

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Цветлюк Лариса Сергеевна

Должность: Ректор

Дата подписания: 23.07.2025 11:21:34

Уникальный программный ключ:

e4e919f04dc802624637575c97796a744138b172b88dd38f9301d8c2340974f9

Автономная некоммерческая организация  
высшего образования  
«Институт непрерывного образования»

Рассмотрено

на заседании кафедры экономики и управления

Зав. кафедрой

**УТВЕРЖДАЮ:**

Ректор АНО ВО «ИНО»

Бодрова Е.Е.

28 апреля 2025 г.

Цветлюк Л.С.

28 апреля 2025 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Математические методы в экономике**  
**для направления подготовки**  
**38.03.01 «Экономика»,**  
**направленность (профиль) «Экономика строительных предприятий»**

**Уровень бакалавриата**

**Квалификация выпускника**  
**Бакалавр**

Руководитель основной профессиональной  
образовательной программы  
доц., к.э.н. Бодрова Е.Е.

Москва, 2025 г.

Рабочая программа учебной дисциплины «Математические методы в экономике» разработана Годуновым Д.Г.

Рабочая программа учебной дисциплины «**Математические методы в экономике**» разработана на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **38.03.01 Экономика (уровень бакалавриата)**, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 августа 2020 г. №954, учебного плана по основной профессиональной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки «**Экономика**».

## СОДЕРЖАНИЕ:

|                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Общие положения.....                                                                                                                                                                                                           | 4  |
| 1.1 Цель и задачи дисциплины .....                                                                                                                                                                                                | 4  |
| 1.2 Место учебной дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы. ....                                                                                                                                | 4  |
| 1.3. Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине в рамках планируемых результатов освоения основной профессиональной образовательной программы. ....                                                                    | 4  |
| 2. Объем учебной дисциплины, включая контактную работы обучающегося с преподавателем и самостоятельную работу обучающегося.....                                                                                                   | 5  |
| 3. Содержание учебной дисциплины.....                                                                                                                                                                                             | 7  |
| 3.1. Учебно-тематический план по очной форме обучения .....                                                                                                                                                                       | 7  |
| 3.2. Учебно-тематический план по очно-заочной форме обучения .....                                                                                                                                                                | 8  |
| 3.3. Учебно-тематический план по заочной форме обучения.....                                                                                                                                                                      | 9  |
| 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине.....                                                                                                                                  | 10 |
| 5. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине.....                                                                                                                | 13 |
| 5.1. Форма промежуточной аттестации обучающегося по учебной дисциплине. ....                                                                                                                                                      | 13 |
| 5.2. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. ....                                                                                                                  | 14 |
| 5.3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....                                                                                                   | 14 |
| 5.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы..... | 17 |
| 5.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций .....                                                           | 45 |
| 6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы для освоения учебной дисциплины.....                                                                                                                                     | 46 |
| 6.1. Основная литература.....                                                                                                                                                                                                     | 46 |
| 6.2. Дополнительная литература по дисциплине: .....                                                                                                                                                                               | 46 |
| 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современные профессиональные базы данных и информационные системы, необходимые для освоения учебной дисциплины.....                                      | 47 |
| 8. Методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины.....                                                                                                                                                      | 47 |
| 9. Программное обеспечение информационно-коммуникационных технологий.....                                                                                                                                                         | 49 |
| 9.1. Информационные технологии.....                                                                                                                                                                                               | 49 |
| 9.2. Программное обеспечение.....                                                                                                                                                                                                 | 49 |
| 9.3. Информационные справочные системы.....                                                                                                                                                                                       | 50 |
| 10. Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы по учебной дисциплине. ....                                                                                                              | 50 |
| 11. Образовательные технологии.....                                                                                                                                                                                               | 50 |

## **1. Общие положения**

### ***1.1 Цель и задачи дисциплины***

#### Цель учебной дисциплины:

Сформировать у студентов навыки обработки данных при исследовании экономических процессов и умение применять математический инструментарий.

#### Задачи учебной дисциплины:

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** основы математических методов, необходимых для решения экономических задач;

**Уметь:** применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения экономических задач;

**Владеть:** навыками применения современного математического инструментария для решения экономических задач; методикой построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния и прогноза развития экономических явлений и процессов.

### ***1.2 Место учебной дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы.***

Дисциплина является обязательным элементом базовой части Блока 1 ОПОП.

### ***1.3. Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине в рамках планируемых результатов освоения основной профессиональной образовательной программы.***

Процесс освоения учебной дисциплины направлен на формирование у обучающихся следующих компетенции: ПК-3

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать следующие результаты образования:

| Код компетенции | Содержание компетенции                                                                                                                                                                                      | Результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3            | Способен выявлять, регистрировать, анализировать и классифицировать риски, разрабатывать комплекс мероприятий по их минимизации и оформлять результаты бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами | ПК-3.1. Владеет навыками сбора и оценки рисков<br>ПК-3.2. Владеет навыками разработки комплекс мероприятий по минимизации рисков<br>ПК-3.3. Способен оформлять результаты бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами по минимизации рисков. |

## 2. Объем учебной дисциплины, включая контактную работы обучающегося с преподавателем и самостоятельную работу обучающегося

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет **6** зачетных единиц.

### *Очная форма обучения*

| Вид учебной работы                                              | Всего часов | Семестры       |                  |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------------|
|                                                                 |             | 5              | 6                |
| <b>Аудиторные учебные занятия, всего</b>                        | <b>96</b>   | <b>32</b>      | <b>64</b>        |
| В том числе:                                                    |             |                |                  |
| Учебные занятия лекционного типа                                | 48          | 16             | 32               |
| Практические занятия                                            | 48          | 16             | 32               |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, всего</b>                | <b>107</b>  | <b>36</b>      | <b>71</b>        |
| В том числе:                                                    |             |                |                  |
| Самоподготовка                                                  | 19          | -              | 19               |
| Доклады/рефераты                                                | 40          | 16             | 24               |
| Практические задания                                            | 16          | 4              | 12               |
| Тестирование                                                    | 32          | 16             | 16               |
| <b>Контроль: виды промежуточной аттестации (зачет, экзамен)</b> | <b>13</b>   | <b>Зачет 4</b> | <b>экзамен 9</b> |
| <b>Общая трудоемкость учебной дисциплины</b>                    | <b>216</b>  | <b>72</b>      | <b>144</b>       |

### *Очно-заочная форма обучения*

| Вид учебной работы                               | Всего часов | Семестры  |           |
|--------------------------------------------------|-------------|-----------|-----------|
|                                                  |             | 5         | 6         |
| <b>Аудиторные учебные занятия, всего</b>         | <b>92</b>   | <b>52</b> | <b>40</b> |
| В том числе:                                     |             |           |           |
| Учебные занятия лекционного типа                 | 42          | 24        | 18        |
| Практические занятия                             | 50          | 28        | 22        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, всего</b> | <b>111</b>  | <b>88</b> | <b>23</b> |
| В том числе:                                     |             |           |           |
| Самоподготовка                                   | 31          | 24        | 7         |
| Доклады/рефераты                                 | 24          | 24        | -         |

|                                                                     |            |                    |                      |
|---------------------------------------------------------------------|------------|--------------------|----------------------|
| Практические задания                                                | 24         | 24                 | -                    |
| Тестирование                                                        | 32         | 16                 | 16                   |
| <b>Контроль: виды промежуточной аттестации<br/>(зачет, экзамен)</b> | <b>13</b>  | <b>Зачет<br/>4</b> | <b>экзамен<br/>9</b> |
| <b>Общая трудоемкость учебной дисциплины</b>                        | <b>216</b> | <b>144</b>         | <b>72</b>            |

*Заочная форма обучения*

| Вид учебной работы                                                  | Всего часов | Семестры     |                |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|----------------|
|                                                                     |             | 5            | 6              |
| <b>Аудиторные учебные занятия, всего</b>                            | <b>30</b>   | <b>20</b>    | <b>10</b>      |
| В том числе:                                                        |             |              |                |
| Учебные занятия лекционного типа                                    | 12          | 8            | 4              |
| Практические занятия                                                | 18          | 12           | 6              |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, всего</b>                    | <b>173</b>  | <b>120</b>   | <b>53</b>      |
| В том числе:                                                        |             |              |                |
| Самоподготовка                                                      | 37          | 32           | 5              |
| Доклады/рефераты                                                    | 48          | 24           | 24             |
| Практические задания                                                | 56          | 48           | 8              |
| Тестирование                                                        | 32          | 16           | 16             |
| <b>Контроль: виды промежуточной аттестации<br/>(зачет, экзамен)</b> | <b>13</b>   | <b>зачет</b> | <b>экзамен</b> |
| <b>Общая трудоемкость учебной дисциплины</b>                        | <b>216</b>  | <b>144</b>   | <b>72</b>      |

### 3. Содержание учебной дисциплины

#### 3.1. Учебно-тематический план по очной форме обучения

Объем аудиторных занятий составляет 96 ч.

Объем самостоятельной работы – 107 ч.

| №<br>п/<br>п        | Модуль, раздел (тема)                                                                            | Виды учебной работы,<br>академических часов |                                     |                                                      |                  |                      | Формы контроля освоения<br>обучающимися учебной<br>дисциплины, рейтинговых баллов |              |                      |                                            |         |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|--------------------------------------------|---------|
|                     |                                                                                                  | Всего                                       | Самостоятельная работа обучающегося | Контактная работа<br>преподавателя с<br>обучающимися |                  |                      | Текущий контроль<br>освоения<br>обучающимися<br>учебной<br>дисциплины             |              |                      | Промежуточная<br>аттестация<br>обучающихся |         |
|                     |                                                                                                  |                                             |                                     | Всего                                                | Лекционного типа | Практические занятия | Доклады/рефераты                                                                  | Тестирование | Практические задания | Зачет                                      | Экзамен |
| 5 семестр           |                                                                                                  |                                             |                                     |                                                      |                  |                      |                                                                                   |              |                      |                                            |         |
| 1                   | Тема 1. Линейное<br>программирование                                                             | 20                                          | 12                                  | 8                                                    | 4                | 4                    | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| 2                   | Тема 2. Транспортная<br>задача линейного<br>программирования                                     | 24                                          | 12                                  | 12                                                   | 6                | 6                    | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| 3                   | Тема 3. Целочисленное<br>программирование и<br>дискретная<br>оптимизация                         | 24                                          | 12                                  | 12                                                   | 6                | 6                    | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| Итого по 5 семестру |                                                                                                  | 72                                          | 36                                  | 32                                                   | 16               | 16                   |                                                                                   |              |                      | 4                                          |         |
| 6 семестр           |                                                                                                  |                                             |                                     |                                                      |                  |                      |                                                                                   |              |                      |                                            |         |
| 4                   | Тема 4. Нелинейные<br>задачи оптимизации                                                         | 43                                          | 23                                  | 20                                                   | 10               | 10                   | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| 5                   | Тема 5. Математическая<br>теория оптимального<br>управления.<br>Динамическое<br>программирование | 44                                          | 24                                  | 20                                                   | 10               | 10                   | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| 6                   | Тема 6. Элементы<br>теории игр                                                                   | 48                                          | 24                                  | 24                                                   | 12               | 12                   | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| Итого по 6 семестру |                                                                                                  | 144                                         | 71                                  | 64                                                   | 32               | 32                   |                                                                                   |              |                      |                                            | 9       |
| ВСЕГО ЧАСОВ         |                                                                                                  | 216                                         | 107                                 | 96                                                   | 48               | 48                   |                                                                                   |              |                      | 4                                          | 9       |

### 3.2. Учебно-тематический план по очно-заочной форме обучения

Объем аудиторных занятий составляет 92 ч.

