Приложение 4
к образовательной программе

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат:
00D0FBD24264A8B913A66A4DE72D598CF7
Владелец: Боровская Ольга Игоревна
Действителен: с 10.11.2025 до 03.02.2027

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
**реализуемой без применения электронного (онлайн) курса**

Б1.В.03 Методы оптимизации
(индекс, наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

38.03.01 Экономика
(код, наименование направления подготовки/специальности)

Финансы и кредит
(наименование образовательной программы)

очная, очно-заочная
(форма обучения)

Год набора 2025
Город - Омск

**Автор(ы)-составитель(и) РПД:**
доцент кафедры экономики и управления Адельшин А.В., к.ф.-м.н., доцент

**Заведующий кафедрой:**

Стаурский Станислав Станиславович, к.э.н., доцент, заведующий кафедрой экономики и управления, преподаватель.

Рабочая программа дисциплины Б1.В.03 Методы оптимизации одобрена на заседании кафедры экономики и управления Омского филиала РАНХиГС.

протокол № 5 от 13.01.2025 года.

# СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы

3. Содержание и структура дисциплины

4. Типы оценочных материалов, показатели и критерии их оценивания

5. Формы аттестации, типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся, критерии и шкалы оценивания по контрольным точкам
6. Формы промежуточной аттестации, критерии и шкала оценивания, типовые оценочные материалы по дисциплине

7. Методические материалы по освоению дисциплины

8. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

9. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Дисциплина Б1.В.03 Методы оптимизации обеспечивает формирование у обучающихся следующих профессиональных компетенций:

| **ОТФ/ТФ и реквизиты ПС** *(при наличии)* | **Код компетенции** | **Наименование компетенции** | **Код индикатора достижения компетенций** | **Наименование индикатора достижения компетенций** | **Образовательный результат** |
|---|---|---|---|---|---|
| | ПКр ОС II – 2 | Способен использовать методы оптимизации для решения прикладных задач | ПКр ОС II – 2.1 | Применяет инструментарий методов оптимальных решений в целях обработки и анализа данных | *ПКр ОС II – 2.1. З-1.* ***Знает*** основы вариационного исчисления и теории оптимального управления, а также основные методы дискретной оптимизации;<br><br>*ПКр ОС II – 2.1. У-1.* ***Умеет*** решать прикладные задачи оптимального управления и дискретной оптимизации, в том числе задачи линейного программирования;<br><br>*ПКр ОС II – 2.1. В-1.* ***Владеет*** основным математическим аппаратом решения оптимизационных задач. |

## 2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы

Общий объем дисциплины:

2,00 з.е., 72 ак.час

Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий для очной формы обучения: 32 ак. час на контактную работу с преподавателем, из них 16 ак.час на лекции и 16 ак.час на практические занятия. 36 ак. час на самостоятельную работу обучающихся.

Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий для очно-заочной формы обучения: 32 ак. час на контактную работу с преподавателем, из них 16 ак.час на лекции и 16 ак.час на практические занятия. 36 ак. час на самостоятельную работу обучающихся.

Б1.В.03 Методы оптимизации реализуется на 2-м семестре 1-го курса для очной и очно-заочной форм обучения после изучения дисциплины:

- Алгебра.

Дисциплина реализуется параллельно с дисциплиной Б1.В.02 Дифференциальные и разностные уравнения.

Изучение дисциплины заканчивается зачетом.

# 3. Содержание и структура дисциплины

## 3.1. Структура дисциплины

***Очная и очно-заочная формы обучения***

| № п/п | Наименование тем и (или) разделов | Объем дисциплины, ак.час | | | | | | | | | | | | Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ВСЕГО | Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | |
| | | | Период теоретического обучения | | | | | Период промежуточной аттестации (сессия) | | | | | | |
| | | | Занятия лекционного типа | | Занятия семинарского типа | | ИК | КСР | КЭ | Каттэк | Контроль | СРкр | СРэк | СР | |
| | | | Л | ВЛ | ЛР | ПЗ | | | | | | | | | |
| Тема 1. | Постановка и классификация задач оптимизации. Общая задача линейного программирования | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | О |
| Тема 2. | Графический метод решения задач линейного программирования | 6 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | К, О |
| Тема 3. | Симплексный метод решения задач линейного программирования | 6 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | К, О |
| Тема 4. | Двойственные задачи линейного программирования | 8 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | К, О |
| Тема 5. | Задачи линейного программирования транспортного типа | 8 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | К, О |
| Тема 6. | Общая задача нелинейного программирования. Дробно-линейное программирование | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | К, О |
| Тема 7. | Выпуклое программирование | 8 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | К, О |

| № п/п | Наименование тем и (или) разделов | Объем дисциплины, ак.час | | | | | | | | | | | | Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ВСЕГО | Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | |
| | | | Период теоретического обучения | | | | | | Период промежуточной аттестации (сессия) | | | | | |
| | | | Занятия лекционного типа | | Занятия семинарского типа | | ИК | КСР | КЭ | Каттэк | Контроль | СРкр | СРэк | СР | |
| | | | Л | ВЛ | ЛР | ПЗ | | | | | | | | | |
| Тема 8. | Численные методы решения задач выпуклого программирования | 8 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | К, О |
| Тема 9. | Динамическое программирование | 12 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | К, О |
| **Промежуточная аттестация** | | **4** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **4** | **0** | **0** | **0** | Зачет |
| **Итого** | | **72** | **16** | **0** | **0** | **16** | **0** | **0** | **0** | **0** | **4** | **0** | **0** | **36** | |

**Используемые сокращения:**

Л – лекции – занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации обучающимся педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях.

ВЛ – видеолекции.

ЛР – лабораторные работы.

ПЗ – практические занятия (за исключением лабораторных работ).

ИК – индивидуальные консультации.

КСР – контроль самостоятельной работы.

КЭ – консультации перед экзаменом.

Каттэк – контактная работа на аттестацию в период экзаменационных сессий.

Контроль – часы на промежуточную аттестацию.

СРкр – самостоятельная работа на подготовку курсовой работы/курсового проекта.

