

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ИНКЛЮЗИВНОГО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО  
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Факультет Прикладная математика и информатика  
Кафедра Информационных технологий и прикладной математики

«Утверждаю»  
Зав. кафедрой  
Митрофанов Е.П.

  
подпись  
«26» августа 2021 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Исследование операций»**

образовательная программа направления подготовки  
01.03.02 "Прикладная математика и информатика"  
Блок Б1.О.27 «Дисциплины (модули)», обязательная часть

**Профиль подготовки**

Вычислительная математика и информационные технологии

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения очная

Курс 2 семестр 4

Москва  
2021



Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Ф.И.О/

## **Содержание**

- 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**
- 2. ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**
- 3. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ**
- 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ**
- 5. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине «Исследование операций»

Оценочные средства составляются в соответствии с рабочей программой дисциплины и представляют собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.), предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов обучения.

Оценочные средства используются при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Таблица 1 - Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины

Код компетенции	Наименование результата обучения
ОПК-3	Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности
	ОПК-3.1. 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-3.2. Умеет применять методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений в области профессиональной деятельности. ОПК-3.3. Владеет навыками проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий.
ПК-2	Способен понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат
	ПК-2.1. Знает основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов, функционального анализа.
	ПК-2.2. Умеет применять основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений, теоретических основ информатики, численных методов. ПК-2.3. Владеет методами, приемами, алгоритмами и способами применения современного математического аппарата для решения задач профессиональной деятельности.

Конечными результатами освоения дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках контактной работы, включающей различные виды занятий и самостоятельной работы, с применением различных форм и методов обучения (табл.2).

Таблица 2 - Формирование компетенций в процессе изучения дисциплины:

Код компетенции	Уровень освоения компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Вид учебных занятий <sup>1</sup> , работы, формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенций <sup>2</sup>	Контролируемые разделы и темы дисциплины <sup>3</sup>	Оценочные средства, используемые для оценки уровня сформированности компетенции <sup>4</sup>
ОПК-3		<i>Знает</i>			
	Недостаточный уровень	ОПК-3. Студент не способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности. Не знает основ математики, исследования операции.	Лекционные и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1. Введение. Основные задачи исследования операций. 2. Модели линейного программирования. 3. Транспортные задачи. 4. Модели нелинейного и динамического программирования. 5. Элементы теории массового обслуживания.	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.
	Базовый уровень	ОПК-3.1. Студент усвоил основное содержание материала дисциплины, но имеет несистематизированные знания об основах математики, исследовании операций.	Лекционные и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1. Введение. Основные задачи исследования операций. 2. Модели линейного программирования. 3. Транспортные задачи. 4. Модели нелинейного и динамического программирования. 5. Элементы теории массового	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.

<sup>1</sup> Лекционные занятия, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа...

<sup>2</sup> Необходимо указать активные и интерактивные методы обучения (например, интерактивная лекция, работа в малых группах, методы мозгового штурма и т.д.), способствующие развитию у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств.

<sup>3</sup> Наименование темы (раздела) берется из рабочей программы дисциплины.

<sup>4</sup> Оценочное средство должно выбираться с учетом запланированных результатов освоения дисциплины, например:

«Знать» – собеседование, коллоквиум, тест...

«Уметь», «Владеть» – индивидуальный или групповой проект, кейс-задача, деловая (ролевая)

игра, портфолио...

				обслуживания.	
Средний уровень	ОПК-3.1. Студент способен самостоятельно выделять главные положения в изученном материале. Знает основы математики, исследования операции.	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1. Введение. Основные задачи исследования операций. 2. Модели линейного программирования. 3. Транспортные задачи. 4. Модели нелинейного и динамического программирования. 5. Элементы теории массового обслуживания.	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.	
Высокий уровень	ОПК-3.1. Студент знает, понимает, выделяет главные положения в изученном материале и способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности. Знает основы математики, исследования операции.	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1. Введение. Основные задачи исследования операций. 2. Модели линейного программирования. 3. Транспортные задачи. 4. Модели нелинейного и динамического программирования. 5. Элементы теории массового обслуживания.	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.	
	<i>Умеет</i>				
Базовый уровень	ОПК-3.2. Студент испытывает затруднения в ходе решения стандартных профессиональных задач с применением естественнонаучных знаний.	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1. Введение. Основные задачи исследования операций. 2. Модели линейного программирования. 3. Транспортные задачи. 4. Модели нелинейного и динамического программирования. 5. Элементы теории массового обслуживания.	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.	

