

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
инклюзивного высшего образования

«Московский государственный гуманитарно-экономический университет»

Факультет Прикладной математики и информатики
Кафедра Информационных технологий и прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебно-
методической работе
Хакимов Р.М.



«30» августа 2021г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ**

образовательная программа направления подготовки
09.03.03 Прикладная информатика
Блок Б1.О.11 «Дисциплины (модули)», обязательная часть

Профиль подготовки
Прикладная информатика в биоинформационных технологиях

Квалификация (степень) выпускника:

Бакалавр

Форма обучения: очная
Курс 3 семестр 5

Москва
2021

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика (уровень бакалавриата)», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 922 от 19 сентября 2017 г. Зарегистрировано в Минюсте России 12 октября 2017 г. №48531.

Составители рабочей программы: МГТЭУ, доцент кафедры Информационных технологий и прикладной математики

место работы, занимаемая должность


подпись

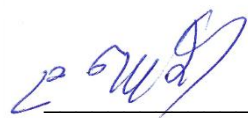
Ахмедов Р.Э. «30» августа 2021 г.

Ф.И.О.

Дата

Рецензент: МГТЭУ, доцент кафедры информационных технологий и прикладной математики

место работы, занимаемая должность


подпись

Нуцубидзе Д.В.

«30» августа 2021 г.

подпись

Ф.И.О.

Дата

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры Информационных технологий и прикладной математики (протокол № 2 от «30» августа 2021 г.)

Зав. кафедрой ИТиПМ


подпись

Митрофанов Е.П.
Ф.И.О.

«30» августа 2021 г.
Дата

СОГЛАСОВАНО

Начальник
учебного отдела

«30» августа 2021 г.

Дата


подпись

И.Г.Дмитриева

Ф.И.О.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета ПМиИ

«30» августа 2021 г.

Дата


подпись

Е.В. Петрунина

Ф.И.О.

СОГЛАСОВАНО

Заведующая библиотекой

«30» августа 2021 г.


подпись

В.А. Ахтырская

ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Цель и задачи изучения учебной дисциплины (модуля)

Цели: усвоение теоретических знаний и приобретение навыков применения методов наиболее эффективного управления различными организационными системами. Программа курса включает в себя вопросы:

- решения задач управления запасами;
- принятия решений в условиях риска и неопределенности с помощью различных критериев;
- построения сетевых графиков и расчет их характеристик;
- построения имитационных моделей сложных систем.

Задачи:

- изучение оптимизационных моделей планирования и управления сложными экономическими системами;
- изучение моделей линейного программирования в экономике;
- изучение моделей нелинейного, в том числе квадратичного программирования;
- изучение моделей динамического программирования;
- выработка навыков применения полученных теоретических знаний на практике и анализ полученных результатов.

1.2. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение данной дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и содержание компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования. ОПК-1.2. Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования. ОПК-1.3. Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.
ОПК-6. Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	ОПК-6.1. Знает основы теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования. ОПК-6.2. Умеет применять методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений в области профессиональной деятельности. ОПК-6.3. Владеет навыками проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий.

1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика (бакалавриат).

Учебная дисциплина «Исследование операций» относится к обязательной части блока Б.1. Изучение учебной дисциплины «Исследование операций» базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных обучающимися при изучении предшествующих курсов: математики, теории вероятностей, математической статистики, дискретной математики.

Изучение учебной дисциплины «Исследование операций» необходимо для освоения таких дисциплин, как: методы оптимизации, теория принятия решений, теория систем и системный анализ, математическое и имитационное моделирование.