СРэк – самостоятельная работа на подготовку к экзамену.

СР – самостоятельная работа в семестре на подготовку к учебным занятиям.

Формы текущего контроля успеваемости: контрольная работа (К), опрос (О). Форма промежуточной аттестации: зачет.

## 3.2. Содержание дисциплины

**Тема 1. Постановка и классификация задач оптимизации. ПКр ОС II – 2.1.**

Общая задача оптимизации. Постановка задачи математического программирования. Целевая функция. Ограничения. Классификация задач оптимизации по виду целевой функции и ограничениям.

Общая постановка задачи линейного программирования. Задача об оптимальном использовании ресурсов. Задача составления рациона. Область допустимых решений. Оптимальный план. Стандартная и каноническая форма записи задач линейного программирования.

**Тема 2. Графический метод решения задач линейного программирования. ПКр ОС II – 2.1.**

Выпуклые множества точек. Геометрический смысл решений неравенств, уравнений и систем. Градиент функции. Линии уровня. Алгоритм графического метода. Частные случаи при решении задач линейного программирования графическим методом. Экономический анализ задачи с использованием графического метода.

**Тема 3. Симплексный метод решения задач линейного программирования. ПКр ОС II – 2.1.**

Симплекс-метод. Содержание симплексного метода. Приведение задачи линейного программирования к каноническому виду. Балансовые переменные. Построение начального допустимого решения при решении задачи линейного программирования симплексным методом. Общий вид симплексной таблицы №1. Выбор разрешающего столбца, разрешающей строки, разрешающего элемента при решении задачи на максимум. Алгоритм перехода к симплексной таблице №2. Критерий завершения алгоритма для задачи на максимум и для задачи на минимум. Частные случаи. Метод искусственного базиса.

**Тема 4. Двойственные задачи линейного программирования. ПКр ОС II – 2.1.**

Виды двойственных пар. Составление двойственной пары. Первая теорема двойственности. Экономический смысл и интерпретация первой теоремы двойственности. Вторая теорема двойственности. Таблица соответствия. Интерпретация двойственных оценок. Третья теорема двойственности. Интерпретация и возможности двойственных оценок.

**Тема 5. Задачи линейного программирования транспортного типа. ПКр ОС II – 2.1.**

Модели транспортного типа (представление виде таблицы, основные понятия, закрытые и открытые задачи). Математическая модель задачи транспортного типа. Модели распределительного типа (суть задачи, представление виде таблицы). Математическая модель задачи

распределительного типа.

**Тема 6. Общая задача нелинейного программирования. ПКр ОС II – 2.1.**

Постановка задачи нелинейного программирования. Графический метод решения. Сложности, возникающие в процессе решения. Общая постановка задачи дробно-линейного программирования. Постановка задачи рентабельности производства. Постановка задачи определения затрат в расчете на рубль товарной продукции. Постановка задачи минимизации средней себестоимости изделия. Сведение задачи дробно-линейного программирования к задаче линейного программирования.

**Тема 7. Выпуклое программирование. ПКр ОС II – 2.1.**

Алгоритм метода множителей Лагранжа (точка условного оптимума, уравнения связи, функция Лагранжа, определение оптимума). Экономическая интерпретация множителей Лагранжа. Постановка задачи выпуклого программирования (общий вид, выпуклые и вогнутые функции). Условие Слейтера. Функция Лагранжа выпуклого программирования. Седловая точка функции Лагранжа. Теорема Куна-Таккера. Условия Каруша-Куна-Таккера. Квадратичная форма (общий вид, положительно и отрицательно определенная, полуопределенная, условия выпуклости и вогнутости квадратичной формы). Постановка задачи квадратичного программирования. Функция Лагранжа для задачи квадратичного программирования. Седловая точка и условия Каруша-Куна-Таккера для задачи квадратичного программирования.

**Тема 8. Численные методы решения задач выпуклого программирования. ПКр ОС II – 2.1.**

Общая схема решения методом спуска. Алгоритм градиентного метода скорейшего спуска. Геометрическая интерпретация метода градиентного спуска для случая функции двух переменных. Определения оптимума целевой функции на границе области решений. Схема поиска точки оптимума для случая нарушения границ области допустимых решений.

**Тема 9. Динамическое программирование. ПКр ОС II – 2.1.**

Задачи, решаемые методом динамического программирования. Принцип оптимальности и уравнения Беллмана. Общая схема применения метода динамического программирования. Задача о распределении ресурсов между отраслями на n лет. Распределение инвестиций для оптимального использования потенциала предприятия. Минимизация затрат на строительство и эксплуатацию предприятия. Нахождение рациональных затрат при строительстве трубопроводов и транспортных артерий.

## 4. Типы оценочных материалов, показатели и критерии оценивания

4.1. Оценочные материалы по дисциплине Б1.В.03 Методы оптимизации входят в состав оценочных материалов по образовательной программе. Совокупность оценочных материалов по всем дисциплинам (модулям) образовательной программы составляют фонд оценочных средств (далее – ФОС). ФОС используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с целью оценивания достижения обучающимися планируемых результатов обучения.

4.2. ФОС разработан как комплекс проверочных заданий различного типа и уровня сложности, включает критерии и шкалы оценивания, а также «ключи» правильных ответов. ФОС формируется как отдельный документ и хранится в электронном виде, доступ к ФОС предоставлен ограниченному кругу лиц.

4.3. Для самостоятельной работы обучающихся при подготовке к текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации в рабочих программах дисциплин размещены типовые проверочные задания, которые можно условно разделить на задания закрытого, комбинированного и открытого типов.

Задания закрытого типа — это тестовые задания, в которых каждый вопрос сопровождается готовыми вариантами ответов, из которых необходимо выбрать один или несколько правильных.

Задания комбинированного типа – это тестовые задания, в которых каждый вопрос сопровождается готовыми вариантами ответов, из которых необходимо выбрать один или несколько правильных и обосновать свой выбор.

Задания открытого типа — это задания, в которых на каждый вопрос должен быть предложен развернутый обоснованный ответ.