Средний уровень	ОПК-3.2. Студент умеет по образцу решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных знаний.	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение. Основные задачи исследования операций.</li> <li>2. Модели линейного программирования.</li> <li>3. Транспортные задачи.</li> <li>4. Модели нелинейного и динамического программирования.</li> <li>5. Элементы теории массового обслуживания.</li> </ol>	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.
Высокий уровень	ОПК-3.2. Студент умеет анализировать элементы, устанавливать связи между ними. Умеет самостоятельно решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных знаний.	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение. Основные задачи исследования операций.</li> <li>2. Модели линейного программирования.</li> <li>3. Транспортные задачи.</li> <li>4. Модели нелинейного и динамического программирования.</li> <li>5. Элементы теории массового обслуживания.</li> </ol>	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.
	<i>Владеет</i>			
Базовый уровень	ОПК-3.3. Студент владеет основными навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, но допускает ошибки.	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение. Основные задачи исследования операций.</li> <li>2. Модели линейного программирования.</li> <li>3. Транспортные задачи.</li> <li>4. Модели нелинейного и динамического программирования.</li> <li>5. Элементы теории массового обслуживания.</li> </ol>	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.

	Средний уровень	ОПК-3.3. Студент владеет знаниями всего изученного материала, владеет основными навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение. Основные задачи исследования операций.</li> <li>2. Модели линейного программирования.</li> <li>3. Транспортные задачи.</li> <li>4. Модели нелинейного и динамического программирования.</li> <li>5. Элементы теории массового обслуживания.</li> </ol>	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.
	Высокий уровень	ОПК-2.3. Студент владеет концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией профессиональной деятельности. Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение. Основные задачи исследования операций.</li> <li>2. Модели линейного программирования.</li> <li>3. Транспортные задачи.</li> <li>4. Модели нелинейного и динамического программирования.</li> <li>5. Элементы теории массового обслуживания.</li> </ol>	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.
ПК-2		Знает			
	Недостаточный уровень	ПК-2. Студент не способен понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат. Не знает основных теорем и формул математического анализа, геометрии, дискретной математики и функционального анализа.	Лекционные и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение. Основные задачи исследования операций.</li> <li>2. Модели линейного программирования.</li> <li>3. Транспортные задачи.</li> <li>4. Модели нелинейного и динамического программирования.</li> <li>5. Элементы теории массового обслуживания.</li> </ol>	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.

Базовый уровень	ПК-2.1. Студент усвоил основное содержание материала дисциплины, но имеет несистематизированные знания основных теорем и формул математического анализа, геометрии, дискретной математики и функционального анализа.	Лекционные и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1. Введение. Основные задачи исследования операций. 2. Модели линейного программирования. 3. Транспортные задачи. 4. Модели нелинейного и динамического программирования. 5. Элементы теории массового обслуживания.	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.
Средний уровень	ПК-2.1. Студент способен самостоятельно выделять главные положения в изученном материале. Знает основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики и функционального анализа.	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1 Введение. Основные задачи исследования операций. 2 Модели линейного программирования. 3 Транспортные задачи. 4 Модели нелинейного и динамического программирования. 5 Элементы теории массового обслуживания.	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.
Высокий уровень	ПК-2.1. Студент знает, понимает, выделяет главные положения в изученном материале и способен понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат. Знает основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики и функционального анализа.	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1 Введение. Основные задачи исследования операций. 2 Модели линейного программирования. 3 Транспортные задачи. 4 Модели нелинейного и динамического программирования. 5 Элементы теории массового обслуживания.	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.
	<i>Умеет</i>			

Базовый уровень	ПК-2.2. Студент испытывает затруднения в ходе решения стандартных профессиональных задач с применением основных теорем и формул математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений.	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1. Введение. Основные задачи исследования операций. 2. Модели линейного программирования. 3. Транспортные задачи. 4. Модели нелинейного и динамического программирования. 5. Элементы теории массового обслуживания.	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.
Средний уровень	ПК-2.2. Студент умеет по образцу решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных знаний. Умеет использовать основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии, дискретной математики, дифференциальных уравнений.	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1. Введение. Основные задачи исследования операций. 2. Модели линейного программирования. 3. Транспортные задачи. 4. Модели нелинейного и динамического программирования. 5. Элементы теории массового обслуживания.	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.
Высокий уровень	ПК-2.2. Студент умеет самостоятельно решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных знаний. Умеет использовать основные теоремы и формулы математического анализа, геометрии,	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1. Введение. Основные задачи исследования операций. 2. Модели линейного программирования. 3. Транспортные задачи. 4. Модели нелинейного и динамического программирования. 5. Элементы теории массового обслуживания.	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.