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Объем дисциплины и виды учебной работы в соответствии с формами обучения

Объем дисциплины «Исследование операций» составляет 3 з.е./ 108 часов:

Вид учебной работы	Всего, часов	Курс, часов
	Очная форма	3 курс 5 сем.
Аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего в том числе:	66	66
Лекции	22	22
Практические занятия	42	42
Лабораторные занятия		
Самостоятельная работа обучающихся	42	42
Промежуточная аттестация (подготовка и сдача), всего:		
Контрольная работа		
Курсовая работа		
Зачет	2	2
Экзамен		
Итого: Общая трудоемкость учебной дисциплины (в часах, зачетных единицах)	108/3	108/3

2.2. Содержание дисциплины по темам (разделам)

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (тематика занятий)	Формируемые компетенции (индекс)
Раздел 1. Введение. Основные задачи исследования операций.			
1.	Тема 1.1. Основные задачи исследования операций. Виды задач.	Предмет исследования операций. Основные понятия и методы. Классификация задач исследования операций. Математическая модель задачи исследования операций.	ОПК-1 ОПК-6
Раздел 2. Модели линейного программирования.			
2.	Тема 2.1. Общая постановка задачи линейного программирования.	Экономико-математическая модель задачи ЛП. Каноническая и стандартная форма задачи линейного программирования. Целевая функция, область допустимых решений,	ОПК-1 ОПК-6

		критерии эффективности. Задача об использовании ресурсов, задача о загрузке оборудования.	
3.	Тема 2.2. Геометрическая интерпретация решений задач линейного программирования.	Элементы теории выпуклых множеств в n-мерном пространстве. Общий вид допустимой области. Базисные решения систем. Опорные решения, линия уровня целевой функции. Графическая интерпретация решения задачи с двумя переменными.	ОПК-1 ОПК-6
4.	Тема 2.3 Теоретические методы линейного программирования.	Общие свойства решений задач ЛП. Теоремы об угловых точках. Анализ на чувствительность, границы роста переменных. Преобразование целевой функции. Критерии оптимальности в ЗЛП при определении максимума/минимума целевой функции. Симплексный метод. Вырожденные решения. Условия единственности решения. Модели целочисленного программирования.	ОПК-1 ОПК-6
Раздел 3. Транспортные задачи.			
5.	Тема 3.1. Экономико-математическая модель транспортной задачи.	Постановка задачи, матрица затрат, целевая функция. Открытая и закрытая модель транспортной задачи. Задача о назначениях. Структура матрицы системы ограничений.	ОПК-1 ОПК-6
6.	Тема 3.2. Методы решения транспортной задачи.	Особенности системы ограничений. Теорема о ранге. Начальные опорные решения. Метод «северо-западного» угла и минимальной стоимости. Критерии оптимальности базисного распределения поставок. Экономический смысл оценок клеток. Построение циклов в матрице поставок. Метод потенциалов.	ОПК-1 ОПК-6
7.	Тема 3.3. Специальные модели транспортной задачи.	Транспортная сеть. Транспортные задачи с ограничениями на пропускную способность. Применение теории двойственности ЗЛП. Венгерский метод решения транспортной задачи. Нахождение кратчайшего маршрута.	ОПК-1 ОПК-6
Раздел 4. Модели нелинейного и динамического программирования.			
8.	Тема 4.1. Задачи нелинейной оптимизации.	Постановка задачи нелинейного программирования. Производственная функция. Локальный, глобальный и условный экстремум. Необходимые и достаточные условия экстремума. Уравнения связи, функция Лагранжа.	ОПК-1 ОПК-6

9.	Тема 4.2. Модели выпуклого программирования.	Выпуклые функции, их свойства. Производная по данному направлению и градиент. Критерий Сильвестра. Экстремальные свойства решений задач ВП. Метод кусочно-линейной аппроксимации. Градиентные методы. Задача параметрического программирования.	ОПК-1 ОПК-6
10.	Тема 4.3. Модели динамического программирования.	Многошаговые операции. Задача оптимального управления. Рекуррентные соотношения. Уравнения Беллмана. Условная оптимизация. Распределение инвестиций между предприятиями. Задача о замене оборудования	ОПК-1 ОПК-6
Раздел 5. Элементы теории массового обслуживания			
11.	Тема 5.1. Системы массового обслуживания	Процессы обслуживания. Показатели эффективности. Классификация СМО. Процессы с дискретным и непрерывным состоянием. Потоки событий. Условие стационарности потока. Граф случайного процесса. Предельные вероятности состояний.	ОПК-1 ОПК-6
12.	Тема 5.2. Применение систем массового обслуживания	Одноканальные и многоканальные системы. СМО с отказами и с ожиданием. Процессы гибели и размножения.	ОПК-1 ОПК-6