Объем самостоятельной работы – 111 ч.

| №<br>п/<br>п        | Модуль, раздел (тема)                                                                            | Виды учебной работы,<br>академических часов |                                     |                                                      |                  |                      | Формы контроля освоения<br>обучающимися учебной<br>дисциплины, рейтинговых баллов |              |                      |                                            |         |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|--------------------------------------------|---------|
|                     |                                                                                                  | Всего                                       | Самостоятельная работа обучающегося | Контактная работа<br>преподавателя с<br>обучающимися |                  |                      | Текущий контроль<br>освоения<br>обучающимися<br>учебной<br>дисциплины             |              |                      | Промежуточная<br>аттестация<br>обучающихся |         |
|                     |                                                                                                  |                                             |                                     | Всего                                                | Лекционного типа | Практические занятия | Доклады/рефераты                                                                  | Тестирование | Практические задания | Зачет                                      | Экзамен |
| 5 семестр           |                                                                                                  |                                             |                                     |                                                      |                  |                      |                                                                                   |              |                      |                                            |         |
| 1                   | Тема 1. Линейное<br>программирование                                                             | 44                                          | 28                                  | 16                                                   | 8                | 8                    | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| 2                   | Тема 2. Транспортная<br>задача линейного<br>программирования                                     | 48                                          | 30                                  | 18                                                   | 8                | 10                   | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| 3                   | Тема 3. Целочисленное<br>программирование и<br>дискретная<br>оптимизация                         | 48                                          | 30                                  | 18                                                   | 8                | 10                   | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| Итого по 5 семестру |                                                                                                  | 144                                         | 88                                  | 52                                                   | 24               | 28                   |                                                                                   |              |                      | 4                                          |         |
| 6 семестр           |                                                                                                  |                                             |                                     |                                                      |                  |                      |                                                                                   |              |                      |                                            |         |
| 4                   | Тема 4. Нелинейные<br>задачи оптимизации                                                         | 19                                          | 7                                   | 12                                                   | 6                | 6                    | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| 5                   | Тема 5. Математическая<br>теория оптимального<br>управления.<br>Динамическое<br>программирование | 22                                          | 8                                   | 14                                                   | 6                | 8                    | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| 6                   | Тема 6. Элементы<br>теории игр                                                                   | 22                                          | 8                                   | 14                                                   | 6                | 8                    | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| Итого по 6 семестру |                                                                                                  | 72                                          | 23                                  | 40                                                   | 18               | 22                   |                                                                                   |              |                      |                                            | 9       |
| ВСЕГО ЧАСОВ         |                                                                                                  | 216                                         | 111                                 | 92                                                   | 42               | 50                   |                                                                                   |              |                      | 4                                          | 9       |

### 3.3. Учебно-тематический план по заочной форме обучения

Объем аудиторных занятий составляет 30 ч.

Объем самостоятельной работы –173 ч.

| №<br>п/<br>п        | Модуль, раздел (тема)                                                                            | Виды учебной работы,<br>академических часов |                                     |                                                      |                  |                      | Формы контроля освоения<br>обучающимися учебной<br>дисциплины, рейтинговых баллов |              |                      |                                            |         |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|--------------------------------------------|---------|
|                     |                                                                                                  | Всего                                       | Самостоятельная работа обучающегося | Контактная работа<br>преподавателя с<br>обучающимися |                  |                      | Текущий контроль<br>освоения<br>обучающимися<br>учебной<br>дисциплины             |              |                      | Промежуточная<br>аттестация<br>обучающихся |         |
|                     |                                                                                                  |                                             |                                     | Всего                                                | Лекционного типа | Практические занятия | Доклады/рефераты                                                                  | Тестирование | Практические задания | Зачет                                      | Экзамен |
| 5 семестр           |                                                                                                  |                                             |                                     |                                                      |                  |                      |                                                                                   |              |                      |                                            |         |
| 1                   | Тема 1. Линейное<br>программирование                                                             | 46                                          | 40                                  | 6                                                    | 2                | 4                    | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| 2                   | Тема 2. Транспортная<br>задача линейного<br>программирования                                     | 46                                          | 40                                  | 6                                                    | 2                | 4                    | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| 3                   | Тема 3. Целочисленное<br>программирование и<br>дискретная<br>оптимизация                         | 48                                          | 40                                  | 8                                                    | 4                | 4                    | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| Итого по 5 семестру |                                                                                                  | 144                                         | 120                                 | 20                                                   | 8                | 12                   |                                                                                   |              |                      | 4                                          |         |
| 6 семестр           |                                                                                                  |                                             |                                     |                                                      |                  |                      |                                                                                   |              |                      |                                            |         |
| 4                   | Тема 4. Нелинейные<br>задачи оптимизации                                                         | 20                                          | 17                                  | 3                                                    | 1                | 2                    | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| 5                   | Тема 5. Математическая<br>теория оптимального<br>управления.<br>Динамическое<br>программирование | 21                                          | 18                                  | 3                                                    | 1                | 2                    | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| 6                   | Тема 6. Элементы<br>теории игр                                                                   | 22                                          | 18                                  | 4                                                    | 2                | 2                    | +                                                                                 | +            | +                    |                                            |         |
| Итого по 6 семестру |                                                                                                  | 72                                          | 53                                  | 10                                                   | 4                | 6                    |                                                                                   |              |                      |                                            | 9       |
| ВСЕГО ЧАСОВ         |                                                                                                  | 216                                         | 173                                 | 30                                                   | 12               | 18                   |                                                                                   |              |                      | 4                                          | 9       |

## **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине**

### ***Тема 1. Линейное программирование***

#### **Перечень изучаемых элементов содержания учебной дисциплины:**

Постановка и формы записи задачи линейного программирования. Экономические приложения. Геометрическая интерпретация задачи. Симплекс-метод: основная схема алгоритма. Экономическая интерпретация итоговой симплекс-таблицы. Метод искусственного базиса. Двойственные задачи линейного программирования. Основное неравенство теории двойственности. Теорема о существовании прямого и двойственного решений, теорема о дополняющей нежесткости. Примеры использования теорем двойственности для построения оптимального решения задачи ЛП. Анализ модели на чувствительность. Экономическая интерпретация двойственной задачи. Третья теорема двойственности (об оценках). Пример использования объективно обусловленных оценок для принятия оптимальных решений

#### **Вопросы для самоподготовки**

1. Составление математических моделей экономических задач.
2. Формы записи основной задачи линейного программирования.
3. Решение графическим способом задач линейного программирования.
4. Нахождение начального опорного плана задачи.
5. Решение задач линейного программирования симплекс-методом.
6. Решение задач линейного программирования методом искусственного базиса.
7. Переход к двойственной задаче линейного программирования.
8. Решение пары двойственных задач с использованием первой теоремы двойственности.
9. Проведение экономического анализа решений пары двойственных задач на основе второй и третьей теорем двойственности.

#### **Формы контроля самостоятельной работы обучающихся:**

проверка ответов на вопросы самоподготовки.

### ***Тема 2. Транспортная задача линейного программирования***

#### **Перечень изучаемых элементов содержания учебной дисциплины:**

Общая постановка транспортной задачи. Открытая и закрытая ТЗ. Метод северо-западного угла. Метод наименьшей стоимости. Определение первоначального распределения поставок в вырожденном случае. Проверка оптимальности базисного распределения поставок. Улучшение неоптимального плана перевозок. Алгоритм распределительного метода.

### **Вопросы для самоподготовки**

1. Составление начального опорного плана.
2. Решение транспортной задачи методом потенциалов.
3. Решение открытой модели транспортной задачи.

### **Формы контроля самостоятельной работы обучающихся:**

проверка ответов на вопросы самоподготовки.

### ***Тема 3. Целочисленное программирование и дискретная оптимизация***

#### **Перечень изучаемых элементов содержания учебной дисциплины:**

Целочисленные переменные в задачах экономического планирования. Общая задача целочисленного программирования, общая задача целочисленного ЛП, задача частично-целочисленного программирования. Геометрическая интерпретация задачи целочисленного программирования. Алгоритм Гомори. Метод ветвей и границ. Задача о назначениях.

### **Вопросы для самоподготовки**

1. Формулировка задачи целочисленного программирования.
2. Графический метод решения задачи целочисленного программирования.
3. Прогнозирование эффективного использования производственных площадей.
4. Метод Гомори.

### **Формы контроля самостоятельной работы обучающихся:**

*проверка ответов на вопросы самоподготовки.*

### ***Тема 4. Нелинейные задачи оптимизации***

#### **Перечень изучаемых элементов содержания учебной дисциплины:**

Общая постановка задач конечномерной оптимизации. Выпуклые множества и их свойства. Экономическая и геометрическая интерпретации. Теорема Вейерштрасса и следствие из неё. Метод множителей Лагранжа в гладких экстремальных задачах с ограничениями типа равенств и неравенств. Задачи выпуклого программирования. Теорема Куна-Таккера. Схемы численных методов оптимизации: градиентный метод с постоянным шагом, метод скорейшего спуска, метод Ньютона, метод проекции градиента.

### **Вопросы для самоподготовки**

1. Общая постановка задачи нелинейного программирования.
2. Графический метод решения задачи нелинейного программирования.
3. Задача с линейной (нелинейной) целевой функцией и нелинейной (линейной) системой ограничений.
4. Дробно-линейное программирование. Постановка задачи и алгоритм ее решения.
5. Экономическая интерпретация задач дробно-линейного программирования.

6. Применение дробно-линейного программирования для определения себестоимости изделий.

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

8. Метод множителей Лагранжа. Постановка задачи. Расчет экономико-математической модели при нелинейных реализациях продукции.

**Формы контроля самостоятельной работы обучающихся:** проверка ответов на вопросы самоподготовки.

### ***Тема 5. Математическая теория оптимального управления. Динамическое программирование***

#### **Перечень изучаемых элементов содержания учебной дисциплины:**

Постановка задач оптимального управления. Принцип максимума для дискретных линейных задач оптимального управления. Методы нелинейного программирования в задачах оптимального управления. Динамическое программирование. Математическая теория оптимального управления. Принцип оптимальности Р. Беллмана. Рекуррентные соотношения Беллмана. Численные методы расчета оптимальных программ. Схемы динамического программирования в задачах оптимального управления.

#### **Вопросы для самоподготовки**

1. Постановка задачи динамического программирования.
2. Уравнения Беллмана.
3. Экономические задачи, решаемые методами динамического программирования.
4. Оптимальная стратегия замены оборудования.
5. Задача оптимального распределения ресурсов.
6. Распределение инвестиций для эффективного использования потенциала предприятия.
7. Минимизация затрат на строительство и эксплуатацию предприятий.
8. Нахождение рациональных затрат при строительстве трубопроводов и транспортных артерий.

#### **Формы контроля самостоятельной работы обучающихся:**

проверка ответов на вопросы самоподготовки.

### ***Тема 6. Элементы теории игр***

#### **Перечень изучаемых элементов содержания учебной дисциплины:**

Игра как модель конфликтной ситуации. Платежная матрица. Игра с седловой точкой. Решение игры графическим способом. Приведение матричной игры  $m \times n$  к паре двойственных задач. Упрощение и графическое решение игр. Игры в условиях риска. Понятие

игры «с природой». Критерии принятия решений в условиях неопределенности как один из приемов разработки управляющих решений.

**Вопросы для самоподготовки**

1. Составление платежных матриц.
2. Решение игры с седловой точкой.
3. Решение игры графическим способом.
4. Решение игры симплекс-методом.
5. Решение игры с применением упрощения платежной матрицы.
6. Решение «игр с природой». Принятие решений в ситуации неопределенности.