В зависимости от типа задания рекомендованы определенная последовательность выполнения и система оценивания выполнения заданий.

## 4.4. Типы заданий, сценарии выполнения, критерии оценивания

| ТИП ЗАДАНИЯ | ИНСТРУКЦИЯ | СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ | КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ |
|---|---|---|---|
| Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа из нескольких вариантов предложенных | Прочитайте текст, выберите правильный ответ | 1.Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов.<br>2. Внимательно прочитать предложенные вариант-ты ответа.<br>3. Выбрать один верный ответ.<br>4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа (например, 3 или В). | Ответ считается верным, если правильно указана цифра или буква |
| Задание закрытого типа на установление соответствия | Прочитайте текст и установите соответствие | 1.Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидаются пары элементов.<br>2. Внимательно прочитать оба списка: список 1 – вопросы, утверждения, факты, понятия и т.д.;<br>список 2 – утверждения, свойства объектов и т.д.<br>3. Сопоставить элементы списка 1 с элементами списка 2, сформировать пары элементов.<br>4. Записать попарно буквы и цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа | Ответ считается верным, если правильно указаны цифры или буквы |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | (например, А1 или Б4). | |
| Задание закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов из нескольких вариантов предложенных | Прочитайте текст, выберите правильные ответы | 1.Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается несколько правильных ответов из предложенных вариантов.<br>2. Внимательно прочитать предложенные вариант-ты ответа.<br>3. Выбрать несколько правильных ответов.<br>4. Записать только номера (или буквы) выбранного варианта ответа (например, 1 4 или А Г). | Ответ считается верным, если правильно установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого) |
| Задание закрытого типа на установление последовательности | Прочитайте текст и установите последовательность | 1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов.<br>2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.<br>3. Построить верную последовательность из предложенных элементов.<br>4. Записать буквы/цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа в нужной | Ответ считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | последовательности (например, БВА или 135). | |
| Задание комбинированного типа с выбором одного правильного ответа из предложенных и обоснованием выбора | Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа | 1.Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов.<br>2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.<br>3. Выбрать один верный ответ.<br>4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа.<br>5. Записать аргументы, обосновывающие выбор ответа (например, 4 текст обоснования). | Ответ считается верным, если правильно указана цифра или буква и приведены корректные аргументы, используемые при выборе ответа |
| Задание открытого типа с развернутым ответом | Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ | 1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса.<br>2.Продумать логику и полноту ответа.<br>3.Записать ответ, используя четкие компактные формулировки.<br>4.В случае расчетной задачи, записать решение и ответ | Ответ считается верным:<br>1. Отсутствие фактических ошибок.<br>2. Раскрытие объема используемых понятий (полнота ответа).<br>3.Обоснованность ответа |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | (наличие аргументов).<br>4. Логическая последовательность излагаемого материала. |

4.5. Общая шкала оценивания результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

| Оценка | Критерии оценивания |
|---|---|
| Отлично | Обучающийся знает материал дисциплины в полном объеме, свободно оперирует понятийным аппаратом, самостоятельно и без ошибок применяет умения и владеет навыками, предусмотренными образовательными результатами по дисциплине; излагает материал последовательно, аргументирует выводы, отвечает на дополнительные вопросы. |
| Хорошо | Обучающийся знает материал дисциплины в полном объеме, допуская отдельные неточности в определениях; самостоятельно применяет умения и навыки, предусмотренные образовательными результатами, допуская несущественные ошибки, которые исправляет после замечания преподавателя; выводы в целом аргументированы. |
| Удовлетворительно | Обучающийся знает основной материал дисциплины, но излагает его неполно, допускает ошибки в формулировках определений; умения и навыки, предусмотренные образовательными результатами, применяет при помощи преподавателя; испытывает затруднения в обосновании выводов. |
| Неудовлетворительно | Обучающийся не знает значительной части материала дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках определений; не владеет умениями и навыками, предусмотренными образовательными результатами. Образовательные результаты по дисциплине не достигнуты. |

Результаты текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине оцениваются по пятибалльной системе.

При проведении промежуточной аттестации в форме зачета оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, результаты которого соответствуют критериям оценок «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно»; оценка «не зачтено» – критериям оценки «неудовлетворительно».

Образовательные результаты считаются достигнутыми, если

обучающийся получил по дисциплине оценку не ниже «удовлетворительно» («зачтено»).

## 5. Формы аттестации, типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся, критерии и шкалы оценивания по контрольным точкам

5.1. В ходе реализации дисциплины Б1.В.03 Методы оптимизации используются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся (в том числе задания к контрольным точкам):

контрольная работа, опрос.

**5.2. Типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся (вне контрольных точек):**

**Типовые оценочные материалы по теме 1 «Постановка и классификация задач оптимизации»**

**Вопросы для проведения опроса**

1. Общая задача оптимизации.
2. Постановка задачи математического программирования.
3. Целевая функция. Ограничения.
4. Классификация задач оптимизации по виду целевой функции и ограничениям.
5. Общая постановка задачи линейного программирования.
6. Область допустимых решений.
7. Оптимальный план.
8. Стандартная форма записи задач линейного программирования.
9. Каноническая форма записи задач линейного программирования.

**Типовые оценочные материалы по теме 2 «Графический метод решения задач линейного программирования»**

**Варианты заданий контрольной работы**

1. Фирма выпускает 2 вида мороженого: сливочное и шоколадное. Для изготовления мороженого используются два исходных продукта: молоко и наполнители, расходы которых на 1 кг мороженого и суточные запасы даны в таблице.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Исходный продукт | Расход исходных продуктов на 1 кг мороженого | Запас, кг | |
| Сливочное | Шоколадное | | |
| Молоко | 0,8 | 0,5 | 400 |
| Наполнители | 0,4 | 0,8 | 365 |

Изучение рынка сбыта показало, что суточный спрос:

1) на сливочное мороженое превышает спрос на шоколадное мороженое не более чем на 100 кг;

2) на шоколадное мороженое не превышает 350 кг.