2.3. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Всего часов	Формы текущего контроля успеваемости
1.	Введение. Основные задачи исследования операций.	4	8	8	20	Наблюдения, контрольная работа, опрос
2.	Модели линейного программирования.	5	9	9	23	Наблюдения, контрольная работа, опрос, коллоквиум
3.	Транспортные задачи.	5	9	9	23	Наблюдения, контрольная работа, опрос, расчетно-графическое задание
4.	Модели нелинейного и динамического программирования.	4	9	8	21	Наблюдения, контрольная работа, опрос
5.	Элементы теории массового обслуживания.	4	7	8	19	
Зачет			2		2	
Итого:		22	42	42	108	

2.4. Планы теоретических (лекционных) занятий

№	Наименование тем лекций	Кол-во часов в 5 семестре
5 семестр		
РАЗДЕЛ 1. Введение. Основные задачи исследования операций.		
1.	Предмет исследования операций. Математическая модель задачи исследования операций.	2
2.	Классификация задач исследования операций. Основные методы анализа.	2
РАЗДЕЛ 2. Модели линейного программирования.		
1.	Экономико-математическая модель задачи ЛП. Виды задач.	1
2.	Допустимая область задачи линейного программирования. Базисные решения.	2
3.	Общие свойства решений задач ЛП. Теоремы об угловых точках.	2
РАЗДЕЛ 3. Транспортные задачи.		
1.	Модель транспортной задачи. Задача о назначениях.	1
2.	Особенности системы ограничений. Метод потенциалов.	2
3.	Транспортные задачи с ограничениями на пропускную способность.	2
РАЗДЕЛ 4. Модели нелинейного и динамического программирования.		
1.	Экстремальные свойства задачи нелинейного программирования.	1
2.	Выпуклые функции, их свойства. Экстремальные свойства задач ВП.	1
3.	Многошаговые операции. Задача оптимального управления.	2
РАЗДЕЛ 5. Элементы теории массового обслуживания.		
1.	Процессы обслуживания. Показатели эффективности. Классификация СМО.	2
2.	Одноканальные и многоканальные системы. СМО с отказами и с ожиданием.	2

2.5. Планы практических (семинарских) занятий

№	Наименование тем практических занятий	Кол-во часов в 5 семестре
5 семестр		
РАЗДЕЛ 1. Введение. Основные задачи исследования операций.		
1.	Предмет исследования операций. Математическая модель задачи исследования операций.	4
2.	Классификация задач исследования операций. Основные методы анализа.	4
РАЗДЕЛ 2. Модели линейного программирования.		
1.	Экономико-математическая модель задачи ЛП. Виды задач.	2,5
2.	Допустимая область задачи линейного программирования. Базисные решения.	3,5
3.	Общие свойства решений задач ЛП. Теоремы об угловых точках.	3
РАЗДЕЛ 3. Транспортные задачи.		
1.	Модель транспортной задачи. Задача о назначениях.	3
2.	Особенности системы ограничений. Метод потенциалов.	3
3.	Транспортные задачи с ограничениями на пропускную способность.	3
РАЗДЕЛ 4. Модели нелинейного и динамического программирования.		
1.	Экстремальные свойства задачи нелинейного программирования.	3
2.	Выпуклые функции, их свойства. Экстремальные свойства задач ВП.	3
3.	Многошаговые операции. Задача оптимального управления.	3

РАЗДЕЛ 5. Элементы теории массового обслуживания.		
1.	Процессы обслуживания. Показатели эффективности. Классификация СМО.	3
2.	Одноканальные и многоканальные системы. СМО с отказами и с ожиданием.	4

2.6. Планы лабораторных работ – не предусмотрено.