**Формы контроля самостоятельной работы обучающихся:**

проверка ответов на вопросы самоподготовки.

**5. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине**

***5.1. Форма промежуточной аттестации обучающегося по учебной дисциплине.***

Контрольными мероприятиями промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине является зачет (очная форма, очно-заочная, заочная форма – 5 семестр) и экзамен (очная форма, очно-заочная, заочная форма – 6 семестр) которые проводятся в устной форме.

| Код компетенции | Содержание компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                  | Компоненты компетенции, степень их освоения                                                   | Индикаторы достижения профессиональных компетенций                                                                                                                                                                                                    | Результаты обучения                                                                                                                                                                                             |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3            | Способен выявлять, регистрировать, анализировать и классифицировать риски, разрабатывать комплекс мероприятий по их минимизации и оформлять результаты бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами | Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, компетенция реализуется частично | ПК-3.1. Владеет навыками сбора и оценки рисков<br>ПК-3.2. Владеет навыками разработки комплекс мероприятий по минимизации рисков<br>ПК-3.3. Способен оформлять результаты бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами по минимизации рисков. | Знать: основные математические методы в экономике<br><br>Уметь: использовать математические методы в экономике<br><br>Владеть: навыками использования математических методов для решения профессиональных задач |

**5.2. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.**

**5.3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

| Код компетенции | Этапы формирования компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Инструмент, оценивающий сформированность компетенции*                          | Показатель оценивания компетенции                                                                                    |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3            | Этап формирования знаниевой основы компетенций (этап формирования содержательно-теоретического базиса компетенции)<br>Лекционные по темам:<br>Тема 1. Линейное программирование<br>Тема 2. Транспортная задача линейного программирования<br>Тема 3. Целочисленное программирование и дискретная оптимизация<br>Тема 4. Нелинейные задачи оптимизации | Реферат/ Доклад*<br>Практическое задание*<br>Тестирование*<br>Зачет с оценкой* | А) полностью сформирована - 5 баллов<br>Б) частично сформирована - 3-4 балла<br>С) не сформирована- 2 и менее баллов |

|  |                                                                                                                        |  |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  | Тема 5. Математическая теория оптимального управления.<br>Динамическое программирование<br>Тема 6. Элементы теории игр |  |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

\*Характеристики инструментов (средств), оценивающих сформированность компетенций:

**Реферат** – продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. В реферате должна быть раскрыта тема, структура должна соответствовать теме и быть отражена в оглавлении, размер работы – 10-15 стр. печатного текста (список литературы и приложения в объем не входят), снабженного сносками и списком использованной литературы. Текстовая часть работы состоит из введения, основной части и заключения. Во введении обучающийся кратко обосновывает актуальность избранной темы реферата, раскрывает цель и задачи, которые он собирается решить в ходе своего небольшого исследования. В основной части (может состоять из 2-3 параграфов) подробно раскрывается содержание вопросов темы. В заключении должны быть кратко сформулированы полученные результаты исследования, приведены обобщающие выводы. Заключение может включать предложения автора, в том числе и по дальнейшему изучению заинтересовавшей его проблемы. В список литературы обучающийся включает только те издания, которые он использовал при написании реферата (не менее 5-7). В тексте обязательны ссылки на использованную литературу, оформленные в соответствии с ГОСТом. В приложении к реферату могут выноситься таблицы, графики, схемы и другие вспомогательные материалы, на которые имеются ссылки в тексте реферата. Критерии оценки реферата: 1) Степень раскрытия сущности вопроса: а) соответствие плана теме реферата; б) соответствие содержания теме и плану реферата; в) полнота проанализированного материала по теме; умение работать с отечественными и зарубежными научными исследованиями, критической литературой, периодикой, систематизировать и структурировать материал; г) обоснованность способов и методов работы с материалом, адекватное и правомерное использование методов классификации, сравнения и др.; е) умение обобщать, делать выводы, сопоставлять различные точки зрения по одному вопросу (проблеме). 2) Оригинальность текста: а) самостоятельность в постановке проблемы, формулирование нового аспекта известной проблемы в установлении новых связей (межпредметных, внутрипредметных, интеграционных); б) явленность авторской позиции, самостоятельность оценок и суждений; д) стилевое единство текста, единство жанровых черт. 3) Обоснованность выбора источников: а)

оценка использованной литературы: привлечены ли наиболее известные работы по теме исследования (в т.ч. журнальные публикации последних лет, последние статистические данные, сводки, справки и т.д.). 4) Соблюдение требований к оформлению: а) насколько верно оформлены ссылки на используемую литературу, список литературы. б) оценка грамотности и культуры изложения (в т.ч. орфографической, пунктуационной, стилистической культуры), владение терминологией; в) соблюдение требований к объёму реферата.

**Доклад** – продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы. Доклад – это научное сообщение на семинарском занятии, заседании научного кружка или учебно-теоретической конференции. Критерии оценки доклада: соответствие содержания заявленной теме; актуальность, новизна и значимость темы; аргументированность, полнота, структурированность и логичность изложения; свободное владение материалом: последовательность, умение вести дискуссию, правильно отвечать на вопросы; самостоятельность, степень оригинальности предложенных решений, иллюстративности, обобщений и выводов; наличие собственного отношения автора к рассматриваемой проблеме/теме (насколько точно и аргументировано выражено отношение автора к теме доклада); представление материала: качество презентации, оформления; культура речи, ораторское мастерство (соблюдение норм литературного языка, правильное произношение слов и фраз, оптимальный темп речи; умение правильно расставлять акценты; умение говорить достаточно громко, четко и убедительно); использование профессиональной терминологии (оценка того, насколько полно отражены в выступлении обучающегося профессиональные термины и общекультурные понятия по теме, а также насколько уверенно выступающий ими владеет); выдержанность регламента.

**Практическое задание** – это частично регламентированное задание, имеющее алгоритмическое или нестандартное решение, позволяющее диагностировать умения интегрировать знания различных научных областей, аргументировать собственную точку зрения, доказывать правильность своей позиции. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

**Тестирование** – это контрольное мероприятие по учебному материалу, состоящее в выполнении обучающимися системы стандартизированных заданий, которая позволяет автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. Тестирование включает в себя следующие типы заданий: задание с единственным выбором ответа из предложенных вариантов, задание на определение верных и неверных суждений; задание с множественным выбором ответов. Критерии оценки: от 90% до 100% правильно выполненных

заданий – отлично; от 70% до 89% правильно выполненных заданий - хорошо; от 50% до 69% правильно выполненных заданий – удовлетворительно; от 0 до 49 % правильно выполненных заданий – не удовлетворительно.

**Зачет, экзамен** – контрольные мероприятия, которые проводятся по учебной дисциплине в виде, предусмотренном учебным планом, по окончании изучения курса. Занятие аудиторное, проводится в устной или письменной форме с использованием фондов оценочных средств по учебной дисциплине.

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

**Текущая аттестация:**

**Темы докладов /рефератов**

1. Общая постановка и классификация задач оптимизации.
2. Примеры задач линейного программирования в экономике.
3. Постановка и формы записи задачи ЛП.
4. Геометрическая интерпретация задачи ЛП (постановка задачи, алгоритм решения, пример).
5. Симплекс метод (алгоритм метода, пример)
6. Метод искусственного базиса (алгоритм выбора начального базиса, пример).
7. Двойственные задачи ЛП (определения, пример).
8. Основное неравенство теории двойственности. Теорема о существовании прямого и двойственного решений, теорема о дополняющей нежесткости. Примеры использования теорем двойственности для построения оптимального решения задачи ЛП.
9. Экономическая интерпретация двойственной задачи. Третья теорема двойственности (об оценках). Пример использования объективно обусловленных оценок для принятия оптимальных решений.
10. Транспортная задача. Общая постановка. Открытая и закрытая ТЗ.
11. Метод северо-западного угла (алгоритм метода, пример).
12. Метод наименьшей стоимости (алгоритм метода, пример).
13. Метод потенциалов
14. Теория игр. Предмет теории игр. Примеры.
15. Матричная игра.
16. Критерий разрешимости игры в чистых стратегиях.

17. Нижняя цена игры.
18. Верхняя цена игры.
19. Смешанные стратегии игрока.
20. Теорема фон Неймана.
21. Граф. Способы задания графов.
22. Разрез.
23. Поток.
24. Задача о максимальном потоке (формулировка).
25. Теорема Форда-Фалкерсона.
26. Гамильтонов контур.
27. Нижняя граница в методе ветвей и границ.
28. Метод множителей Лагранжа (теорема о необходимых условиях локального минимума, комментарии к теореме). Теорема Вейерштрасса и следствие из неё. Пример применения метода множителей Лагранжа для решения нелинейной задачи оптимизации.
29. Динамическое программирование. Принцип оптимальности Р. Беллмана. Рекуррентные соотношения Беллмана. Численные методы расчета оптимальных программ.
30. Схемы динамического программирования в задачах оптимального управления.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1**

### **Решение задачи линейного программирования**

**Поиск решения** - это надстройка Calc, которая позволяет решать оптимизационные задачи. Поиск решения располагается во вкладке «Данные», раздел «Анализ».

**Для решения задачи необходимо:**

1. Создать форму для ввода условий задачи.
2. Указать адреса ячеек, в которые будет помещен результат решения (изменяемые ячейки).
3. Ввести исходные данные.
4. Ввести зависимость для целевой функции.
5. Ввести зависимости для ограничений.
6. Указать назначение целевой функции (установить целевую ячейку).
7. Ввести ограничения.
8. Ввести параметры для решения задачи линейного программирования.

Рассмотрим на задачу линейного программирования на примере «**Задачи оптимального использования ресурсов**»

Фабрика имеет в своем распоряжении определенное количество ресурсов: рабочую силу, деньги, сырье, оборудование, производственные площади и т. п. Ресурсы трех видов: рабочая сила, сырье и оборудование - имеются в количестве соответственно 80 (чел/дней), 480 (кг) и 130 (станков/ч). Фабрика может выпускать изделия четырех видов. Информация о количестве единиц каждого ресурса, необходимых для производства изделий каждого вида, и доходах, получаемых предприятием от единицы каждого вида товаров, приведена в нижеследующей таблице.

| Ресурсы        | Нормы расхода ресурсов на единицу изделия |           |           |           | Наличие ресурсов |
|----------------|-------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|
|                | Изделие 1                                 | Изделие 2 | Изделие 3 | Изделие 4 |                  |
| Трудовые       | 7                                         | 2         | 2         | 6         | 80               |
| Сырьевые       | 5                                         | 8         | 4         | 3         | 480              |
| Оборудование   | 2                                         | 4         | 1         | 8         | 130              |
| Цена (тыс.руб) | 3                                         | 4         | 3         | 1         | -                |

Требуется найти такой план выпуска продукции, при котором будет максимальной общая стоимость продукции.

Обозначим через  $X_1, X_2, X_3, X_4$  количество изделий каждого типа.

