1. Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебной литературы. 2. Выполнение практических заданий 3. Самостоятельное изучение некоторых вопросов дисциплины (Моделирование как метод научного познания.)
2.	Модели межотраслевого баланса.	1. Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебной литературы. 2. Выполнение практических заданий 3. Самостоятельное изучение некоторых вопросов дисциплины (Динамические системы межотраслевого баланса).
3.	Применение линейного программирования в математических моделях оптимального планирования.	1. Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебной литературы. 2. Выполнение практических заданий 3. Самостоятельное изучение некоторых вопросов дисциплины (Нелинейное программирование).
4.	Экономико-математические модели, сводимые к транспортной задаче.	1. Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебной литературы. 2. Выполнение практических заданий 3. Самостоятельное изучение некоторых вопросов дисциплины (Вырожденные транспортные задачи. Фиктивные перевозки).
5.	Динамическое программирование и его экономические приложения.	1. Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебной литературы. 2. Выполнение практических заданий 3. Самостоятельное изучение некоторых вопросов дисциплины (Алгоритм решения задачи динамического программирования).
6.	Постановка задачи нелинейного программирования.	1. Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебной литературы. 2. Выполнение практических заданий 3. Самостоятельное изучение некоторых вопросов дисциплины

## 5. Указания по проведению контрольных работ для обучающихся очной формы обучения

Пояснения по содержанию, выполнению и оформлению работы:

Контрольная работа проводится с использованием ЭВМ. Задача оценивается в 5 баллов. Учитывается наличие всех указанных в задаче объектов метаданных, процедур обработки информации в модулях форм или документов, удобного интерфейса.

### ФОРМА ОТЧЕТНОСТИ

После создания проекта обучающиеся предоставляют письменный отчет о проделанной работе (контрольную работу).

#### Контрольная работа должна содержать:

Титульный лист установленного образца

Содержание

Индивидуальное задание (указать индивидуальное задание, цели и задачи выполнения данного задания)

1. Техника безопасности
2. Выбор средств и реализация поставленных задач (описание работы)
3. Выводы (самоанализ проделанной работы: итог, трудности, новое, интересное и т. д.)
4. Список литературы

Приложения

#### Критерии оценок:

«отлично» - все объекты метаданных присутствуют, обмен информацией верен, пользовательские процедуры написаны на встроенном языке и выполняются без сбоев, интерфейс удобен, конфигурация успешно работает, созданы интерфейс и набор прав пользователей.

«хорошо» - все объекты метаданных присутствуют, обмен информацией может содержать незначительные ошибки, пользовательские процедуры написаны на встроенном языке и выполняются без сбоев, конфигурация успешно работает, созданы интерфейс и набор прав пользователей.

«удовлетворительно» - основные объекты метаданных присутствуют, обмен информацией может содержать незначительные ошибки, пользовательские процедуры на встроенном языке выполняются без сбоев, конфигурация успешно работает.

«неудовлетворительно» - основные объекты метаданных присутствуют, обмен информацией содержит ошибки, пользовательские процедуры на встроенном языке содержат ошибки либо вообще отсутствуют, конфигурация не работает.

Контрольная работа сдается на электронных носителях в виде каталога с названием фамилии студента, содержащего информационную базу и задачи на бумажном носителе в виде контрольной работы.

### УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

## **Общие требования**

Текстовые документы выполняются на листах белой бумаги стандартного формата А4 (Приложение В, Д). Для страницы документа устанавливают поля: Верхнее -1,6 мм; Левое – 2,4 мм; правое – 1,0 мм, нижнее – 3,1 мм.

Примечание: Параметры страницы устанавливаются в меню Файл->Параметры страницы:

Текстовые документы выполняются с применением персонального компьютера, в текстовом процессоре MS Word, шрифтом Times New Roman №16 (по усмотрению преподавателя может быть №14), междустрочный интервал 1,5, строчными буквами.

Поля устанавливаются для текста:

в начале строки – не менее 3 мм

в конце строки – не менее 3 мм.

Расстояние от верхней и нижней строки текста до линии рамки должно быть не менее 10 мм. (Приложение В, Г)

Поврежденные листы, помарки, следы прежнего, не полностью удаленного текста не допускаются.

Абзацный отступ – 1,25мм. Устанавливается в меню Формат->Абзац:

## **Построение документов**

Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы.

Разделы должны иметь порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами с точкой в пределах документа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах раздела. Номера подразделов состоят из номера раздела и подраздела, разделенной точкой.