		дискретной математики, дифференциальных уравнений.			
		<i>Владеет</i>			
Базовый уровень	ПК-2.3. Студент владеет основными методами, приемами, алгоритмами и способами применения современного математического аппарата для решения задач профессиональной деятельности, но допускает ошибки.	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1. Введение. Основные задачи исследования операций. 2. Модели линейного программирования. 3. Транспортные задачи. 4. Модели нелинейного и динамического программирования. 5. Элементы теории массового обслуживания.	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.	
Средний уровень	ПК-2.3. Студент владеет знаниями всего изученного материала, владеет основными методами, приемами, алгоритмами и способами применения современного математического аппарата для решения задач профессиональной деятельности.	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1. Введение. Основные задачи исследования операций. 2. Модели линейного программирования. 3. Транспортные задачи. 4. Модели нелинейного и динамического программирования. 5. Элементы теории массового обслуживания.	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.	
Высокий уровень	ПК-2.3. Студент владеет концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией профессиональной деятельности. Владеет основными методами, приемами, алгоритмами и способами применения современного	Лекционные и практические занятия, работа в малых группах, интерактивная лекция, дискуссия, самостоятельная работа обучающихся, подготовка и сдача промежуточной аттестации.	1. Введение. Основные задачи исследования операций. 2. Модели линейного программирования. 3. Транспортные задачи. 4. Модели нелинейного и динамического программирования. 5. Элементы теории массового обслуживания.	Текущий контроль – опрос, коллоквиум, расчетно-графическое задание, контрольная работа.	

		математического аппарата для решения задач профессиональной деятельности			
--	--	---	--	--	--

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ<sup>5</sup>

Таблица 3

№	Наименование оценочного средства	Характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1.	Опрос	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2.	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
3.	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
4.	Зачет	Средство, позволяющее оценить знания, умения, навыки обучающегося по учебной дисциплине и определить уровень освоения компетенций.	Вопросы к зачету

<sup>5</sup> Указываются оценочные средства, применяемые в ходе реализации рабочей программы данной дисциплины.

### **3. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ**

Оценивание результатов обучения по дисциплине «Математика» осуществляется в соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль (осуществление контроля всех видов аудиторной и внеаудиторной деятельности обучающегося с целью получения первичной информации о ходе усвоения отдельных элементов содержания дисциплины) и промежуточная аттестация (оценивается уровень и качество подготовки по дисциплине в целом).

Показатели и критерии оценивания компетенций, формируемых в процессе освоения данной дисциплины, описаны в табл. 4.

Таблица 4.

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения
ОПК-3		Знает	
	Недостаточный уровень Оценка «незачтено»	ОПК-3.1.	<i>Не знает значительной части материала курса, не способен самостоятельно выделять главные положения в изученном материале дисциплины.</i>
	Базовый уровень Оценка «зачтено».	ОПК-3.1.	<i>Знает не менее 50 % основного материала курса, однако испытывает затруднения в его применении.</i>
	Средний уровень Оценка «зачтено».	ОПК-3.1.	<i>Знает основную часть материала курса, способен применить изученный материал на практике, испытывает незначительные затруднения в решении задач.</i>
	Высокий уровень Оценка «зачтено».	ОПК-3.1.	<i>Показывает глубокое знание и понимание материала, способен применить изученный материал на практике.</i>
		Умеет	
	Базовый уровень	ОПК-3.2.	<i>Умеет воспроизвести не менее 50 % основного материала курса, однако испытывает затруднения при решении практических задач.</i>
	Средний уровень	ОПК-3.2.	<i>Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением полученных знаний, испытывает незначительные затруднения в решении задач.</i>
	Высокий уровень	ОПК-3.2.	<i>Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением полученных знаний, показывает глубокое знание и понимание материала, способен решить задачу при изменении формулировки.</i>
		Владеет	
	Базовый уровень	ОПК-3.3.	<i>Студент владеет основными навыками теоретического и практического применения методов аналитической геометрии, линейной алгебры и математического анализа. Имеет несистематизированные знания основных разделов дисциплины.</i>
	Средний уровень	ОПК-3.3.	<i>Студент владеет знаниями всего изученного материала, владеет навыками теоретического и практического применения методов аналитической геометрии, линейной алгебры и математического анализа. Испытывает незначительные затруднения в решении задач.</i>
Высокий уровень	ОПК-3.3.	<i>Свободно владеет навыками теоретического и практического применения</i>	