*Экономико-математическая модель задачи.*

**Целевая функция** - это выражение, которое необходимо максимизировать:

$$F(X) = 3X_1 + 4X_2 + 3X_3 + X_4 \rightarrow \max$$

**Ограничения по ресурсам:**

$$7X_1 + 2X_2 + 2X_3 + 6X_4 \leq 80$$

$$5X_1 + 8X_2 + 4X_3 + 3X_4 \leq 480$$

$$2X_1 + 4X_2 + X_3 + 8X_4 \leq 130$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0$$

1. Для задачи подготовим форму для ввода условий.

|    | A                            | B           | C  | D  | E  | F               | G    | H            |
|----|------------------------------|-------------|----|----|----|-----------------|------|--------------|
| 1  |                              | ПЕРЕМЕННЫЕ  |    |    |    |                 |      |              |
| 2  |                              | X1          | X2 | X3 | X4 |                 |      |              |
| 3  | Значение                     |             |    |    |    | Целевая функция |      |              |
| 4  | Коэффициенты целевой функции |             |    |    |    |                 |      |              |
| 5  |                              | ОГРАНИЧЕНИЯ |    |    |    |                 |      |              |
| 6  | Виды ресурсов                |             |    |    |    | Левая часть     | Знак | Правая часть |
| 7  | Трудовые                     |             |    |    |    |                 |      |              |
| 8  | Сырьевые                     |             |    |    |    |                 |      |              |
| 9  | Оборудование                 |             |    |    |    |                 |      |              |
| 10 |                              |             |    |    |    |                 |      |              |

2. В нашей задаче оптимальные значения вектора  $X = (X_1, X_2, X_3, X_4)$  будут помещены в ячейках B3:E3, оптимальное значение целевой функции - в ячейке F4.

3 Введем исходные данные в созданную форму. Получим результат:

|    | A                            | B           | C  | D  | E  | F               | G    | H            |
|----|------------------------------|-------------|----|----|----|-----------------|------|--------------|
| 1  |                              | ПЕРЕМЕННЫЕ  |    |    |    |                 |      |              |
| 2  |                              | X1          | X2 | X3 | X4 |                 |      |              |
| 3  | Значение                     |             |    |    |    | Целевая функция |      |              |
| 4  | Коэффициенты целевой функции | 3           | 4  | 3  | 1  |                 |      |              |
| 5  |                              | ОГРАНИЧЕНИЯ |    |    |    |                 |      |              |
| 6  | Виды ресурсов                |             |    |    |    | Левая часть     | Знак | Правая часть |
| 7  | Трудовые                     | 7           | 2  | 2  | 6  |                 | ≤    | 80           |
| 8  | Сырьевые                     | 5           | 8  | 4  | 3  |                 | ≤    | 480          |
| 9  | Оборудование                 | 2           | 4  | 1  | 8  |                 | ≤    | 130          |
| 10 |                              |             |    |    |    |                 |      |              |

4. В ячейку F4 ввести формулу: =СУММПРОИЗВ(B\$3:E\$3;B4:E4)  
скопировать формулу из F4 в F7, F8, F9

|    |                              |                                 |    |    |    |                 |      |              |
|----|------------------------------|---------------------------------|----|----|----|-----------------|------|--------------|
| F9 |                              | fx =СУММПРОИЗВ(B\$3:E\$3;B9:E9) |    |    |    |                 |      |              |
|    | A                            | B                               | C  | D  | E  | F               | G    | H            |
| 1  |                              | ПЕРЕМЕННЫЕ                      |    |    |    |                 |      |              |
| 2  |                              | X1                              | X2 | X3 | X4 |                 |      |              |
| 3  | Значение                     |                                 |    |    |    | Целевая функция |      |              |
| 4  | Коэффициенты целевой функции | 3                               | 4  | 3  | 1  | 0               |      |              |
| 5  | ОГРАНИЧЕНИЯ                  |                                 |    |    |    |                 |      |              |
| 6  | Виды ресурсов                |                                 |    |    |    | Левая часть     | Знак | Правая часть |
| 7  | Трудовые                     | 7                               | 2  | 2  | 6  | 0               | ≤    | 80           |
| 8  | Сырьевые                     | 5                               | 8  | 4  | 3  | 0               | ≤    | 480          |
| 9  | Оборудование                 | 2                               | 4  | 1  | 8  | 0               | ≤    | 130          |
| 10 |                              |                                 |    |    |    |                 |      |              |

После выбора команд **Поиск решения** (**Данные** → **Анализ** → **Поиск решения**) появится диалоговое окно **Поиск решения**.

5. В диалоговом окне **Поиск решения** три основных параметра:

- Установить целевую ячейку
- Изменяя ячейки
- Ограничения

Сначала нужно заполнить поле «Установить целевую ячейку». Во всех задачах для средства Поиск решения оптимизируется результат в одной из ячеек рабочего листа. Целевая ячейка связана с другими ячейками этого рабочего листа с помощью формул. Средство **Поиск решения** использует формулы, которые дают результат в целевой ячейке, для проверки возможных решений. Можно выбрать поиск наименьшего или наибольшего значения для целевой ячейки или же установить конкретное значение.

Второй важный параметр средства **Поиск решения** - это параметр **Изменяя ячейки**. **Изменяемые ячейки** - это те ячейки, значения в которых будут изменяться для того, чтобы оптимизировать результат в целевой ячейке. Для поиска решения можно указать до 200 изменяемых ячеек.

К изменяемым ячейкам предъявляется два основных требования: они не должны содержать формул, и изменение их значений должно отражаться на изменении результата в целевой ячейке. Другими словами, целевая ячейка зависима от изменяемых ячеек.

Третий параметр, который нужно вводить для **Поиска решения** - это **Ограничения**.

6. Назначение целевой функции (**установить целевую ячейку**).

- Курсор в поле «Установить целевую ячейку».

- Ввести адрес \$F\$4.
- Ввести направление целевой функции: Максимальному значению.

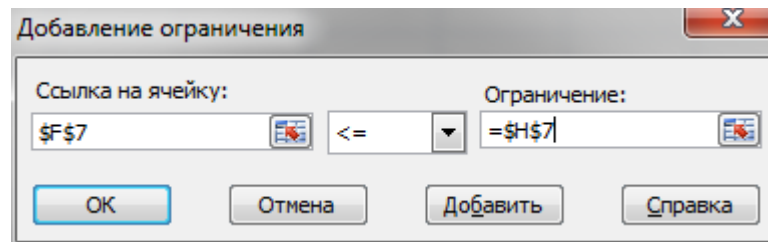
**Ввести адреса искомых переменных:**

- Курсор в поле «Изменяя ячейки».
- Ввести адреса B\$3:E\$3.

7. Ввод ограничений.

Нажать кнопку «**Добавить**». Появится диалоговое окно **Добавление ограничения**.

В поле «Ссылка на ячейку» ввести адрес \$F\$7.



- Ввести знак ограничения <=.
- Курсор в окно **Ограничение:**.
- Ввести адрес \$H\$7.
- Нажать кнопку **Добавить**. На экране появится диалоговое окно **Добавление ограничения**.
- По аналогии ввести остальные ограничения.
- После ввода последнего ограничения ввести ОК.

На экране появится диалоговое окно Поиск решения с введенными условиями.

|   | A                            | B           | C  | D  | E  | F               | G    | H            |
|---|------------------------------|-------------|----|----|----|-----------------|------|--------------|
| 1 |                              | ПЕРЕМЕННЫЕ  |    |    |    |                 |      |              |
| 2 |                              | X1          | X2 | X3 | X4 |                 |      |              |
| 3 | Значение                     |             |    |    |    | Целевая функция |      |              |
| 4 | Коэффициенты целевой функции | 3           | 4  | 3  | 1  |                 |      |              |
| 5 |                              | ОГРАНИЧЕНИЯ |    |    |    |                 |      |              |
| 6 | Виды ресурсов                |             |    |    |    | Левая часть     | Знак | Правая часть |
| 7 | Трудовые                     | 7           | 2  | 2  | 6  | 0               | ≤    | 80           |
| 8 | Сырьевые                     | 5           | 8  | 4  | 3  | 0               | ≤    | 480          |
| 9 | Оборудование                 | 2           | 4  | 1  | 8  | 0               | ≤    | 130          |

Поиск решения

Установить целевую ячейку: 

Выполнить

Равной: ☒ максимальному значению ☐ значению: 

Закреть

☐ минимальному значению

Изменяя ячейки: 

Предположить

Ограничения:
 

Добавить

Изменить

Удалить

Параметры

Восстановить

Справка

8. Ввод параметров для решения задачи линейного программирования.

Открыть окно Параметры поиска решения, нажав кнопку «Параметры».

Параметры поиска решения

Максимальное время:  секунд

OK

Отмена

Предельное число итераций:

Загрузить модель...

Относительная погрешность:

Сохранить модель...

Допустимое отклонение:  %

Справка

Сходимость:

☒ Линейная модель
 ☐ Автоматическое масштабирование

☒ Неотрицательные значения
 ☐ Показывать результаты итераций

Оценки
 

☒ линейная
 ☐ квадратичная

Разности
 

☒ прямые
 ☐ центральные

Метод поиска
 

☒ Ньютона
 ☐ сопряженных градиентов

Установить флажок **Линейная модель**, что обеспечивает применение симплекс-метода.

Установить флажок **Неотрицательные значения**.

Нажать кнопку **«ОК»**. (На экране отобразится диалоговое окно **«Поиск решения»**).

Нажать кнопку **«Выполнить»**.

|    |                              |             |    |                              |    |                 |      |              |
|----|------------------------------|-------------|----|------------------------------|----|-----------------|------|--------------|
| F9 |                              | fx          |    | =СУММПРОИЗВ(B\$3:E\$3;B9:E9) |    |                 |      |              |
|    | A                            | B           | C  | D                            | E  | F               | G    | H            |
| 1  |                              | ПЕРЕМЕННЫЕ  |    |                              |    |                 |      |              |
| 2  |                              | X1          | X2 | X3                           | X4 |                 |      |              |
| 3  | Значение                     | 0           | 30 | 10                           | 0  | Целевая функция |      |              |
| 4  | Коэффициенты целевой функции | 3           | 4  | 3                            | 1  | 150             |      |              |
| 5  |                              | ОГРАНИЧЕНИЯ |    |                              |    |                 |      |              |
| 6  | Виды ресурсов                |             |    |                              |    | Левая часть     | Знак | Правая часть |
| 7  | Трудовые                     | 7           | 2  | 2                            | 6  | 80              | ≤    | 80           |
| 8  | Сырьевые                     | 5           | 8  | 4                            | 3  | 280             | ≤    | 480          |
| 9  | Оборудование                 | 2           | 4  | 1                            | 8  | 130             | ≤    | 130          |
| 10 |                              |             |    |                              |    |                 |      |              |
| 11 |                              |             |    |                              |    |                 |      |              |
| 12 |                              |             |    |                              |    |                 |      |              |
| 13 |                              |             |    |                              |    |                 |      |              |
| 14 |                              |             |    |                              |    |                 |      |              |
| 15 |                              |             |    |                              |    |                 |      |              |
| 16 |                              |             |    |                              |    |                 |      |              |
| 17 |                              |             |    |                              |    |                 |      |              |
| 18 |                              |             |    |                              |    |                 |      |              |
| 19 |                              |             |    |                              |    |                 |      |              |

Результаты поиска решения

Решение найдено. Все ограничения и условия оптимальности выполнены.

Тип отчета

☒ Сохранить найденное решение

☐ Восстановить исходные значения

ОК Отмена Сохранить сценарий... Справка

Результаты  
Устойчивость  
Пределы

Полученное решение означает, что **максимальный доход 150 тыс. руб.** фабрика может получить при выпуске **30 изделий второго вида и 10 изделий третьего вида**. При этом **трудовые ресурсы и оборудование будут использованы полностью, а из 480 (сырьевых) будет использовано 280.**

### ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ:

Используя **«Поиск решения»**, решить задачу оптимального использования ресурсов по максимуму от общей стоимости. Ресурсы сырья, норма его расхода на единицу продукции и цена продукции заданы в соответствующей таблице.