2.7. Планы самостоятельной работы обучающегося по дисциплине (модулю)

№	Название разделов и тем	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость	Формируемые компетенции	Формы контроля
1.	Введение. Основные задачи исследования операций	Самоподготовка по темам: Предмет исследования операций. Математическая модель задачи исследования операций	4	ОПК-1 ОПК-6	Опрос
		Классификация задач исследования операций	4		
2.	Модели линейного программирования	Самоподготовка по темам: Каноническая и стандартная форма задачи линейного программирования.	3	ОПК-1 ОПК-6	Опрос
		Задача об использовании ресурсов, задача о загрузке оборудования.	3		
		Графическая интерпретация решения задачи с двумя переменными и двумя ограничениями.	3		
3.	Транспортные задачи	Самоподготовка по темам: Структура матрицы системы ограничений	3	ОПК-1 ОПК-6	Опрос
		Критерии оптимальности базисного распределения поставок.	3		
		Транспортная сеть. Применение теории двойственности ЗЛП.	3		
4.	Модели нелинейного и динамического программирования.	Самоподготовка по темам: Производственная функция задачи нелинейного программирования. Уравнения связи, функция Лагранжа.	4	ОПК-1 ОПК-6	Опрос
		Метод кусочно-линейной аппроксимации. Градиентные методы.	4		
5.	Элементы теории массового обслуживания	Самоподготовка по темам: Процессы с дискретным и непрерывным состоянием. Поток событий.	4	ОПК-1 ОПК-6	Опрос

		СМО с отказами и с ожиданием. Процессы гибели и размножения.	4		
--	--	--	---	--	--

3. ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ЛИЦ С ОВЗ (ПОДА)

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для получения обучающимися, имеющими ограниченные физические возможности, качественного образования должны выполняться следующие важные условия: обучающийся должен иметь возможность беспрепятственно посещать образовательное учреждение и использовать в своём обучении дистанционные образовательные технологии.

Для обучения и контроля обучающихся с нарушениями координации движений предусмотрено проведение тестирования с использованием компьютера.

Во время аудиторных занятий обязательно использование средств обеспечения наглядности учебного материала с помощью мультимедийного проектора. Скорость изложения материала должна учитывать ограниченные физические возможности студентов.

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины для организации самостоятельной работы студентов (содержит перечень основной литературы, дополнительной литературы, программного обеспечения и Интернет-ресурсы).

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Перечень основной литературы

1. Северцев, Н. А. Исследование операций: принципы принятия решений и обеспечение безопасности : учебное пособие для вузов / Н. А. Северцев, А. Н. Катулев ; под редакцией П. С. Краснощекова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 319 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07581-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473285>
2. Шапкин, А. С. Математические методы и модели исследования операций : учебник / А. С. Шапкин, В. А. Шапкин. — 7-е изд. — Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2019. - 398 с - ISBN 978-5-394-02736-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1091193>

5.2 Перечень дополнительной литературы

1. Теория игр и исследование операций / Лемешко Б.Ю. - Новосибирск :НГТУ, 2013. - 167 с.: ISBN 978-5-7782-2198-7 - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/558878> .

2. Исследование операций в экономике : учебник для вузов / под редакцией Н. Ш. Кремера. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 414 с. — (Высшее образова-ние). — ISBN 978-5-534-12800-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/468404>

5.3 Программное обеспечение

1. Сетевой компьютерный класс, оснащенный современной техникой
2. Офисный программный пакет (например, Microsoft Office 2003 или более поздних версий).
3. Web-браузер Mozilla Firefox или Google Chrome
4. Экран для проектора

5.4 Электронные ресурсы

1. Учебный центр «Резольвента» – www.resolventa.ru
2. Национальный открытый университет «Интуит» – www.intuit.ru
3. Энциклопедия «Кругосвет». Универсальная научно-популярная онлайн-энциклопедия – www.krugosvet.ru
4. Электронная библиотека «Знаниум»: <https://znanium.com/>
5. Электронная библиотека «Юрайт»: <https://urait.ru/>
6. Научная электронная библиотека «Elibrary.ru»: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий	Перечень оборудования и технических средств обучения
1	Лекционная аудитория	Мультимедийный проектор, интерактивная доска
2	Компьютерный класс	Компьютерный класс (компьютеры МХР Pentium, мониторы LG), принтеры, мультимедиа проектор –1. Терминалы к сети Internet.