Розничная цена 1 кг сливочного мороженого 16 руб., шоколадного – 14 руб.

Используя графический метод, определить какое количество мороженого каждого вида должна производить фирма, чтобы доход от реализации продукции был максимальным.

Провести экономический анализ задачи:

1) определить, как влияет на оптимальное решение увеличение или уменьшение запасов исходных продуктов (активных и пассивных ограничений);

2) определить пределы возможного изменения коэффициентов целевой функции.

**Вопросы для проведения опроса**

1. Выпуклые множества точек.
2. Геометрический смысл решений неравенств, уравнений и систем.
3. Градиент функции.
4. Линии уровня.
5. Алгоритм графического метода.
6. Частные случаи при решении задач линейного программирования графическим методом.
7. Экономический анализ задачи с использованием графического метода.

**Типовые оценочные материалы по теме 3 «Симплексный метод решения задач линейного программирования»**

**Варианты заданий контрольной работы**

1. Частный инвестор предполагает вложить 500 тыс. руб. в различные ценные бумаги. После консультаций со специалистами фондового рынка он отобрал три типа акций, два типа государственных облигаций. Часть денег предполагается положить на срочный вклад в банк.

| | | |
|---|---|---|
| Тип вложения | Риск | Предполагаемый ежегодный доход % |
| Акции | Высокий | 15 |
| Акции | Средний | 12 |
| Акции | Низкий | 9 |
| Облигации долгосрочные | - | 11 |

| | | |
|---|---|---|
| Облигации краткосрочные | - | 8 |
| Срочный вклад | - | 6 |

Имея в виду качественные соображения диверсификации портфеля и не формализуемые личные предпочтения, инвестор выдвигает следующие требования к портфелю ценных бумаг:

1) все 500 тыс. руб. должны быть инвестированы;

2) по крайней мере 100 тыс. руб. Должны быть на срочном вкладе в любимом банке;

3) по крайней мере 25% средств, инвестированных в акции, должны быть инвестированы в акции с низким риском;

4) в облигации нужно инвестировать по крайней мере столько же, сколько в акции;

5) не более чем 125 тыс. руб. должно быть вложено в бумаги с доходом менее чем 10%.

Определить портфель бумаг инвестора, удовлетворяющий всем требованиям и обеспечивающий максимальный годовой доход.

**Вопросы для проведения опроса**

1. Содержание симплексного метода.
2. Канонический вид задачи линейного программирования.
3. Балансовые переменные: принцип добавления и интерпретация.
3. Общий вид симплексной таблицы №1.
4. Выбор разрешающего столбца, разрешающей строки, разрешающего элемента при решении задачи на максимум.
5. Алгоритм перехода к симплексной таблице №2.
6. Критерий завершения алгоритма для задачи на максимум и для задачи на минимум.
7. Частные случаи.
8. Метод искусственного базиса.

**Типовые оценочные материалы по теме 4 «Двойственные задачи линейного программирования»**

**Варианты заданий контрольной работы**

1. Косметическая фирма выпускает два вида кремов для рук из шести ингредиентов. Для первого вида крема количество ингредиентов 2,8,0,3,1,6; для второго вида – 3,7,3,0,2,3. Запасы фирмы выглядят следующим образом 18,56,15,18,6,18. Первый крем стоит 10 у. д. е., а второй 12 у. д. е.

Требуется:

1) записать модели исходной и двойственной задачи;

2) составить таблицу соответствия;

3) решить исходную задачу симплексным методом: найти план производства двух видов крема, обеспечивающий максимальный доход от реализации;

4) записать решение двойственной задачи;

5) интерпретировать решение двойственной задачи;

6) установить размеры максимального дохода при изменении запасов ингредиентов на (2; -4; 3; -4; 5; -2): оценить раздельное влияние этих изменений и суммарное их влияние на прибыль;

7) оценить целесообразность введения в план производства фирмы нового вида крема (третьего), нормы затрат на единицу которого соответственно равны 4,3,2,0,5,1 и предполагаемая цена реализации 11 у.д.е.

**Вопросы для проведения опроса**

1. Виды двойственных пар.
2. Составление двойственной пары.
3. Первая теорема двойственности.
4. Экономический смысл и интерпретация первой теоремы двойственности.
5. Вторая теорема двойственности.
6. Таблица соответствия.
7. Интерпретация двойственных оценок.
8. Третья теорема двойственности.
9. Интерпретация и возможности двойственных оценок.

**Типовые оценочные материалы по теме 5 «Задачи линейного программирования транспортного типа»**

**Варианты заданий контрольной работы**

1. Компания, занимающаяся добычей песка и доставкой его собственным транспортом к потребителям, разрабатывает пять песчаных карьеров. Песок направляется на пять заводов железобетонных изделий (ЖБИ).

Недельная производительность карьеров, недельная потребность заводов и транспортные затраты, связанные с доставкой 1 т песка от карьеров до заводов, известны и приведены в таблице.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Производительность песчаных карьеров(предложение) | Потребности заводов(спрос) | | | | |
| 200 | 400 | 100 | 200 | 100 | |
| 200 | 1 | 7 | 12 | 2 | 5 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 2 | 3 | 8 | 4 | 7 |
| 200 | 3 | 5 | 4 | 6 | 9 |
| 400 | 4 | 4 | 3 | 8 | 2 |
| 400 | 5 | 3 | 7 | 10 | 1 |
| - | Стоимость доставки единицы груза, у. д. е. | | | | |

Требуется:

1) определить такой план перевозок песка из карьеров на заводы, при котором совокупные транспортные издержки будут минимальными;

2) составить модель ЗЛП и решить ее с помощью надстройки Excel «Поиск решения»;

3) установить размер минимальных транспортных издержек;

4) выяснить, какое количество песка, и на каких карьерах окажется невостребованным.