### ТРЕБУЕТСЯ ОПРЕДЕЛИТЬ:

1. План выпуска продукции из условия максимизации ее стоимости.
2. Ценность каждого ресурса и его приоритет при решении задачи увеличения запаса ресурсов.

3. Суммарную стоимостную оценку ресурсов, используемых при производстве единицы каждого изделия. Выпуск какой продукции нерентабелен?
4. На сколько уменьшится совокупная стоимость выпускаемой продукции при принудительном выпуске единицы нерентабельной продукции?
5. На сколько можно снизить запас каждого из ресурсов, чтобы это не привело к уменьшению прибыли.
6. Интервалы изменения цен на каждый вид продукции, при которых сохраняется структура оптимального плана.
7. На сколько нужно снизить затраты каждого вида сырья на единицу продукции, чтобы сделать производство нерентабельного изделия рентабельным?

**Кроме того, в каждом варианте необходимо выполнить еще два пункта задания.**

### **Вариант 1**

Для изготовления четырех видов продукции используют три вида сырья. Запасы сырья, нормы его расхода и прибыль от реализации каждого продукта приведены в таблице.

| Тип сырья           | Нормы расхода сырья на одно изделие |   |    |    | Запасы сырья |
|---------------------|-------------------------------------|---|----|----|--------------|
|                     | А                                   | Б | В  | Г  |              |
| <b>I</b>            | 1                                   | 2 | 1  | 0  | 18           |
| <b>II</b>           | 1                                   | 1 | 2  | 1  | 30           |
| <b>III</b>          | 1                                   | 3 | 3  | 2  | 40           |
| <b>Цена изделия</b> | 12                                  | 7 | 18 | 10 |              |

8. Как изменяется общая стоимость продукции и план ее выпуска при увеличении запасов сырья I и II вида на 4 и 3 ед. соответственно и уменьшении на 3 ед. сырья III вида?
9. Целесообразно ли включать в план изделие Д ценой 10 ед. на изготовление которого расходуется по 2 ед. каждого вида сырья?

### **Вариант 2**

Для изготовления четырех видов продукции используют три вида сырья. Запасы сырья, нормы его расхода и цена каждого продукта приведены в таблице.

| Тип сырья | Нормы расхода сырья на одно изделие |   |   |   | Запасы сырья |
|-----------|-------------------------------------|---|---|---|--------------|
|           | А                                   | Б | В | Г |              |
| <b>I</b>  | 1                                   | 0 | 2 | 1 | 180          |
| <b>II</b> | 0                                   | 1 | 3 | 2 | 210          |

|              |   |   |   |   |     |
|--------------|---|---|---|---|-----|
| III          | 4 | 2 | 0 | 4 | 800 |
| Цена изделия | 9 | 6 | 4 | 7 |     |

8. Как изменяется общая стоимость продукции и план ее выпуска при увеличении запасов сырья I и II вида на 120 и 160 ед. соответственно и одновременном уменьшении на 60 ед. запасов сырья I вида?

9. Целесообразно ли включать в план изделие Д ценой 12 ед., на изготовление которого расходуется по 2 ед. каждого вида сырья?

### Вариант 3

Для изготовления трех видов продукции используют три вида сырья. Запасы сырья, нормы его расхода и цена каждого продукта приведены в таблице.

| Тип сырья    | Нормы расхода сырья на одно изделие |    |    | Запасы сырья |
|--------------|-------------------------------------|----|----|--------------|
|              | A                                   | Б  | В  |              |
| I            | 4                                   | 2  | 1  | 180          |
| II           | 3                                   | 1  | 3  | 210          |
| III          | 1                                   | 2  | 5  | 244          |
| Цена изделия | 10                                  | 14 | 12 |              |

8. Как изменится общая стоимость продукции и план ее выпуска при увеличении запасов сырья I и II вида на 4 ед. каждого?

9. Целесообразно ли включать в план изделие Г ценой 13 ед., на изготовление которого расходуется соответственно 1, 3 и 2 ед. каждого вида сырья, и изделие Д ценой 12 ед., на изготовление которого расходуется по 2 ед. каждого вида сырья?

### Вариант 4

Для изготовления четырех видов продукции используют три вида сырья. Запасы сырья, нормы его расхода и цена каждого продукта приведены в таблице.

| Тип сырья | Нормы расхода сырья на одно изделие |   |   |   | Запасы сырья |
|-----------|-------------------------------------|---|---|---|--------------|
|           | A                                   | Б | В | Г |              |
| 1         | 2                                   | 1 | 3 | 2 | 200          |
| II        | 1                                   | 2 | 4 | 8 | 160          |
| III       | 2                                   | 4 | 1 | 1 | 170          |
| Цена      | 5                                   | 7 | 3 | 8 |              |

|         |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|
| изделия |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|

8. Как изменится общая стоимость продукции и план выпуска при увеличении запасов сырья I и II вида на 8 и 10 ед соответственно и одновременном уменьшении на 5 ед. запасов сырья III вида?

9. Целесообразно ли включать в план изделие Д ценой 10 ед, на изготовление которого расходуется по 2 ед. каждого вида сырья?

### Вариант 5

На основании информации, приведенной в таблице, была решена задача оптимального использования ресурсов на максимум общей стоимости.

| Ресурсы      | Нормы затрат ресурсов на единицу продукции |        |         | Запасы ресурсов |
|--------------|--------------------------------------------|--------|---------|-----------------|
|              | I вид                                      | II вид | III вид |                 |
| Труд         | 1                                          | 4      | 3       | 200             |
| Сырье        | 1                                          | 1      | 2       | 80              |
| Оборудование | 1                                          | 1      | 2       | 140             |
| Цена изделия | 40                                         | 60     | 80      |                 |

8. Как изменится общая стоимость продукции и план ее выпуска при увеличении запасов сырья на 18 ед?

9. Целесообразно ли включать в план изделия IV вида, на изготовление которого расходуется по 2 ед каждого вида ресурсов ценой 70 ед?

### Вариант 6

На предприятии выпекается три вида изделий и используется при этом три вида сырья

| Сырье        | Нормы затрат ресурсов на единицу продукции |    |    | Запасы сырья |
|--------------|--------------------------------------------|----|----|--------------|
|              | A                                          | B  | B  |              |
| I            | 18                                         | 15 | 12 | 160          |
| II           | 6                                          | 4  | 8  | 192          |
| III          | 5                                          | 3  | 3  | 180          |
| Цена изделия | 9                                          | 10 | 16 |              |

8. Как изменится общая стоимость выпускаемой продукции и план ее выпуска, если запас сырья I вида увеличить на 45 кг, а II вида - уменьшить на 9 кг?

9. Целесообразно ли выпускать изделие Г ценой 11 ед., если нормы затрат сырья составляют 9, 4 и 6 кг?

### Вариант 7

Для изготовления трех видов продукции используют четыре вида ресурсов. Запасы ресурсов, нормы и цена каждого продукта приведены в таблице.

| Ресурсы      | Нормы затрат ресурсов на единицу продукции |        |         | Запасы ресурсов |
|--------------|--------------------------------------------|--------|---------|-----------------|
|              | I вид                                      | II вид | III вид |                 |
| Труд         | 3                                          | 6      | 4       | 2000            |
| Сырье I      | 20                                         | 15     | 20      | 15000           |
| Сырье II     | 10                                         | 15     | 20      | 7400            |
| Оборудование | 0                                          | 3      | 5       | 1500            |
| Цена изделия | 6                                          | 10     | 9       |                 |

8. Как изменится общая стоимость выпускаемой продукции и план ее выпуска, если запас сырья I вида увеличить на 24 кг?

9. Целесообразно ли выпускать изделие IV вида ценой 11 ед., если нормы затрат ресурсов составляют 8, 4, 20 и 6 ед.?

### Вариант 8

Предприятие выпускает четыре вида продукции и использует три типа основного оборудования: токарное, фрезерное, шлифовальное. Затраты на изготовление единицы продукции приведены в таблице; там же указан общий фонд рабочего времени, а также цена изделия каждого вида.

| Тип оборудования | Нормы затрат ресурсов на единицу продукции |   |   |   | Общий фонд раб времени |
|------------------|--------------------------------------------|---|---|---|------------------------|
|                  | A                                          | B | B | Г |                        |
| Токарное         | 2                                          | 1 | 1 | 3 | 300                    |
| Фрезерное        | 1                                          | 0 | 2 | 1 | 70                     |
| Шлифовально      | 1                                          | 2 | 1 | 0 | 340                    |

|              |   |   |   |   |  |
|--------------|---|---|---|---|--|
| е            |   |   |   |   |  |
| Цена изделия | 8 | 3 | 2 | 1 |  |

8. Как изменится общая стоимость выпускаемой продукции и план ее выпуска, если фонд времени шлифовального оборудования увеличить на 24 ч?

9. Целесообразно ли выпускать изделие Д ценой 11 ед., если нормы затрат оборудования составляют 8, 2 и 2 ед.?

### Вариант 9

На предприятии выпускается три вида изделий, используется при этом три вида сырья.

| Тип сырья    | Нормы расхода сырья на одно изделие |   |   | Запасы сырья, кг |
|--------------|-------------------------------------|---|---|------------------|
|              | А                                   | Б | В |                  |
| I            | 1                                   | 2 | 1 | 430              |
| II           | 3                                   | 0 | 2 | 460              |
| III          | 1                                   | 4 | 0 | 420              |
| Цена изделия | 3                                   | 2 | 5 |                  |

8. Как изменится общая стоимость выпускаемой продукции и план ее выпуска, если запас сырья I вида увеличить на 80 кг, а II вида - уменьшить на 10 кг?

9. Целесообразно ли выпускать изделие Г ценой 7 ед., если нормы затрат сырья составляют 2, 4 и 3 кг?

### Вариант 0

Для изготовления четырех видов продукции используют три вида сырья. Запасы сырья, нормы его расхода и цена каждого продукта приведены в таблице.

| Тип сырья    | Нормы расхода сырья на одно изделие |   |     |    | Запасы сырья |
|--------------|-------------------------------------|---|-----|----|--------------|
|              | А                                   | Б | В   | Г  |              |
| I            | 2                                   | 1 | 0,5 | 4  | 2400         |
| II           | 1                                   | 5 | 3   | 0  | 1200         |
| III          | 3                                   | 0 | 6   | 1  | 3000         |
| Цена изделия | 7,5                                 | 3 | 6   | 12 |              |

8. Как изменится общая стоимость выпускаемой продукции и план ее выпуска, если запас сырья I вида увеличить на 100 кг, а II вида - уменьшить на 150 кг?

9. Целесообразно ли выпускать изделие Д ценой 10 ед., если нормы затрат сырья 2, 4 и 3 кг?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

### Транспортная задача

Исходные данные транспортной задачи приведены схематически: внутри прямоугольника заданы удельные транспортные затраты на перевозку единицы груза ( $c_{ij}$ ), слева указаны мощности поставщиков ( $a_i$ ), а сверху - мощности потребителей ( $b_j$ ). Найти оптимальный план закрепления поставщиков за потребителями ( $x_{ij}$ ).

| Мощности поставщиков | Мощности потребителей |     |     |    |
|----------------------|-----------------------|-----|-----|----|
|                      | 250                   | 100 | 150 | 50 |
| 80                   | 6                     | 6   | 1   | 4  |
| 320                  | 8                     | 30  | 6   | 5  |
| 100                  | 5                     | 4   | 3   | 30 |
| 50                   | 9                     | 9   | 9   | 9  |

В данной задаче суммарные запасы равны суммарным потребностям, т.е.

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j = 550$$

Транспортная задача, в которой суммарные запасы и потребности совпадают, является закрытой.