7. ОЦЕНКА КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ИЗУЧАЕМОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

№	Критерии оценки	
	«незачтено»	«зачтено»
ЗНАТЬ		
1	Студент не способен самостоятельно выделять главные положения в изученном материале дисциплины. Не знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования, теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования, основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов, функционального анализа.	Студент самостоятельно выделяет главные положения в изученном материале. Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования, основы теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования. Показывает глубокое знание и понимание основных теорем и формул математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов, функционального анализа.
УМЕТЬ		
2	Студент испытывает затруднения в ходе решения стандартных профессиональных задач с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования. Студент непоследовательно применяет методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений в области профессиональной деятельности. Студент не умеет применять основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов.	Студент умеет анализировать элементы, устанавливать связи между ними. Студент умеет самостоятельно решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования, а также применять методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений в области профессиональной деятельности. Студент умеет использовать основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов.
ВЛАДЕТЬ		
3	Студент не владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий, а также методами, приемами, алгоритмами и способами применения современного математического аппарата для решения задач профессиональной деятельности.	Студент владеет концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией изученной дисциплины. Владеет знаниями всего изученного материала, навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, навыками проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий, а также методами, приемами, алгоритмами и способами применения современного математического аппарата для решения задач профессиональной деятельности.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях и самостоятельной работе обучающихся – не предусмотрены учебным планом.

9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

9.1. Организация входного, текущего и промежуточного контроля обучения

- Входное тестирование – не предусмотрено
- Текущий контроль – опрос, контрольная работа, расчетно-графическое задание, наблюдения, коллоквиум.
- Промежуточная аттестация – зачет.

9.2. Тематика рефератов, проектов, творческих заданий, эссе и т.п.

Не предусмотрены

9.3. Курсовая работа

Не предусмотрено

9.4. Вопросы к зачету

1. Экономико-математическая модель задачи исследования операций.
2. Стандартная и каноническая форма задачи линейного программирования.
3. Базисные решения системы ограничений ЗЛП. Допустимые решения.
4. Выпуклые множества точек n -мерного пространства, их свойства.
5. Общие свойства решений ЗЛП с n переменными.
6. Выпуклая линейная комбинация конечного числа точек n -мерного пространства.
7. Критерии оптимальности в задачах на максимум/минимум целевой функции.
8. Условие единственности оптимального решения. Общий вид решения ЗЛП.
9. Определение границы изменения переменной, переводимой в базис системы ограничений.
10. Геометрическая интерпретация решения задачи с двумя переменными либо двумя ограничениями.
11. Принципы двойственности в задачах линейного программирования.
12. Экономическая интерпретация задачи, двойственной задаче об оценке ресурсов.
13. Определение первоначального допустимого базисного решения ЗЛП.
14. Транспортная задача с открытой и закрытой моделью. Задача о назначениях.
15. Общий вид матрицы системы ограничений транспортной задачи. Теорема о ранге.
16. Методы «северо-западного» угла и минимальной стоимости.
17. Критерий оптимальности базисного распределения поставок.
18. Перераспределение поставок в транспортной задаче. Циклы.

19. Теорема о потенциалах.
20. Сетевые модели и их характеристики. Временные параметры.
21. Сетевая модель транспортной задачи. Построение оптимального маршрута.
22. Условия экстремума в задачах нелинейного программирования.
23. Выпуклые и строго выпуклые функции, их свойства. Градиент.
24. Метод кусочно-линейной аппроксимации.
25. Приближенное решение задач выпуклого программирования.
26. Общая постановка задачи динамического программирования.
27. Принцип оптимальности в задачах динамического программирования и уравнения Беллмана.
28. Задача об оптимальном распределении ресурсов между отраслями на n лет.
29. Задача о замене оборудования.
30. Системы массового обслуживания, их характеристики.
31. Потоки событий. Условие стационарности потока.
32. СМО с отказами и ожиданием.

9.5. Вопросы к экзамену

Не предусмотрено

9.6. Контроль освоения компетенций

Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
Устный опрос	1,2,3,4,5	ОПК-1, ОПК-6
Контрольная работа	1,2,3,4,5	ОПК-1, ОПК-6
Коллоквиум	2	ОПК-1, ОПК-6
Расчетно-графическое задание	3	ОПК-1, ОПК-6

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]