2. Ремонтно-строительная фирма получила заказы на ремонт 5 объектов. Для выполнения работ она может привлечь 5 бригад отделочников. Каждая бригада оценила объем работ и дала сроки выполнения заказов (человеко-дни), приведенные в таблице:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Бригады(предложение) | Объект(спрос) | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Иванова | 43 | 24 | 35 | 62 | 35 |
| Петрова | 45 | 21 | 38 | 58 | 33 |
| Сидорова | 51 | 29 | 36 | 61 | 38 |
| Волкова | 47 | 27 | 35 | 60 | 39 |
| Козлова | 48 | 26 | 37 | 59 | 39 |
| - | Сроки выполнения заказов, человеко-дни | | | | |

Распределить объекты между бригадами так, чтобы суммарное количество человеко-дней, затраченное на ремонт всех пяти объектов, было минимальным.

**Вопросы для проведения опроса**

1. Модели транспортного типа (представление в виде таблицы, основные понятия, закрытые и открытые задачи).

2. Математическая модель задачи транспортного типа.

3. Модели распределительного типа (суть задачи, представление в виде таблицы).

4. Математическая модель задачи распределительного типа.

**Типовые оценочные материалы по теме 6 «Общая задача нелинейного программирования».**

**Варианты заданий контрольной работы**

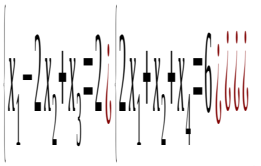
1. Используя графический метод, решить задачу нелинейного программирования. Определить все локальные минимумы и локальные максимумы.

при ограничениях

С помощью надстройки Excel «Поиск решения» найти максимум и минимум функции.

2. Свести математическую модель задачи ДЛП к задаче ЛП и найти решение с помощью надстройки Excel «Поиск решения»:

при ограничениях



.

**Вопросы для проведения опроса**

1. Постановка задачи нелинейного программирования.

2. Графический метод решения. Сложности, возникающие в процессе решения.

3. Общая постановка задачи дробно-линейного программирования.

4. Постановка задачи рентабельности производства.

5. Постановка задачи определения затрат в расчете на рубль товарной продукции.

6. Постановка задачи минимизации средней себестоимости изделия.

7. Сведение задачи дробно-линейного программирования к задаче линейного программирования.

**Типовые оценочные материалы по теме 7 «Выпуклое программирование»**

**Варианты заданий контрольной работы**

1. Необходимо сформировать оптимальный портфель Марковица (минимального риска) трех ценных бумаг с эффективностями и рисками: (4,10), (10,40), (40,80). Нижняя граница доходности портфеля задана равной 15.

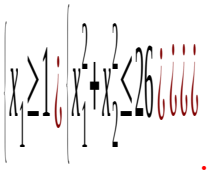
2. Для задачи

при ограничениях

найти оптимальное решение графическим методом и для полученного решения проверить выполнение условий теоремы Куна-Таккера.

3. Найти объемы ресурсов $K$ и $L$, при которых затраты на производство не менее 140 единиц продукции минимальны, если производственная функция Кобба-Дугласа $Q(K,L)=K^{3/4}L^{1/4}$, а цены на ресурсы $p_K=12$, $p_L=3$.

4. Проверить выполнение условий Куна-Таккера. Найти точку оптимума задачи НЛП:
при ограничениях



**Вопросы для проведения опроса**

1. Алгоритм метода множителей Лагранжа (точка условного оптимума, уравнения связи, функция Лагранжа, определение оптимума).
2. Экономическая интерпретация множителей Лагранжа.
3. Постановка задачи выпуклого программирования (общий вид, выпуклые и вогнутые функции).
4. Условие Слейтера.
5. Функция Лагранжа выпуклого программирования.
6. Седловая точка функции Лагранжа.
7. Теорема Куна-Таккера.
8. Условия Каруша-Куна-Таккера.
9. Квадратичная форма (общий вид, положительно и отрицательно определенная, полуопределенная, условия выпуклости и вогнутости квадратичной формы).
10. Постановка задачи квадратичного программирования.
11. Функция Лагранжа для задачи квадратичного программирования.
12. Седловая точка и условия Каруша-Куна-Таккера для задачи квадратичного программирования.

**Типовые оценочные материалы по теме 8 «Численные методы решения задач выпуклого программирования»**

**Варианты заданий контрольной работы**

1. Методом скорейшего спуска с точностью до 0,01 найти минимум функции
при ограничениях

$$x_1^2+x_2^2\le 4,$$
$$x_{1,2}\ge 0.$$

2. Используя метод скорейшего спуска, найти максимум функции при ограничениях

$$\begin{cases} x_1+2x_2\le 10 \\ x_{1,2}\ge 0 \end{cases}.$$

**Вопросы для проведения опроса**

1. Общая схема решения методом спуска.
2. Алгоритм градиентного метода скорейшего спуска.
3. Геометрическая интерпретация метода градиентного спуска для случая функции двух переменных.
4. Определения оптимума целевой функции на границе области решений.
5. Схема поиска точки оптимума для случая нарушения границ области допустимых решений.

**Типовые оценочные материалы по теме 9 «Динамическое программирование»**

**Варианты заданий контрольной работы**

1. Планируется деятельность двух отраслей производства на 4 года. Начальные ресурсы равны $s_0=20000$ у.д.е. Средства $x$, вложенные в I отрасль в начале года, дают в конце года прибыль $f_1(x)=0,7x$ и возвращаются в размере $q_1(x)=0,8x$; аналогично для II отрасли $y$ - средства, вложенные в начале года, функция прибыли - $f_2(y)=0,6y$, а функция возврата $q_2(y)=0,9y$.

В конце года все возвращенные средства перераспределяются между I и II отраслями, новые средства не поступают и прибыль в производство не вкладывается. Если будут поступать новые средства или часть прибыли будет вкладываться в производство, то это можно будет легко учесть в уравнениях состояний, общий алгоритм метода динамического программирования не изменится.

Требуется распределить имеющиеся средства $s_0$ между двумя отраслями производства на 4 года так, чтобы суммарная прибыль от обеих отраслей за этот период оказалась максимальной.