			<i>методов аналитической геометрии, линейной алгебры и математического анализа, показывает глубокое знание и понимание изученного материала. Студент владеет концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией профессиональной деятельности.</i>
ПК-2		Знает	
	Недостаточный уровень Оценка «незачтено».	ПК-2.1.	<i>Не знает значительной части материала курса, не способен самостоятельно выделять главные положения в изученном материале дисциплины.</i>
	Базовый уровень Оценка «зачтено».	ПК-2.1.	<i>Знает не менее 50 % основного материала курса, однако испытывает затруднения в его применении.</i>
	Средний уровень Оценка «зачтено».	ПК-2.1.	<i>Знает основную часть материала курса, способен применить изученный материал на практике, испытывает незначительные затруднения в решении задач.</i>
	Высокий уровень Оценка «зачтено».	ПК-2.1.	<i>Показывает глубокое знание и понимание материала, способен применить изученный материал на практике.</i>
		Умеет	
	Базовый уровень	ПК-2.2.	<i>Умеет воспроизвести не менее 50 % основного материала курса, однако испытывает затруднения при решении практических задач.</i>
	Средний уровень	ПК-2.2.	<i>Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением полученных знаний, испытывает незначительные затруднения в решении задач.</i>
	Высокий уровень	ПК-2.2.	<i>Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением полученных знаний, показывает глубокое знание и понимание материала, способен решить задачу при изменении формулировки.</i>
		Владеет	
Базовый уровень	ПК-2.3.	<i>Студент владеет основными навыками теоретического и практического применения методов аналитической геометрии, линейной алгебры и математического анализа. Имеет несистематизированные знания основных разделов дисциплины.</i>	

	Средний уровень	<i>ПК-2.3.</i>	<i>Студент владеет знаниями всего изученного материала, владеет навыками теоретического и практического применения методов аналитической геометрии, линейной алгебры и математического анализа. Испытывает незначительные затруднения в решении задач.</i>
	Высокий уровень	<i>ПК-2.3.</i>	<i>Свободно владеет навыками теоретического и практического применения методов аналитической геометрии, линейной алгебры и математического анализа, показывает глубокое знание и понимание изученного материала. Студент владеет концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией профессиональной деятельности.</i>

## **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения**

### **Задания в форме опроса:**

Опрос используется для текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине в качестве проверки результатов освоения материала. Каждому студенту выдается свой собственный, узко сформулированный вопрос. Ответ должен быть четким и кратким, содержащим все основные характеристики описываемого понятия. В своем ответе студент должен показать умения прослеживать причинно-следственные связи и навыки рассуждений и доказательства.

### **Контрольная работа**

Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу

## **5. Материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации**

### **Задания в форме опроса**

#### **Раздел 1. Введение. Основные задачи исследования операций.**

- 1) Предмет исследования операций.
- 2) Основные понятия и методы.
- 3) Классификация задач исследования операций.
- 4) Математическая модель задачи исследования операций.

#### **Раздел 2. Модели линейного программирования.**

- 1) Экономико-математическая модель задачи ЛП.
- 2) Каноническая и стандартная форма задачи линейного программирования. Целевая функция, область допустимых решений, критерии эффективности.
- 3) Задача об использовании ресурсов, задача о загрузке оборудования.
- 4) Элементы теории выпуклых множеств в  $n$ -мерном пространстве. Общий вид допустимой области. Базисные решения систем.
- 5) Опорные решения, линия уровня целевой функции. Графическая интерпретация решения задачи с двумя переменными.
- 6) Общие свойства решений задач ЛП. Теоремы об угловых точках.
- 7) Анализ на чувствительность, границы роста переменных.
- 8) Преобразование целевой функции. Критерии оптимальности в ЗЛП при определении максимума/минимума целевой функции.
- 9) Симплексный метод. Вырожденные решения.
- 10) Условия единственности решения. Модели целочисленного программирования.