**Ввод условий задачи состоит из следующих основных шагов:**

1. Создание формы для ввода условий задачи.
2. Ввод исходных данных.
3. Ввод зависимостей из математической модели.
4. Назначение целевой функции.
5. Ввод ограничений и граничных условий.

|    | A                                            | B   | C   | D   | E  |
|----|----------------------------------------------|-----|-----|-----|----|
| 1  |                                              |     |     |     |    |
| 2  | <b>Исходные данные</b>                       |     |     |     |    |
| 3  |                                              | 250 | 100 | 150 | 50 |
| 4  | 80                                           | 6   | 6   | 1   | 4  |
| 5  | 320                                          | 8   | 30  | 6   | 5  |
| 6  | 100                                          | 5   | 4   | 3   | 30 |
| 7  | 50                                           | 9   | 9   | 9   | 9  |
| 8  |                                              |     |     |     |    |
| 9  | <b>Матрица перевозок (изменяемые ячейки)</b> |     |     |     |    |
| 10 |                                              | 1   | 1   | 1   | 1  |
| 11 |                                              | 1   | 1   | 1   | 1  |
| 12 |                                              | 1   | 1   | 1   | 1  |
| 13 |                                              | 1   | 1   | 1   | 1  |
| 14 |                                              |     |     |     |    |

Изменяемые ячейки – B10:E13. В эти ячейки будет записан оптимальный план перевозок -  $x_{ij}$ . Введены исходные данные задачи.

В ячейку B15 необходимо ввести формулу вычисления целевой функции: =СУММПРОИЗВ(B4:E7;B10:E13), а в столбец A10:A13 и в строку B14:E14 функцию суммирования по строкам и столбцам.

| B15 |                                              | =СУММПРОИЗВ(B4:E7;B10:E13) |     |     |    |
|-----|----------------------------------------------|----------------------------|-----|-----|----|
|     | A                                            | B                          | C   | D   | E  |
| 2   | <b>Исходные данные</b>                       |                            |     |     |    |
| 3   |                                              | 250                        | 100 | 150 | 50 |
| 4   | 80                                           | 6                          | 6   | 1   | 4  |
| 5   | 320                                          | 8                          | 30  | 6   | 5  |
| 6   | 100                                          | 5                          | 4   | 3   | 30 |
| 7   | 50                                           | 9                          | 9   | 9   | 9  |
| 8   |                                              |                            |     |     |    |
| 9   | <b>Матрица перевозок (изменяемые ячейки)</b> |                            |     |     |    |
| 10  | 4                                            | 1                          | 1   | 1   | 1  |
| 11  | 4                                            | 1                          | 1   | 1   | 1  |
| 12  | 4                                            | 1                          | 1   | 1   | 1  |
| 13  | 4                                            | 1                          | 1   | 1   | 1  |
| 14  |                                              | 4                          | 4   | 4   | 4  |
| 15  | min                                          | 144                        |     |     |    |

### Решение задачи

1. Вызываем функцию «Поиск решения».
2. Устанавливаем целевую ячейку \$B\$15
3. Изменяемые ячейки \$B\$10:\$E\$13
4. Далее следует добавить ограничения.

Все грузы должны быть перевезены, т.е.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1 \dots m - A10:A13 = A4:A7$$

Все потребности должны быть удовлетворены, т.е.

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1 \dots n - B14:E14 = B3:E3$$

Поиск решения

Установить целевую ячейку:

Равной: ☐ максимальному значению ☐ значению:  ☐ минимальному значению

Изменяя ячейки:

Ограничения:

Buttons: Выполнить, Заккрыть, Параметры, Добавить, Изменить, Удалить, Восстановить, Справка

5. На последнем этапе необходимо установит «Параметры» расчета и произвести вычисление.

Параметры поиска решения

Максимальное время:  секунд

Предельное число итераций:

Относительная погрешность:

Допустимое отклонение:  %

Сходимость:

Оценки: ☒ линейная ☐ квадратичная

Разности: ☒ прямые ☐ центральные

Метод поиска: ☒ Ньютона ☐ сопряженных градиентов

Buttons: ОК, Отмена, Загрузить модель..., Сохранить модель..., Справка

6. Результат вычисления:

Результаты поиска решения

Решение найдено. Все ограничения и условия оптимальности выполнены.

Тип отчета

- Результаты
- Устойчивость
- Пределы

☒ Сохранить найденное решение
 ☐ Восстановить исходные значения

|            |                                              |            |            |           |
|------------|----------------------------------------------|------------|------------|-----------|
|            | <b>Матрица перевозок (изменяемые ячейки)</b> |            |            |           |
| <b>80</b>  | 0                                            | 0          | 80         | 0         |
| <b>320</b> | 200                                          | 0          | 70         | 50        |
| <b>100</b> | 0                                            | 100        | 0          | 0         |
| <b>50</b>  | 50                                           | 0          | 0          | 0         |
|            | <b>250</b>                                   | <b>100</b> | <b>150</b> | <b>50</b> |

### Индивидуальные задания:

Исходные данные транспортной задачи приведены схематически: внутри прямоугольника заданы удельные транспортные затраты на перевозку единицы груза, слева указаны мощности поставщиков, а сверху - мощности потребителей. Сформулировать экономико-математическую модель исходной транспортной задачи, найти оптимальный план

закрепления поставщиков за потребителями, установить единственность или не единственность оптимального плана, используя **Поиск решения**.

**Вариант 1**

|     |     |    |     |    |
|-----|-----|----|-----|----|
|     | 150 | 40 | 110 | 50 |
| 70  | 9   | 5  | 10  | 7  |
| 80  | 11  | 8  | 9   | 6  |
| 90  | 7   | 6  | 5   | 4  |
| 110 | 6   | 4  | 3   | 2  |

**Вариант 2**

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
|    | 25 | 10 | 20 | 30 | 15 |
| 40 | 5  | 3  | 4  | 6  | 4  |
| 20 | 3  | 4  | 10 | 5  | 7  |
| 40 | 4  | 6  | 9  | 3  | 4  |

**Вариант 3**

|     |     |     |     |    |
|-----|-----|-----|-----|----|
|     | 100 | 140 | 100 | 60 |
| 100 | 5   | 4   | 3   | 2  |
| 60  | 2   | 3   | 5   | 6  |
| 80  | 3   | 2   | 4   | 3  |
| 160 | 4   | 1   | 2   | 4  |

**Вариант 4**

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|     | 150 | 350 | 200 | 100 | 100 |
| 500 | 3   | 3   | 5   | 3   | 1   |
| 300 | 4   | 3   | 2   | 4   | 5   |
| 100 | 3   | 7   | 5   | 4   | 1   |

**Вариант 5**

|    |    |    |     |     |
|----|----|----|-----|-----|
|    | 60 | 40 | 120 | 100 |
| 70 | 4  | 8  | 1   | 6   |
| 80 | 3  | 5  | 3   | 4   |
| 90 | 2  | 6  | 4   | 3   |
| 80 | 1  | 4  | 5   | 3   |

**Вариант 6**

|  |    |    |    |    |    |
|--|----|----|----|----|----|
|  | 40 | 30 | 90 | 80 | 50 |
|--|----|----|----|----|----|

|     |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|
| 60  | 4 | 2 | 3 | 4 | 1 |
| 90  | 2 | 4 | 3 | 5 | 6 |
| 140 | 6 | 5 | 4 | 6 | 2 |

#### Вариант 7

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
|    | 8  | 9  | 13 | 8  | 12 |
| 9  | 5  | 15 | 3  | 6  | 10 |
| 11 | 23 | 8  | 13 | 27 | 12 |
| 14 | 30 | 1  | 5  | 24 | 25 |

#### Вариант 8

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
|    | 40 | 30 | 20 | 50 |
| 60 | 2  | 4  | 5  | 1  |
| 70 | 2  | 3  | 9  | 4  |
| 50 | 8  | 4  | 2  | 5  |

#### Вариант 9

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
|    | 11 | 11 | 11 | 16 | 11 |
| 15 | 3  | 4  | 5  | 15 | 24 |
| 15 | 19 | 2  | 22 | 4  | 13 |
| 15 | 20 | 27 | 1  | 17 | 19 |

#### Вариант 0

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
|    | 7  | 7  | 7  | 7  | 2  |
| 4  | 16 | 30 | 17 | 10 | 16 |
| 6  | 20 | 27 | 26 | 9  | 23 |
| 10 | 13 | 4  | 22 | 3  | 1  |
| 10 | 3  | 1  | 5  | 4  | 24 |

### Тестирование по учебной дисциплине «Математические методы в экономике»

#### Примерные задания

Инструкция: внимательно прочитайте задания, выберите один или несколько вариантов, отметьте в бланке ответов.

#### К задачам оптимизации относятся задачи на отыскание

- -целевой функции
- -максимума или минимума целевой функции
- -решения системы уравнений
- -решения системы неравенств

#### Критерием оптимальности задачи математического программирования является

- -целевая функция

- -система уравнений
- -система неравенств
- -условие неотрицательности переменных

**Задача математического программирования является задачей линейного программирования, если**

- -целевая функция является линейной, а система ограничений нелинейная
- -система ограничений – это система линейных уравнений или неравенств, а целевая функция нелинейная
- -целевая функция является линейной, а система ограничений – система линейных уравнений или неравенств
- -условие неотрицательности переменных - линейно

**Задача математического программирования является задачей нелинейного программирования, если**

- -условие неотрицательности переменных нелинейно
- -целевая функция является нелинейной
- -целевая функция является линейной
- -условие неотрицательности переменных не выполняется

**Задача нелинейного программирования называется квадратичной, если**

- $-X_j^2 > 0, j=1, n$
- $-Z = \sum C_j X_j^2$
- $-Z = \sum C_j X_j + \sum E_{dij} X_i X_j$
- $-E_{aij} X_j \{ \leq, =, \geq \} b_i, i=1, m$

**Задача нелинейного программирования называется задачей дробно – линейного программирования, если**

- $-X_i/X_j > 0, i=1, m, j=1, n$
- $-Z = \sum C_j/d_j X_j$
- $-E X_j/a_{ij} \leq b_i, i=1, m$
- $-Z = \sum C_j X_j / \sum d_j X_j$

**Задача математического программирования называется задачей целочисленного программирования, если**

- -все коэффициенты целевой функции – целые числа
- -все коэффициенты системы ограничений – целые числа
- -все  $b_i$  - целые числа
- -все  $X_j$  - целые числа,  $j=1, n$

**Абстрактное отображение реального экономического процесса с помощью математических выражений, уравнений, неравенств – это**

- -система ограничений
- -целевая функция
- -экономико–математическая модель
- -условие неотрицательных переменных

**Абстрактное отображение реального экономического процесса с помощью математических выражений, уравнений, неравенств – это**

- -система ограничений
- -целевая функция
- -экономико–математическая модель
- -условие неотрицательных переменных

**Любая экономика – математическая модель задачи линейного программирования состоит из**

- -целевой функции и системы ограничений
- -целевой функции, системы ограничений и условия неотрицательности переменных
- -системы ограничений и условия неотрицательности переменных
- -целевой функции и условия неотрицательности переменных

**Оптимальное решение задачи математического программирования – это**

- -допустимое решение системы ограничений
- -любое решение системы ограничений
- -допустимое решение системы ограничений, приводящее к максимуму или минимуму целевой функции
- -максимальное или минимальное решение системы ограничений

**Если целевая функция  $Z = \sum C_j X_j + \sum E_{dij} X_i X_j$  задача математического программирования является задачей**

- -линейного программирования
- -целочисленного программирования
- -дробно – линейного программирования
- -квадратичного программирования