2. В таблице указан возможный прирост выпуска продукции четырьмя плодово-консервными заводами области в млн. руб. при осуществлении инвестиций на их модернизацию с дискретностью 50 млн. руб. Один на один завод можно осуществить только одну инвестицию.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Инвестиции, млн. руб. | Прирост выпуска продукции, млн. руб. | | | |
| Завод №1 | Завод №2 | Завод №3 | Завод №4 | |
| 50 | 25 | 30 | 36 | 28 |
| 100 | 60 | 70 | 64 | 56 |
| 150 | 100 | 90 | 95 | 110 |
| 200 | 140 | 122 | 130 | 142 |

Составить план распределения инвестиций между заводами области, так чтобы общий прирост выпуска продукции был максимальным.

**Вопросы для проведения опроса**

1. Задачи, решаемые методом динамического программирования.
2. Принцип оптимальности и уравнения Беллмана.
3. Общая схема применения метода динамического программирования.
4. Задача о распределении ресурсов между отраслями на n лет.
5. Распределение инвестиций для оптимального использования потенциала предприятия.
6. Минимизация затрат на строительство и эксплуатацию предприятия.
7. Нахождение рациональных затрат при строительстве трубопроводов и транспортных артерий.

**Методические материалы, позволяющие оценивать знания и умения учащихся**

**Критерии оценивания результатов опроса**

| Критерии оценивания | Оценка |
|---|---|
| Опрос по вопросам темы | |
| Критерии оценивания | Полнота ответа на вопрос, знание терминологии; способность аргументировать свой ответ; способность раскрывать причинно-следственные связи между экономическими фактами, явлениями и процессами; способность делать выводы |

| Критерии оценивания | Оценка |
| --- | --- |
| Шкала оценивания | Оценка «Отлично» выставляется студенту, который показывает полные и глубокие знания материала по теме занятия, логично и аргументировано отвечает на поставленный вопрос.Оценку «Хорошо» получает студент, показавший глубокие знания материала, грамотно его излагает, достаточно полно отвечает на поставленный вопрос, умело формулирует выводы. В то же время при ответе допускает несущественные погрешности.Оценка «Удовлетворительно» выставляется студенту, если он показывает достаточные, но не глубокие знания материала по теме занятия; при ответе не допускает грубых ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. Оценка «Неудовлетворительно» выставляется |

| Критерии оценивания | Оценка |
|---|---|
| | студенту, который показывает недостаточные знания материала по теме занятия, не способен аргументировано и последовательно его излагать, допускается грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на поставленный вопрос или затрудняется с ответом |

## Критерии оценивания контрольных работ

При проведении контрольной работы обучающимся предлагается выполнить несколько практических заданий (4-5) в соответствии с пройденными темами.

Время написания контрольной работы составляет 90 мин. (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным).

| | |
|---|---|
| **Критериоценивания** | **Каждое задание контрольной работы оценивается определенным количеством баллов (в соответствии с этапами выполнения задания). Оценивается: ход решения задачи, наличие ошибок в расчетах, наличие верного ответа. Баллы, полученные студентом за решение каждого задания, суммируются. Общее количество возможных баллов за контрольную работу принимаются за 100%.** |
| Шкалаоценивания | «Отлично»:- 86%-100% правильных ответов и решений.«Хорошо»:- 71%-84% правильных ответов и решений.«Удовлетворительно»:- 51%-70% правильных ответов и решений.«Неудовлетворительно»:- менее 50% правильных ответов и решений |

### 5.3. Контрольные точки

Один или несколько тематических блоков дисциплины завершаются контрольной точкой (далее – КТ). Текущий контроль успеваемости по дисциплине предусматривает 2 контрольные точки.

| Наименование КТ | Темы (разделы), выносимые на контрольную точку | Форма проведения |
|---|---|---|
| КТ 1 | Тема 1 – 5 | опрос, контрольная работа |
| КТ 2 | Тема 6 – 9 | контрольная работа, опрос |

Результаты выполнения заданий контрольных точек оцениваются по пятибалльной системе в соответствии со следующими критериями:

| Оценка | Критерии оценивания |
|---|---|
| Отлично | Задание контрольной точки выполнено в полном объеме. Обучающийся свободно оперирует материалом соответствующих тем, ответ не содержит фактических ошибок, выводы аргументированы. |
| Хорошо | Задание контрольной точки выполнено в полном объеме, допущены отдельные неточности, которые обучающийся исправляет после замечания преподавателя; выводы в целом аргументированы. |
| Удовлетворительно | Задание контрольной точки выполнено не в полном объеме, допущены ошибки в формулировках; обучающийся испытывает затруднения в обосновании ответа и выполняет задание при помощи преподавателя. |
| Неудовлетворительно | Задание контрольной точки не выполнено или выполнено с грубыми ошибками; обучающийся не владеет материалом соответствующих тем. |

### 5.4. Формы текущего контроля успеваемости обучающихся в рамках КТ и типовые оценочные материалы

**КТ – 1.**

Темы, выносимые на контрольную точку: Тема 1 – 5. Форма проведения: опрос, контрольная работа.

Задания контрольной точки:

1) устный опрос – 3 вопроса по указанным темам;

2) контрольная работа – 1 задание по выбору обучающегося по указанным темам.

Типовые формулировки заданий приведены в пункте 5.2 настоящей программы по соответствующим темам.

**КТ – 2.**

Темы, выносимые на контрольную точку: Тема 6 – 9. Форма проведения: контрольная работа, опрос.

Задания контрольной точки:

1) устный опрос – 3 вопроса по указанным темам;

2) контрольная работа – 1 задание по выбору обучающегося по указанным темам.

Типовые формулировки заданий приведены в пункте 5.2 настоящей программы по соответствующим темам.

### 5.5. Описание дополнительных материалов и оборудования, необходимых для выполнения проверочных заданий (при необходимости)

Выполнение проверочных заданий по дисциплине не требует использования дополнительных материалов и оборудования.