#### **Раздел 3. Транспортные задачи.**

- 1) Постановка задачи, матрица затрат, целевая функция. Открытая и закрытая модель транспортной задачи. Задача о назначениях.

- 2) Структура матрицы системы ограничений.
- 3) Особенности системы ограничений.
- 4) Теорема о ранге. Начальные опорные решения. Метод «северо-западного» угла и минимальной стоимости.
- 5) Критерии оптимальности базисного распределения поставок. Экономический смысл оценок клеток.
- 6) Построение циклов в матрице поставок. Метод потенциалов.
- 7) Транспортная сеть. Транспортные задачи с ограничениями на пропускную способность.
- 8) Применение теории двойственности ЗЛП.
- 9) Венгерский метод решения транспортной задачи.
- 10) Нахождение кратчайшего маршрута.

#### **Раздел 4. Модели нелинейного и динамического программирования.**

- 1) Постановка задачи нелинейного программирования.
- 2) Производственная функция. Локальный, глобальный и условный экстремум. Необходимые и достаточные условия экстремума.
- 3) Уравнения связи, функция Лагранжа.
- 4) Выпуклые функции, их свойства. Производная по данному направлению и градиент.
- 5) Критерий Сильвестра. Экстремальные свойства решений задач ВП. Метод кусочно-линейной аппроксимации. Градиентные методы.
- 6) Задача параметрического программирования.
- 7) Многошаговые операции. Задача оптимального управления.
- 8) Рекуррентные соотношения. Уравнения Беллмана. Условная оптимизация.
- 9) Распределение инвестиций между предприятиями.
- 10) Задача о замене оборудования

#### **Раздел 5. Элементы теории массового обслуживания**

- 1) Процессы обслуживания. Показатели эффективности.
- 2) Классификация СМО.
- 3) Процессы с дискретным и непрерывным состоянием.
- 4) Потоки событий.
- 5) Условие стационарности потока.
- 6) Граф случайного процесса.
- 7) Предельные вероятности состояний.
- 8) Одноканальные и многоканальные системы.
- 9) СМО с отказами и с ожиданием.
- 10) Процессы гибели и размножения.

**Контролируемые компетенции: ОПК-3, ПК-2.**

*Оценка компетенций осуществляется в соответствии с таблицей 4.*

#### **Расчетно-графическое задание**

**Задание 1.** Провести две итерации методом наискорейшего спуска в задаче нелинейного программирования без ограничений. Начиная из исходной точки  $X_0 = (x_1^0, x_2^0) = (0,1)$  и находя одномерные минимумы на каждой итерации аналитически, используя необходимое условие существования экстремума. Показать на графике направления спуска и последовательные приближения к точке минимума. Вычислить значение целевой функции в исходной точке и последующих приближениях.

- 1)  $f(x_1, x_2) = 4x_1^2 + x_2^2 - 4x_1 - 2x_2$  (min) ;
- 2)  $f(x_1, x_2) = 2x_1^2 + 2x_2^2 - 2x_1 - 2x_2$  (min);
- 3)  $f(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2 - 6x_1 - 4x_2 + 20$  (min) ;
- 4)  $f(x_1, x_2) = 10x_1 + 10x_2 - 5x_1^2$  (max) ;
- 5)  $f(x_1, x_2) = 5x_1 + 5x_2 - x_1^2 - x_2^2$  (max) ;
- 6)  $f(x_1, x_2) = 4x_1 + 6x_2 - x_1^2 - 13$  (max) ;
- 7)  $f(x_1, x_2) = 5x_1 + 8x_2 - 2x_1^2 - 2x_2^2$  (max) ;
- 8)  $f(x_1, x_2) = -6x_1 + 2x_1^2 + 2x_2^2$  (min) ;

**Задание 2.** Дана задача с нелинейной целевой функцией и линейной системой ограничений.

Используя графический метод, найти глобальные экстремумы функции

$$L = (x_1 + a)^2 + (x_2 + b)^2$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \leq b_1; \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \leq b_2; \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

Значения коэффициентов целевой функции и системы ограничений:

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>a</i>	-5	-6	-1	-2	-3	-1	-3	-2	-2	1
<i>b</i>	-4	-2	-1	-1	-4	-1	-1	-6	-2	-1
$a_{11}$	5	2	5	2	3	3	3	3	6	6
$a_{12}$	-4	5	-4	5	8	5	8	5	7	7
$b_1$	-20	20	-20	20	24	15	24	15	42	42
$a_{21}$	3	2	3	2	4	5	4	5	3	3
$a_{22}$	2	1	2	1	7	3	7	3	-2	-2
$b_2$	30	10	30	10	28	15	28	15	-6	-6

**Задание 3.** Двум предприятиям на пять лет выделены средства в количестве  $a=2000$  ден. ед. Известно, что доход от  $x$  единиц на первом предприятии равен  $f_1(x)=5x$ , от  $y$  ден. единиц на втором предприятии –  $f_2(y)=6y$  ден. единиц. К концу года остаток средств равен соответственно  $q_1(x)=0,8x$ ,  $q_2(y)=0,3y$ . Как распределить средства между предприятиями, чтобы общий доход был наибольшим? Решить задачу методом динамического программирования.

**Задание 4.**

1) Найти нижнюю цену антагонистической игры с функцией выигрыша  $W_A(x, y) = x - 2xy + y$ ,  $(x, y) \in [0, 1] \times [0, 1]$ .

2) Найти наилучший гарантированный результат для игрока 2 в антагонистической игре, заданной на квадрате  $[-1, 1] \times [-1, 1]$ ;  $W_A(x, y) = 2x^2 - y$ .

3) Найти верхнюю цену антагонистической игры с функцией выигрыша  $W_A(x, y) = (2x - y)^2$ ,  $(x, y) \in [0, 1] \times [0, 1]$ .

4) Найти наилучший гарантированный результат для игрока 1 в антагонистической игре, заданной на квадрате  $[-1, 1] \times [-1, 1]$ ;  $W_A(x, y) = (y - x)^2$ .

#### Задание 5.

Найти графически решение задачи выпуклого программирования. Составить функцию Лагранжа и найти ее седловую точку.

$$Z(x_1, x_2) = 2 - x_1^2 - 2x_2^2 \rightarrow \max;$$

$$\begin{cases} x_2 \leq 4 - x_1^2; \\ x_1 + x_2 \geq 1; \\ x_1 \geq 0; x_2 \geq 1. \end{cases}$$

#### Задание 6.

Задачи выпуклого программирования решить методом кусочно-линейной аппроксимации.

1)  $Z(x_1, x_2) = (x_1 - 3)^2 + 2(x_2 - 2)^2 \rightarrow \min$  ;

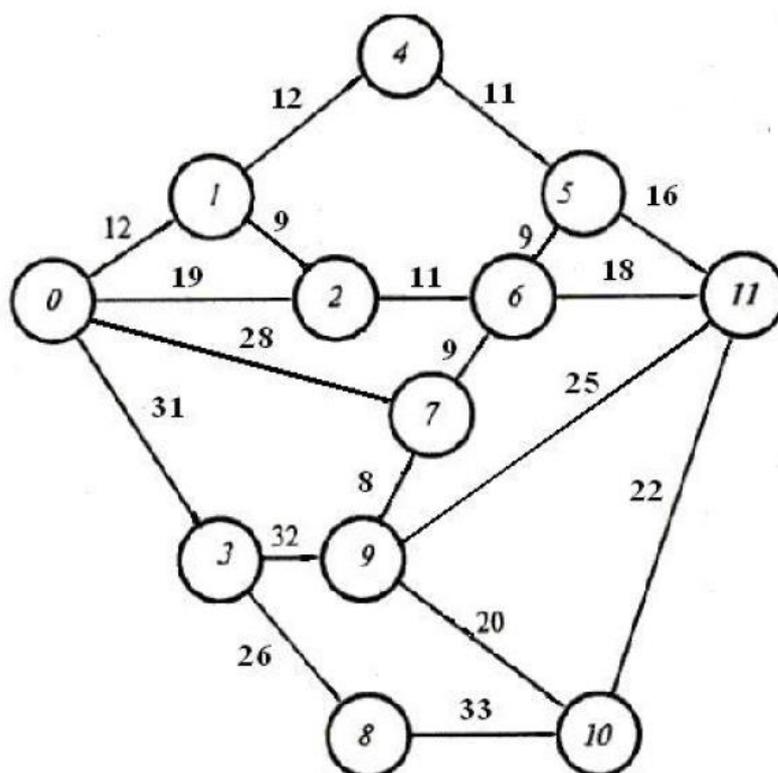
$$\begin{cases} x_2 + 4x_1 \leq 16; \\ 3x_1 + x_2 \leq 15; \\ x_1 \geq 0; x_2 \geq 0. \end{cases}$$