**Динамическое программирование – это математический аппарат, позволяющий**

- -осуществить оптимальное планирование многошаговых управляемых процессов
- -исследовать динамику функции
- -оказывать влияние на развитие процесса
- -наблюдать процесс в его развитии

**Если целевая функция  $Z = \sum C_j X_j + \sum E_{dij} X_i X_j$ , то задача математического программирования, называется задачей**

- -линейного программирования
- -квадратичного программирования
- -дробно – линейного программирования
- -дробно – квадратичного программирования

**Все ограничения в задаче математического программирования должны быть**

- -одинакового смысла
- -противоречивы
- -непротиворечивы
- -противоположного смысла

**ЗЛП имеет бесконечное множество оптимальных решений, если хотя бы одна оценка  $j \in Z$ , которая не относится к базисному вектору, равна бесконечность**

--1

-0

-1

**В методе искусственного базиса  $M$  равно**

- бесконечно малой величине
- бесконечно большой величине
- произвольному большому числу

-нулю

**Если имеется оптимальное решение, полученное методом искусственного базиса, в котором хотя бы одна из искусственных переменных отлична от нуля, то система ограничений исходной задачи в области допустимых значений является**

-совместной

-несовместной

-невыврожденной

-оптимальной

**Если в разрешающем столбце имеется нулевой элемент, то соответствующая строка после очередной итерации решения ЗЛП**

-будет содержать только нули

-останется неизменной

-будет содержать только единицы

-поменяет знак на противоположный

**Если хотя бы одна оценка  $j \in C \setminus Z$  , которая не относится к базисному вектору, равна нулю, то ЗЛП**

-имеет не единственное оптимальное решение

-не имеет оптимальных решений

-имеет одно оптимальное решение

-имеет конечное число оптимальных решений, равное числу ограничений

**Если в разрешающей строке имеется нулевой элемент, то в соответствующем столбце после очередной итерации решения ЗЛП все элементы**

-будут равны нулю

-будут равны единице

-поменяют знак на противоположный

-останутся без изменения

**Если все оценки  $j \in C \setminus Z$  , не относящиеся к базисным векторам, не равны нулю, то ЗЛП**

-имеет бесконечное множество оптимальных решений

-не имеет оптимальных решений

-имеет одно оптимальное решение

-имеет конечное число оптимальных решений, равное числу ограничений

**Строка останется без изменения после очередной итерации решения ЗЛП, если на месте ее пересечения с разрешающим столбцом стоит**

--1

-0

-1

-бесконечность

Если исходная ЗЛП имеет вид  $Z=CX(\max), AX \leq B, X \geq 0$ , то ограничения симметричной двойственной задачи имеют вид

- $YA \leq C, Y \leq 0$

- $YA \geq C, Y \geq 0$

- $YA \leq B, X \geq 0$

- $YA \geq B, Y \geq 0$

Если исходная ЗЛП имеет вид  $Z=CX(\min), AX \geq B, X \geq 0$ , то ограничения симметричной двойственной задачи имеют вид

- $YA \leq C, Y \geq 0$

- $YA \geq C, Y \geq 0$

- $YA \leq B, X \geq 0$

- $YA \geq B, Y \leq 0$

**Коэффициентами при неизвестных целевой функции двойственной задачи являются**

-коэффициенты при неизвестных целевой функции исходной задачи

-свободные члены системы ограничений исходной задачи

-неизвестные исходной задачи

-коэффициенты при неизвестных системы ограничений исходной задачи

**Свободными членами системы ограничений двойственной задачи являются**

-неизвестные исходной задачи

-коэффициенты при неизвестных исходной задачи

-свободные члены исходной задачи

-коэффициенты целевой функции исходной задачи

**Если исходная ЗЛП была на максимум целевой функции, то двойственная задача будет**

-тоже на максимум

-либо на максимум, либо на минимум

-и на максимум, и на минимум

-на минимум

**Если исходная ЗЛП была на минимум целевой функции, то двойственная задача будет**

- на максимум
- либо на максимум, либо на минимум
- и на максимум, и на минимум
- тоже на минимум

**При составлении симметричной пары двойственных задач, если исходная ЗЛП  $Z=CX(\max), AX \leq B, X \geq 0$ , то двойственная задача имеет вид**

- $T=YB(\max), YA=C, Y \leq 0$
- $T=YB(\min), YA \geq C, Y \geq 0$
- $T=BY(\max), AY \geq C, Y \geq 0$
- $T=BY(\min), AY \leq C, Y \geq 0$

**При решении прямой ЗЛП решение двойственной задачи в симплекс – таблице с оптимальным планом получается**

- на пересечении столбца свободных членов и строки оценок
- на пересечении последнего столбца и строки оценок
- на пересечении строки оценок и столбцов, соответствующих начальному базису ЗЛП
- на пересечении первой строки и столбцов, соответствующих начальному базису ЗЛП.

**Если  $i$  – е ограничение прямой ЗЛП при подстановке ее оптимального плана обращается в строгое неравенство, то соответствующая компонента двойственной задачи**

- не равна нулю
- равна нулю
- положительна
- отрицательна

**Если  $j$  – е ограничение двойственной задачи ее оптимальным планом обращается в строгое неравенство, то соответствующая компонента прямой ЗЛП**

- отрицательна
- положительна
- не равна нулю
- равна нулю

**Если одна из пары двойственных задач обладает оптимальным планом, то другая**

- имеет оптимальное решение и  $\min Z = \max T$  или  $\max Z = \min T$
- не имеет решения и  $\min Z \neq \max T$  или  $\max Z \neq \min T$
- имеет оптимальное решение и  $\min Z \leq \min T$
- не имеет решения и  $\min Z = \max T$  или  $\max Z = \min T$

Если план транспортной задачи  $X=X_{ij}$  является оптимальным, то ему соответствует система чисел, называемых потенциалами, для которых выполняются следующие условия

- $U_i+V_j \geq C_{ij}$  для  $X_{ij}>0$ ,  $u_j=C_{ij}-U_i-V_j>0$  для  $X_{ij}=0$

- $U_i+V_j=0$ ,  $u_j=C_{ij}-U_i-V_j>0$  для  $X_{ij}=0$

- $U_i+V_j=C_{ij}$  для  $X_{ij}>0$ ,  $u_j=C_{ij}-U_i-V_j=0$  для  $X_{ij}=0$

- $U_i+V_j \leq C_{ij}$  для  $X_{ij}>0$ ,  $u_j=C_{ij}-U_i-V_j>0$  для  $X_{ij}=0$

**Модель транспортной задачи закрытая, если**

- $E a_i > E b_i$

- $E a_i = E b_i$

- $E a_i \neq E b_i$

- $E a_i$

**Модель транспортной задачи открытая, если**

- $E a_i \neq E b_i$

- $E a_i = E b_i$

-не зависит от  $E a_i$  и  $E b_i$

- $E a_i \leq E b_i$

**Целевая функция транспортной задачи имеет вид**

- $Z = \sum C_{ij} X_{ij} - \min$

- $Z = \sum C_{ij} X_{ij} - \max$

- $Z = \sum C_{ij} X_{ij}^2 - \max$

- $Z = \sum C_{ij} X_{ij} - \min$

**Цикл в транспортной задаче – это**

-замкнутая прямоугольная ломаная линия, все вершины которой находятся в занятых клетках

-замкнутая прямоугольная ломаная линия, все вершины которых находятся свободных клетках

-замкнутая прямоугольная ломаная линия, одна вершина которой в занятой клетке, остальные в свободных клетках

-замкнутая прямоугольная ломаная линия, одна вершина которой в свободной клетке, а остальные в занятых клетках

Если число занятых клеток меньше, чем  $(m+n-1)$ , то одну свободную клетку делают занятой с нулевой перевозкой. Эта клетка

-должна образовывать цикл с вершинами только в занятых клетках

- не должна образовывать цикл с вершинами только в занятых клетках

-должна образовывать цикл с вершинами только в свободных клетках

-может быть любой свободной клеткой

**Потенциалами транспортной задачи размерности  $(m \times n)$  называются  $m+n$  чисел  $u_i$  и  $v_j$ , для которых выполняются условия**

- $u_i + v_j = c_{ij}$  для занятых клеток

- $u_i + v_j = c_{ij}$  для свободных клеток

- $u_i + v_j = c_{ij}$  для первых двух столбцов распределительной таблицы

- $u_i + v_j = c_{ij}$  для первых двух строк распределительной таблицы

**Оценками транспортной задачи размерности  $(m \times n)$  называются числа  $u_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j$ , которые вычисляются**

-для занятых клеток

-для свободных клеток

-для первых двух строк распределительной таблицы

-для первых двух столбцов распределительной таблицы

**При составлении первоначального плана транспортной задачи по методу минимальной стоимости в первую очередь заполняются клетки**

-расположенные по главной диагонали распределительной таблицы

-с максимальными тарифами

-с минимальными тарифами

-расположенные в первых строках и столбцах распределительной таблицы

**При решении транспортной задачи значение целевой функции должно от итерации к итерации**

-увеличиваться

-увеличиваться или не меняться

-увеличиваться на  $u_{ij}$

-уменьшаться или не меняться

**В клетках распределительной таблицы располагаются**

-только тарифы перевозок  $c_{ij}$

-только планы перевозок  $x_{ij}$

-планы перевозок  $x_{ij}$  и соответствующие тарифы  $c_{ij}$

-значения произведений  $c_{ij}x_{ij}$

**Чтобы произвести блокировку некоторой клетки транспортной задачи, в этой клетке тариф**

-заменяют на нуль

-удваивают

-заменяют на достаточно большое число  $M$

-уменьшают в два раза

**Число занятых клеток невырожденного плана транспортной задачи должно быть равно**

- $m+n$

- $m+n+2$

- $m+n-1$

- $m+n+1$

### **Перечень вопросов для итогового контроля знаний на зачете (5 семестр):**

1. Общая задача линейного программирования (ЛП). Математическая модель задачи ЛП (переменные, целевая функция, система ограничений, условия неотрицательности переменных задачи). Теорема об области допустимых решений.

2. Графический метод решения задач ЛП (линии уровня, опорные прямые, вектор-градиент). Теорема о целевой функции.

3. Опорные решения. Теорема об опорном решении. Теоремы о решениях неравенства и уравнения. Каноническая задача ЛП. Начальное опорное решение.

4. Улучшение опорного плана. Формулы пересчета симплекс-таблиц.

5. Критерий оптимальности. Алгоритм симплекс-метода решения задачи ЛП.

6. Двойственная задача ЛП. Правила построения двойственной модели. Теорема о допустимых решениях пары двойственных задач.

7. 1-я основная теорема двойственности. Двойственные симплекс-таблицы. Соответствие переменных. Экономический смысл.

8. 2-я основная теорема двойственности (связь между переменными одной и системой ограничений другой модели пары двойственных задач). Экономический смысл.

9. 3-я основная теорема двойственности. Следствие теоремы. Интервалы устойчивости. Экономический смысл.

10. Постановка транспортной задачи (ТЗ). Математическая модель ТЗ.

11. Условие разрешимости ТЗ. Свойство системы ограничений ТЗ.

12. Опорные решения ТЗ. Понятие цикла пересчета. Свойства планов ТЗ.

13. Методы построения начального опорного решения ТЗ (метод северо-западного угла, минимального тарифа).

14. Признак оптимальности опорного плана ТЗ (метод потенциалов).

15. Переход к другому опорному решению ТЗ. Алгоритм решения ТЗ.

16. Транспортная задача открытого типа. Формулировка задачи целочисленного программирования.

17. Графический метод решения задачи целочисленного программирования.

18. Прогнозирование эффективного использования производственных площадей с помощью задачи целочисленного программирования.