В конце номера подраздела, также ставится точка.

Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов

Если раздел состоит из одного пункта, он нумеруется. Номер пункта состоит из номера раздела, номера подраздела и номера пункта, разделенных точками.

Подпункты в пределах пункта или перечисление требований, указаний, положений обозначаются арабскими цифрами со скобкой, например, 1), 2), 3) и т.д.

Каждый пункт, подпункт, перечисления записывают с нового абзаца, шрифтом Times New Roman № 18

Наименование разделов и подразделов записываются в виде заголовка, выровненного по центру, шрифтом Times New Roman №22, прописными буквами.

Наименование разделов и подразделов записывается в виде заголовка, шрифтом Times New Roman №22, строчными буквами, первая буква прописная.

В конце заголовка точку не ставят.

Расстояние между заголовками раздела и подразделов 10 мм (междустрочный интервал полуторный), между заголовками и текстом 15 мм (междустрочный интервал двойной), между последней строкой текста и последующим заголовком должно быть 15мм. (междустрочный интервал двойной).

Каждый раздел документа следует начинать с нового листа.

Каждый пункт текста записывается с абзаца (отступ красной строки 15 мм.), цифры, указывающие номер пунктов, не должны выступать за границу абзаца.

### **Оформление формул**

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами

Если в документе более одной формулы, их нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела или всего документа. Номер указывают с правой стороны листа, арабскими цифрами на уровне формулы в круглых скобках.

### **Оформление иллюстраций и приложений**

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Все иллюстрации нумеруются в пределах всего документа арабскими цифрами сквозной нумерации, за исключением иллюстраций приложений.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Пример оформления списка литературы: Андреев А.Ф. Применение грузозахватных устройств для строительно-монтажных работ: М.: Стройиздат, 1985. – 400 С.

## **6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **Основная литература:**

1. Кундышева Е.С. Математические методы и модели в экономике: учебник / Е.С. Кундышева; под науч. ред. Б.А. Суслакова. – 2-е изд. – Москва: Дашков и К°, 2018. – 286 с.: ил. – (Учебные издания для бакалавров). – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573443>
2. Новиков А.И. Экономико-математические методы и модели: учебник / А.И. Новиков. – Москва: Дашков и К°, 2020. – 532 с.: ил. – (Учебные издания для бакалавров). – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573375>

### **Дополнительная литература:**

1. Горлач Б.А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: учебное пособие / Б.А. Горлач, В.Г. Шахов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 292 с. — ISBN 978-5-8114-2168-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103190>
2. Каштаева С. В. Математическое моделирование: учебное пособие / С. В. Каштаева. — Пермь: ПГАТУ, 2020. — 112 с. — ISBN 978-5-94279-487-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156708>
3. Моделирование бизнес-процессов: учебное пособие: [16+] / А.Н. Байдаков, О.С. Звягинцева, А.В. Назаренко и др.; Ставропольский государственный аграрный университет, Кафедра менеджмента. – Ставрополь: Ставропольский

государственный аграрный университет, 2017. – 179 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=484916>

4. Гетманчук А. В. Экономико-математические методы и модели: учебное пособие для бакалавров / А. В. Гетманчук, М. М. Ермилов. — Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2018. - 186 с. - ISBN 978-5-394-01575-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1093144>

5. Баранова И.В. Теория экономического анализа: учебное пособие: [16+] / И.В. Баранова, М.А. Власенко, Н.Н. Овчинникова; общ. ред. И.В. Баранова; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 170 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574631>.

6. Каштаева С. В. Математическая экономика: учебное пособие / С. В. Каштаева. — Пермь: ПГАТУ, 2020. — 96 с. — ISBN 978-5-94279-474-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156707>

7. Орлова И. В. Экономико-математическое моделирование: Практическое пособие по решению задач/ И.В. Орлова. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2020. - 140 с. - ISBN 978-5-9558-0527-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1057221>.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

### **Интернет-ресурсы:**

<http://www.znanium.com/> - электронно-библиотечная система

<http://www.e.lanbook.com/> - ЭБС Издательства "ЛАНЬ"

<http://www.rucont.ru/> - электронно-библиотечная система

<http://www.biblioclub.ru/> - университетская библиотека онлайн

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

**Перечень программного обеспечения: MSOffice**

**Информационные справочные системы: Электронные ресурсы образовательной среды Университета**