2)  $Z(x_1, x_2) = x_2 - x_1^2 \rightarrow \max$ ;

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2^2 \leq 3; \\ 0 \leq x_1 \leq 2/3; \\ x_2 \geq 0. \end{cases}$$

#### Задание 7.

В предложенной динамической модели из начального пункта (1) в конечный пункт (11) задана стоимость проезда между отдельными пунктами транспортной сети. Имеется несколько маршрутов по проезду, представленных в соответствующей таблице (Т(i,j)). Необходимо определить оптимальный маршрут проезда из пункта 1 в пункт 11 с минимальными транспортными расходами.



j i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-	10	12	8	20	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	15	11	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	6	9	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	7	10	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	13	8	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	12	14	18	-
7	-	-	-	-	-	-	-	13	15	16	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Контролируемые компетенции: ОПК-3, ПК-2.

Оценка компетенций осуществляется в соответствии с таблицей 4.

### Контрольная работа

#### 1. Основные задачи исследования операций.

1. Оптимальное решение классической задачи потребления обеспечивает
  - а) максимум функции полезности (целевой функции)
  - б) минимум функции полезности
  - в) постоянное значение функции полезности

2. Группа переменных системы ограничений задачи линейного программирования  $x_i, 1 \leq i \leq k$  образует базис при условии

- а) минор матрицы коэффициентов при переменных  $x_i$  неотрицательный

- б) минор матрицы коэффициентов при переменных  $x_i$  отличен от 0
- в) переменные  $x_i, 1 \leq i \leq k$  входят в выражение целевой функции с ненулевыми коэффициентами

3. Пересечение выпуклых множеств в  $R^n$

- а) является выпуклым множеством;
- б) является ограниченным множеством;
- в) не содержит угловых точек множеств;
- г) не содержит внутренних точек множеств

4. Множество допустимых решений задачи линейного программирования

- а) состоит только из угловых точек множеств
- б) является неограниченным
- в) является выпуклой линейной комбинацией угловых точек

5. Линия уровня задачи оптимизации определяется условием

- а)  $F(x) = F_{\max}$  или  $F(x) = F_{\min}$  ;
- б)  $F(x) = C$ ; в)  $F(x) \geq 0$ ; г)  $F(x) \leq 0$ ;

6. Условие  $F(X^*) = G(Y^*)$  для пары двойственных задач

- а) является достаточным условием оптимальности решений  $X^*, Y^*$
- б) является необходимым условием оптимальности решений  $X^*, Y^*$
- в) является достаточным условием ограниченности области допустимых решений обеих задач

7. Число ограничений транспортной задачи

- а) равно сумме числа поставщиков и потребителей; б) не меньше суммы числа поставщиков и потребителей;
- в) равно числу базисных переменных;
- г) равно числу свободных переменных;

8. Распределение поставок является оптимальным при выполнении критерия:

- а) оценки свободных клеток принимают одинаковые значения;
- б) существует свободная клетка с положительной оценкой;
- а) оценки всех свободных клеток неотрицательны;

9. Путь L в сетевом графике является критическим, если

- а) L – наиболее продолжительный полный путь;
- б) L состоит из наибольшего числа работ;
- в) L – наиболее продолжительный замкнутый путь

10. Задача выпуклого программирования с ограниченной областью решений D

- а) имеет единственное решение;
- б) имеет решение на границе области D;
- в) имеет решение внутри области D;
- г) имеет выпуклое множество решений

## Модели линейного программирования.

### Вариант №1

1. Составить экономико-математическую модель задачи. Торговая организация планирует реализацию по двум товарным группам, по которым

выделены фонды 800тыс.руб. и 500тыс.руб. Уровень транспортных издержек по этим товарам составляет 1% и 2% соответственно, уровень издержек, связанных с хранением товаров, – 2% и 1%, уровень прибыли – 3% и 2%. Предельно допустимые расходы, связанные с перевозкой и хранением товаров, равны 25 тыс.руб. и 29 тыс.руб. С учетом закупки товаров сверх выделенных фондов определить оптимальную структуру товарооборота, обеспечивающую организации максимальную прибыль.