## 6. Формы промежуточной аттестации, критерии и шкала оценивания, типовые оценочные материалы по дисциплине

6.1. Промежуточная аттестация (зачет) проводится в устной форме. Обучающийся получает билет, содержащий вопросы по дисциплине. Время подготовки ответа составляет не менее 20 минут, время ответа – не более 15 минут. Обучающийся дает устный ответ на вопросы билета; преподавателю предоставляется право задавать дополнительные вопросы в пределах учебного материала, вынесенного на промежуточную аттестацию.

### 6.2. Типовые оценочные материалы промежуточной аттестации

Типовые проверочные задания для самоподготовки обучающегося к промежуточной аттестации:

**Список вопросов для подготовки к зачету**

1. Общая структура задачи оптимизации (переменные задачи, целевая функция, система ограничений, условия неотрицательности).
2. Допустимое решение. Область допустимых решений. Оптимальное решение.
3. Понятие задачи линейного программирования, общая постановка.
4. Каноническая и стандартная задача линейного программирования.
5. Вектор градиент. Линии уровня.
6. Алгоритм графического метода.
7. Частные случаи при решении задач линейного программирования графическим методом.
8. Содержание симплексного метода.
9. Приведение задачи линейного программирования к каноническому виду. Балансовые переменные.
10. Построение начального допустимого решения при решении задачи линейного программирования симплексным методом.
11. Общий вид симплексной таблицы №1. Выбор разрешающего столбца, разрешающей строки, разрешающего элемента при решении задачи на максимум.
12. Общий вид симплексной таблицы №1. Выбор разрешающего столбца, разрешающей строки, разрешающего элемента при решении задачи на минимум.
13. Алгоритм перехода к симплексной таблице №2. Критерий

остановки алгоритма для задачи на максимум и для задачи на минимум.

14. Виды двойственных пар.

15. Составление двойственной пары.

16. Первая теорема двойственности.

17. Экономический смысл и интерпретация первой теоремы двойственности.

18. Вторая теорема двойственности.

19. Таблица соответствия. Интерпретация двойственных оценок.

20. Третья теорема двойственности.

21. Интерпретация и возможности двойственных оценок.

22. Модели транспортного типа (представление виде таблицы, основные понятия, закрытые и открытые задачи).

23. Математическая модель задачи транспортного типа.

24. Модели распределительного типа (суть задачи, представление виде таблицы).

25. Математическая модель задачи распределительного типа.

26. Общая постановка задачи дробно-линейного программирования.

27. Постановка задачи рентабельности производства.

28. Постановка задачи определения затрат в расчете на рубль товарной продукции.

29. Постановка задачи минимизации средней себестоимости изделия.

30. Сведение задачи дробно-линейного программирования к задаче линейного программирования.

31. Алгоритм метода множителей Лагранжа (точка условного оптимума, уравнения связи, функция Лагранжа, определение оптимума).

32. Экономическая интерпретация множителей Лагранжа.

33. Постановка задачи выпуклого программирования (общий вид, выпуклые и вогнутые функции).

34. Условие Слейтера. Функция Лагранжа выпуклого программирования.

35. Седловая точка функции Лагранжа. Теорема Куна-Таккера.

36. Условия Каруша-Куна-Таккера.

37. Квадратичная форма (общий вид, положительно и отрицательно определенная, полуопределенная, условия выпуклости и вогнутости квадратичной формы).

38. Постановка задачи квадратичного программирования.

39. Функция Лагранжа для задачи квадратичного программирования. Седловая точка и условия Каруша-Куна-Таккера для задачи квадратичного программирования.

40. Задачи, решаемые методом динамического программирования.

41. Принцип оптимальности и уравнения Беллмана.

42. Общая схема применения метода динамического программирования.

43. Задача о распределении ресурсов между отраслями на n лет.

44. Распределение инвестиций для оптимального использования потенциала предприятия.

45. Минимизация затрат на строительство и эксплуатацию предприятия.

46. Нахождение рациональных затрат при строительстве трубопроводов и транспортных артерий.

**6.3. Критерии и шкала оценивания**

| Оценка | Критерии оценивания |
|---|---|
| Зачтено | Обучающийся демонстрирует знание материала дисциплины, логически правильно излагает ответы на вопросы (полно, не совсем полно либо фрагментарно), аргументирует суждения. Электронный (онлайн) курс освоен. |
| Не зачтено | Не усвоена большая часть теоретического материала по дисциплине. Наличие существенных затруднений в аргументации выводов. Электронный (онлайн) курс не освоен. |

6.4. Проведение промежуточной аттестации по дисциплине не требует использования дополнительных материалов и оборудования.

## 7. Методические материалы по освоению дисциплины

### Процедура проведения зачета

Аттестационные испытания проводятся преподавателем, ведущим лекционные занятия по данной дисциплине.

Во время аттестационных испытаний в аудитории может одновременно находиться учебная группа в полном составе.

При проведении письменного зачета билет выбирает сам обучающийся в случайном порядке.

Обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя калькуляторами.

При проведении письменного зачета обучающимся предлагается ответить на два теоретических вопроса и выполнить два практических задания в соответствии с пройденными темами.

Время написания работы составляет 90 мин. (по желанию студента ответ может быть досрочным).

Изложение материала ведется в листе ответа, который затем (по окончании зачета) сдается на проверку преподавателю.

Проверка работ выполняется преподавателем после окончания зачета и оценки выставляются в соответствии с критериями оценивания.

В случае возникновения сомнений относительно глубины знаний студента преподаватель может пригласить его и задать дополнительные и уточняющие вопросы в пределах учебного материала, вынесенного на зачет.

Оценка результатов письменного аттестационного испытания объявляется обучающимся после проверки письменных ответов студентов не позднее следующего дня за днем проведения зачета.

## Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

### Методические указания по выполнению контрольных работ

Данный вид работы проверяет:

1) усвоение обучающимися полученных в ходе обучения умений и навыков;

2) способность выбрать инструментальные средства для обработки данных в соответствии с поставленной задачей;

3) умение проанализировать результаты расчетов и обосновать полученные выводы.

Примерно за 2-3 недели до проведения контрольной работы обучающемуся необходимо получить у преподавателя шаблон контрольной работы или примерный перечень практических заданий, входящих в контрольную работу, и после этого приступить к подготовке.