19. Метод Гомори.

20. Постановка задачи параметрического линейного программирования.

21. Линейное программирование с параметром в целевой функции.

22. Определение диапазона оптимального решения выпуска продукции при изменении условий реализации.

23. Транспортная параметрическая задача.

24. Нахождение оптимальных путей транспортировки грузов при нестабильной загрузке дорог.

25. Платежная матрица.

**Перечень вопросов для итогового контроля знаний на экзамене (6 семестр):**

1. Сформулируйте общую задачу нелинейного программирования.
2. Сформулируйте необходимое условие локального максимума в общей задаче нелинейного программирования.
3. Что такое функция Лагранжа?
4. Дайте определение седловой точки функции Лагранжа.
5. Сформулируйте и докажите достаточное условие оптимальности с помощью функции Лагранжа.
6. Сформулируйте условие дополняющей нежесткости и дайте его экономическую интерпретацию.
7. Дайте определение выпуклого множества.
8. Какими свойствами обладают выпуклые множества?
9. Игра с седловой точкой.
10. Решение игры  $2 \times 2$  графическим способом.
11. Решение игры  $2 \times n$  и  $m \times 2$  графическим способом.
12. Приведение матричной игры  $m \times n$  к паре двойственных задач ЛП.
13. Приближенное решение матричных игр. Упрощение платежной матрицы.
14. Игры с природой. Критерии Вальда, Сэвиджа, Байеса, Лапласа, Гурвица.
15. Общая постановка задачи нелинейного программирования.
16. Графический метод решения задачи нелинейного программирования.
17. Задача с линейной целевой функцией и нелинейной системой ограничений.

18. Задача с нелинейной целевой функцией и линейной системой ограничений.
19. Дробно-линейное программирование. Постановка задачи и алгоритм ее решения.
20. Экономическая интерпретация задач дробно-линейного программирования.
21. Применение дробно-линейного программирования для определения себестоимости изделий.
22. Сведение задачи дробно-линейного программирования к задаче линейного программирования.
23. Метод множителей Лагранжа. Постановка задачи.
24. Расчет экономико-математической модели при нелинейных реализациях продукции.
25. Постановка задачи динамического программирования.
26. Уравнения Беллмана.
27. Экономические задачи, решаемые методами динамического программирования.
28. Оптимальная стратегия замены оборудования.
29. Экономические задачи, решаемые методами динамического программирования. Задача оптимального распределения ресурсов.
30. Экономические задачи, решаемые методами динамического программирования.
31. Распределение инвестиций для эффективного использования потенциала предприятия.
32. Экономические задачи, решаемые методами динамического программирования.
33. Минимизация затрат на строительство и эксплуатацию предприятий.
34. Экономические задачи, решаемые методами динамического программирования.
35. Нахождение рациональных затрат при строительстве трубопроводов и транспортных артерий.

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

Ответы обучающегося на экзамене оцениваются каждым педагогическим работником по 5-балльной шкале.

Критерии оценки ответа на вопросы теоретического блока:

«5» – обучающийся глубоко и прочно освоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, тесно увязывает с задачами и будущей деятельностью, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок;

«4» - обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий;

«3» - обучающийся освоил основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий;

«2» - обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи.

## **6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы для освоения учебной дисциплины**

### ***6.1. Основная литература.***

1. Мендель, А. В. Модели принятия решений : учебное пособие / А. В. Мендель. – Москва : Юнити-Дана, 2017. – 464 с. : табл., граф., схемы – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=684994>

2. Зыкина, А. В. Методы принятия оптимальных решений : учебное пособие : [16+] / А. В. Зыкина, О. Н. Канева, Т. Ю. Финк ; Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2020. – 178 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=683053>

### ***6.2. Дополнительная литература по дисциплине:***

1. Денисова, С.Т. Методы оптимальных решений : практикум / С.Т. Денисова, Р.М. Безбородникова, Т.А. Зеленина ; Кафедра математических методов и моделей в экономике. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2015. – 197 с. : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364820>

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современные профессиональные базы данных и информационные системы, необходимые для освоения учебной дисциплины**

1. <http://mon.gov.ru> – сайт Минобрнауки РФ
2. <http://www.edu.ru/> – библиотека федерального портала «Российское образование» (содержит каталог ссылок на интернет-ресурсы, электронные библиотеки по различным вопросам образования)
3. <http://www.prilib.ru> – Президентская библиотека
4. <http://www.rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека
5. <http://elibrary.rsl.ru/> – сайт Российской государственной библиотеки (раздел «Электронная библиотека»)
6. <http://elibrary.ru> – научная электронная библиотека «Elibrary»
7. <http://lib.icone.ru> - Электронно-библиотечная система АНО ВО «Институт непрерывного образования»
8. <https://uisrussia.msu.ru> Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
9. <http://ecsocman.hse.ru/> Федеральный образовательный портал "Экономика, Социология, менеджмент"
10. <http://biblioclub.ru> ЭБС Университетская библиотека

## **8. Методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины**

Освоение обучающимся учебной дисциплины **«Математические методы в экономике»** предполагает изучение материалов дисциплины на аудиторных занятиях и в ходе самостоятельной работы. Аудиторные занятия проходят в форме лекций, практических занятий. Самостоятельная работа включает разнообразный комплекс видов и форм работы обучающихся.

Для успешного освоения учебной дисциплины и достижения поставленных целей необходимо внимательно ознакомиться настоящей рабочей программы учебной дисциплины. Ее может представить преподаватель на вводной лекции или самостоятельно обучающийся использует информацию на официальном Интернет-сайте Института.

Следует обратить внимание на список основной и дополнительной литературы, на предлагаемые преподавателем ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет. Эта информация необходима для самостоятельной работы обучающегося.

При подготовке к аудиторным занятиям необходимо помнить особенности каждой формы его проведения.

Подготовка к учебному занятию лекционного типа заключается в следующем.

С целью обеспечения успешного обучения обучающийся должен готовиться к лекции, поскольку она является важнейшей формой организации учебного процесса, поскольку:

- знакомит с новым учебным материалом;
- разъясняет учебные элементы, трудные для понимания;
- систематизирует учебный материал;
- ориентирует в учебном процессе.

С этой целью:

- внимательно прочитайте материал предыдущей лекции;
- ознакомьтесь с учебным материалом по учебнику и учебным пособиям с темой прочитанной лекции;
- внесите дополнения к полученным ранее знаниям по теме лекции на полях лекционной тетради;
- запишите возможные вопросы, которые вы зададите лектору на лекции по материалу изученной лекции;
- постарайтесь уяснить место изучаемой темы в своей подготовке;
- узнайте тему предстоящей лекции (по тематическому плану, по информации лектора) и запишите информацию, которой вы владеете по данному вопросу

Подготовка к практическому занятию

При подготовке и работе во время проведения практических занятий следует обратить внимание на следующие моменты: на процесс предварительной подготовки, на работу во время занятия, обработку полученных результатов, исправление полученных замечаний.

*Предварительная подготовка к практическому занятию* заключается в изучении теоретического материала в отведенное для самостоятельной работы время, ознакомление с инструктивными материалами с целью осознания задач практического занятия.

*Работа во время проведения практического занятия* включает несколько моментов:

- консультирование студентов преподавателями с целью предоставления исчерпывающей информации, необходимой для самостоятельного выполнения предложенных преподавателем задач, ознакомление с правилами техники безопасности;

– самостоятельное выполнение заданий согласно обозначенной учебной программой тематики.

### **Самостоятельная работа.**

Для более углубленного изучения темы задания для самостоятельной работы рекомендуется выполнять параллельно с изучением данной темы. При выполнении заданий по возможности используйте наглядное представление материала. Более подробная информация о самостоятельной работе представлена в разделах «Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы по дисциплине (модулю)», «Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине (модулю)».

### **Подготовка к зачету, экзамену**

К зачету и экзамену необходимо готовится целенаправленно, регулярно, систематически и с первых дней обучения по данной дисциплине. Попытки освоить учебную дисциплину в период зачетно-экзаменационной сессии, как правило, приносят не слишком удовлетворительные результаты.

При подготовке к зачету и экзамену обратите внимание на практические задания на основе теоретического материала.

При подготовке к ответу на вопросы зачета и экзамена по теоретической части учебной дисциплины выделите в вопросе главное, существенное (понятия, признаки, классификации и пр.), приведите примеры, иллюстрирующие теоретические положения.

После предложенных указаний у обучающихся должно сформироваться четкое представление об объеме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть по дисциплине.

## **9. Программное обеспечение информационно-коммуникационных технологий**

### ***9.1. Информационные технологии***

1. Персональные компьютеры;
2. Доступ к интернет
3. Проектор.
4. Система VOTUM.

### ***9.2. Программное обеспечение***

1. Windows 7
2. LibreOffice Writer,

3. LibreOffice Calc,
4. LibreOffice Impress

### **9.3. Информационные справочные системы**

1. Университетская информационная система РОССИЯ - <http://www.cir.ru/>
2. Гарант

## **10. Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы по учебной дисциплине.**

| Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения                                                                                                                                                                                                                                    | Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного, семинарского типа (практические занятия), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</b></p> <p><b>Оснащенность</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Комплект мебели</li> <li>• интерактивная доска Trace Board с установленной системой интерактивного опроса Votum-11</li> <li>• Монитор Panasonic</li> <li>• Портативный 3D видеопроектор InFocus IN 122 для презентаций</li> </ul> | <p>109542, г. Москва, Рязанский проспект, 86/1, стр.3, этаж 3, Часть нежилого помещения</p>                                                                                                                                                                    |
| <p><b>Библиотека (читальный зал), помещение для самостоятельной работы обучающихся</b></p> <p><b>Оснащенность</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Комплект мебели</li> <li>• Компьютеры с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в ЭИОС института</li> <li>• принтер</li> </ul> <p>Программное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Windows 7</li> </ul>                                                                                     | <p>109542, г. Москва, Рязанский проспект, 86/1, стр.3, этаж 3, Часть нежилого помещения</p>                                                                                                                                                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• LibreOffice Writer,</li> <li>• LibreOffice Calc,</li> <li>• LibreOffice Impress</li> <li>• ЭПС «Система Гарант»</li> <li>• ЭБС «Университетская библиотека онлайн»</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                      |
| <p><b>Помещение для самостоятельной работы обучающихся. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования</b></p> <p><b>Комплект мебели</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Компьютеры с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в ЭИОС института</li> <li>• принтер</li> </ul> <p><b>Программное обеспечение:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Windows 7</li> <li>• LibreOffice Writer,</li> <li>• LibreOffice Calc,</li> <li>• LibreOffice Impress</li> </ul>                                                                               | 109542, г. Москва, Рязанский проспект, 86/1, стр.3, этаж 3, Часть нежилого помещения |
| <p><b>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (практические занятия), курсового проектирования (выполнение курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</b></p> <p><b>Комплект мебели</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Переносные компьютеры (нетбуки Asus -11 шт.)</li> <li>• Комплект демонстрационных материалов</li> </ul> <p><b>Программное обеспечение:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• LibreOffice Writer,</li> <li>• LibreOffice Calc,</li> <li>• LibreOffice Impress</li> </ul> | 109542, г. Москва, Рязанский проспект, 86/1, стр.3, этаж 3, Часть нежилого помещения |

## 11. Образовательные технологии

При реализации учебной дисциплины **«Математические методы в экономике»** применяются различные образовательные технологии.

Освоение учебной дисциплины **«Математические методы в экономике»** предусматривает использование в учебном процессе активных форм проведения учебных занятий в форме, разбор конкретных ситуаций и практических задач в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.