2. Сформулировать условие, при котором точка  $X$   $n$ -мерного пространства является выпуклой линейной комбинацией точек  $X^{(1)}, X^{(2)}, \dots, X^{(k)}$ .

3. Определить область допустимых решений двойственной задачи, если целевая функция исходной задачи не ограничена.

4. Построить все базисные допустимые решения системы ограничений

$$\begin{cases} 3x_1 + x_2 - x_3 = 2, \\ x_1 - 4x_2 + x_4 = 5. \end{cases}$$

### Вариант №2

1. Составить экономико-математическую модель задачи. Предприятие выпускает три вида изделий. Месячная программа выпуска составляет: 2000 изделий первого вида, 1800 изделий второго вида и 1500 изделий третьего вида. Для выпуска изделий используются материалы, месячный расход которых не может превысить 61000 кг. В расчете на одно изделие первого вида расходуется 8 кг материала, второго вида – 10 кг, третьего вида – 11 кг. Оптовая цена одного вида изделия первого вида 70 у. е., второго и третьего соответственно 100 и 90 у. е. Определить оптимальный план выпуска изделий, обеспечивающий предприятию максимум выручки.

2. Найти оценку числа базисных допустимых решений задачи линейного программирования с  $n$  переменными, содержащей  $m$  ограничений.

3. Определить ранг системы ограничений транспортной задачи, содержащей 5 поставщиков и 10 потребителей.

4. Построить все базисные допустимые решения системы ограничений

$$\begin{cases} -2x_1 + 3x_2 + x_3 = 6, \\ x_1 + 5x_2 - x_4 = 10. \end{cases}$$

### Вариант №3

1. Составить экономико-математическую модель задачи. Рацион составляется из двух видов продуктов ( $P_1$  и  $P_2$ ), в каждый из которых входят питательные вещества  $A, B, C$ . Минимальное суточное потребление питательного вещества  $A$  равно 100 ед., вещества  $B$  – 80 ед., вещества  $C$  – 160 ед. Цена 1 единицы продукта  $P_1$  составляет 0.2 у. е., 1 ед. продукта  $P_2$  – 0.3 у. е. Количество питательного вещества каждого вида в 1 ед. продукта приведено в таблице.

Питательные вещества	Содержание питательного вещества в единице продукта, ед.	
	$P_1$	$P_2$
А	0.1	0.5
В	0.25	0.1
С	0.2	0.4

Определить оптимальный рацион питания, стоимость которого будет наименьшей.

2. Сформулировать критерий оптимальности решения в задаче максимизации целевой функции.

3. Определить условие, при котором оптимальное решение двойственной задачи является вырожденным.

4. Построить все базисные допустимые решения системы ограничений

$$\begin{cases} x_1 - x_2 + x_3 = 4, \\ 2x_1 + x_2 - x_4 = 1. \end{cases}$$

#### Вариант №4

1. Составить экономико-математическую модель задачи. Рацион для питания животных на ферме состоит из двух видов кормов I и II. Один килограмм корма I стоит 70 у. е. и содержит 2 ед. жиров, 5 ед. белков, 2 ед. углеводов, 4 ед. нитратов. Один килограмм корма II стоит 30 у. е. и содержит 4 ед. жиров, 3 ед. белков, 6 ед. углеводов, 3 ед. нитратов. Составить наиболее дешевый рацион питания, обеспечивающий содержание жиров не менее 6 ед., белков не менее 10 ед., углеводов не менее 7 ед., нитратов не более 12 ед.

2. Определить условие, при котором общая задача линейного программирования имеет более одного оптимального решения.

3. Найти изменение оценки свободной клетки  $(i, j)$  в транспортной задаче, если к строке матрицы затрат добавляется положительный потенциал  $(+1)$ .

4. Построить все базисные допустимые решения системы ограничений

$$\begin{cases} -4x_1 + x_2 + 2x_3 = 12, \\ 6x_1 + 5x_3 - x_4 = 30. \end{cases}$$

Контролируемые компетенции: ОПК-3, ПК-2.

Оценка компетенций осуществляется в соответствии с таблицей 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.

Контролируемые компетенции: ОПК-3, ПК-2.

*Оценка компетенций осуществляется в соответствии с таблицей 4.*