При подготовке к контрольной работе следует:

1) повторить теоретический материал по темам, включенным в контрольную работу;

2) просмотреть материалы практических занятий и домашних заданий;

3) попробовать решить задания из шаблона контрольной работы или примерного перечня практических заданий;

4) закрепить полученные умения и навыки, решая похожие задания из рекомендованных преподавателем учебников и учебно-методических пособий.

Если в процессе подготовки к контрольной работе возникли затруднения или требуются какие-либо уточнения и рекомендации, следует обратиться за помощью к преподавателю.

### Методические указания по подготовке к опросу

Данный вид деятельности проверяет готовность и усвояемость полученных в ходе обучения умений и навыков, а также применять критический анализ информации и системный подход для решения задач, обоснования своей собственной позиции.

Для подготовки к устному опросу, обучающемуся необходимо ознакомиться с материалом, соответствующим теме практического занятия, в конспектах лекций, в рекомендованной литературе и ресурсах интернет.

Подготовка к устному опросу по одному практическому занятию занимает 1-2 часа.

Опрос проводится на практических занятиях в форме беседы преподавателя со всеми обучающимся. Преподаватель задает краткие вопросы по теме занятия, позволяющие выяснить степень освоения материала.

**Самоподготовка к практическим занятиям**

При подготовке к практическому занятию обучающемуся необходимо:

1) ознакомиться с соответствующей темой программы дисциплины;

2) осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;

3) тщательно изучить лекционный материал;

4) изучить рекомендованную литературу по данной теме;

5) ознакомиться с вопросами очередного практического занятия.

Важным аспектом самостоятельной подготовки студентов является работа с библиотечным фондом.

Эта работа предполагает различные варианты повышения профессионального уровня студентов в том числе:

а) получение книг в научном абонементе;

б) изучение книг, журналов, газет в читальном зале;

в) возможность поиска необходимого материала посредством электронного каталога;

г) получение необходимых сведений об источниках информации у сотрудников библиотеки.

## 8. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

### 8.1. Основная литература

1. Исследование операций в экономике : учебник для академического бакалавриата / под редакцией Н. Ш. Кремера. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 438 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9922-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/431708

2. Зайцев, М. Г. Методы оптимизации управления и принятия решений: примеры, задачи, кейсы: Учебное пособие, - 5-е изд. - Москва :ИД Дело РАНХиГС, 2017. - 640 с.: ISBN 978-5-7749-1295-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/document?pid=982609

3. Математические методы и модели исследования операций : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 080116 «Математические методы в экономике» и другим экономическим специальностям / В. А. Колемаев, Т. М. Гатауллин, Н. И. Заичкин [и др.] ; под редакцией В. А. Колемаева. — Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. — 592 с. — ISBN 978-5-238-01325-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/83033.html

4. Сухарев, А. Г. Методы оптимизации : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 367 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-3859-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL:

https://urait.ru/bcode/444155

### 8.2. Дополнительная литература

1. Высшая математика для экономистов : учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко, И. М. Тришин, М. Н. Фридман ; под редакцией Н. Ш. Кремер. — 3-е изд. — Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. — 481 с. — ISBN 978-5-238-00991-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/52071.html

2. Зайцев, М. Г. Методы оптимизации управления для менеджеров: Компьютерно-ориентированный подход: Учебное пособие / Зайцев М.Г., - 4-е изд. - Москва :ИД Дело РАНХиГС, 2017. - 312 с. ISBN 978-5-7749-1140-0. - Текст : электронный. - URL: https://new.znanium.com/catalog/product/982139

### 8.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Не предусмотрено.

### 8.4. Нормативные правовые документы

Не предусмотрены.

### 8.5. Интернет-ресурсы

Не предусмотрены.

### 8.6. Иные источники

1. Красс М.С., Чупрынов Б.П. Математические методы и модели для магистрантов экономики. Спб.: Питер, 2011.

2. Красс М. С., Чупрынов Б. П. Математика для экономистов, учебное пособие, М. : Питер, 2007.

3. Орлова И. В., Половников В. А. Экономико-математические методы и модели. М.: Инфра-М, 2013

4. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. М.: Изд-во “КноРус”, 2013.

5. Ермаков В.И., Бобрик Р.К., Гринцевичюс Р.К. Общий курс высшей математики для экономистов. М.: ИНФРА-М, 2012.

## 9. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо материально-техническое обеспечение учебных аудиторий в зависимости от типа занятий: семинарского и лекционного типов, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: комплект специализированной учебной мебели, доска аудиторная, компьютерная техника, презентационное оборудование. Выход в Интернет и доступ в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся. Комплект специализированной учебной мебели, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.

**Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. https://urait.ru – Электронно-библиотечная система [ЭБС] Юрайт
2. http://www.iprbookshop.ru – Электронно-библиотечная система [ЭБС] «IPR SMART»
3. https://e.lanbook.com - Электронно-библиотечная система [ЭБС] «Лань»
4. https://new.znanium.com - Электронно-библиотечная система [ЭБС] «Znanium.com».
5. https://ibooks.ru - Электронно-библиотечная система система [ЭБС] «Айбукс.ру/ibooks.ru»
6. https://lib.ranepa.ru/ru/informatsionnye-resursy/russkoyazychnye-resursy/58-elibrary-ru - Научная электронная библиотека Elibrary.ru
7. http://www.edu.ru - Федеральный образовательный портал «Российское образование»
8. https://dlib.eastview.com – Информационный сервис «East View»
9. https://grebennikon.ru/ - Электронная библиотека Издательского дома «Гребенников», содержит полные тексты научно-практических журналов по маркетингу, менеджменту, финансам и управлению персоналом.
10. https://lib.ranepa.ru/ru/informatsionnye-resursy/zarubezhnye-resursy/49-ebsco-publishing – информационный ресурс EBSCO, содержащий издания по экономике, бизнесу, менеджменту и др.
11. https://rusneb.ru - Национальная электронная библиотека (НЭБ)
12. Справочно-правовая система «КонсультантПлюс».