

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Рукович Александр Владимирович

Должность: Директор

Дата подписания: 27.09.2022 09:45:55

Уникальный программный ключ:

f45eb7c44954caac05ea7d4f32eb8d7dbb5cb9bae6d9b4bda091af0da1b7f03f

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.К. АММОСОВА»

Технический институт (филиал) ФГАОУ ВО «СВФУ» в г. Нерюнгри

Кафедра Математики и информатики

Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.17 Методы оптимизации**

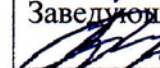
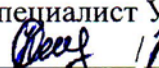
для программы бакалавриата

по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика

Направленность программы: Прикладная информатика в менеджменте

Форма обучения: очная

Автор: Самохина В.М., к.п.н., доцент кафедры МиИ, e-mail: [vm.samokhina@s-vfu.ru](mailto:vm.samokhina@s-vfu.ru)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>РЕКОМЕНДОВАНО</b><br>Представитель кафедры МиИ<br> / Агабабян Е.О./<br>Заведующий кафедрой МиИ<br> / Самохина В.М./<br>протокол № <u>10</u><br>от « <u>05</u> » <u>05</u> 2022 г. | <b>ОДОБРЕНО</b><br>Представитель кафедры МиИ<br> / Агабабян Е.О./<br>Заведующий кафедрой МиИ<br> / Самохина В.М./<br>протокол № <u>10</u><br>от « <u>05</u> » <u>05</u> 2022 г. | <b>ПРОВЕРЕНО</b><br>Нормоконтроль в составе<br>ОПОП пройден<br>Специалист УМО<br> / Кравцов К.А.<br>« <u>29</u> » <u>мая</u> 2022 г. |
| Рекомендовано к утверждению в составе ОПОП<br><br>Председатель УМС<br>протокол УМС № <u>10</u> от « <u>26</u> » <u>мая</u> 2022 г.<br>                                                                                                                                  | Одобрено в составе ОПОП<br>Яковлева Л.А./<br>« <u>23</u> » <u>мая</u> 2022 г.                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Зав. библиотекой<br> / Яковлева Л.А.<br>« <u>23</u> » <u>мая</u> 2022 г.                                                             |

Нерюнгри 2022

# 1. АННОТАЦИЯ

## к рабочей программе дисциплины

### Б1.О.17 Методы оптимизации

Трудоемкость 63.е.

#### 1.1. Цель освоения и краткое содержание дисциплины

**Цель освоения:** ознакомление с базовыми математическими моделями и освоение численных методов решения классических экстремальных задач, а также знакомство с современными направлениями развития методов оптимизации. В целом материал курса ориентирован на умение правильно классифицировать конкретную прикладную задачу, выбирать наиболее подходящий метод решения и реализовывать его в виде алгоритма и программы.

**Краткое содержание дисциплины:** Линейное программирование. Графическое решение двумерных ЗЛП. Выпуклые многогранные множества. Опорные решения системы линейных алгебраических уравнений. Симплексный метод решения ЗЛП. Метод искусственного базиса. Элементы теории двойственности в линейном программировании. Транспортная задача. Безусловная оптимизация. Покоординатный метод.

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

| Планируемые результаты освоения программы (содержание и коды компетенций)                                                                                                                                   | Наименование индикатора достижения компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности</b> | ОПК-1.1 Знать основы дискретной математики, математического анализа, линейной алгебры и геометрии, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации, численных методов, математического и имитационного моделирования, вычислительной техники для теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности<br>ОПК-1.2 Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, об основах вычислительной техники, методов математического анализа, линейной алгебры и геометрии, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов | Знает основы методов оптимизации.<br><br>Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных знаний, правильно классифицирует конкретную прикладную задачу, выберет наиболее подходящий метод решения и реализовывает его в виде алгоритма<br><br>Владеет численными методами решения классических экстремальных задач |

|  |                                                                                                                                                                                                                         |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | оптимизаций, и<br>численного,<br>математического и<br>имитационного<br>моделирования<br>ОПК-1.3 Владеет<br>навыками теоретического<br>и экспериментального<br>исследования объектов<br>профессиональной<br>деятельности |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

### 1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

| Индекс         | Наименование дисциплины | Семес<br>тр<br>изуче<br>ния | Индексы и наименования учебных дисциплин (модулей), практик                                                                                                |                                                                    |
|----------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                |                         |                             | на которые опирается содержание данной дисциплины (модуля)                                                                                                 | для которых содержание данной дисциплины (модуля) выступает опорой |
| <b>Б1.О.17</b> | Методы оптимизации      | 6,7                         | Б1.О.14 Математика<br>Б1.О.25 Численные методы<br>Б1.В.ДВ.04.01 Математическое моделирование MathCad<br>Б1.В.ДВ.04.02 Математическое моделирование MathLab | Б3.01(Д) Выполнение и защита выпускной квалификационной работы     |

### 1.4. Язык преподавания: русский

**2. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Выписка из учебного плана (гр. БА-ПИ-22):

| Код и название дисциплины по учебному плану                                   | <b>Б1.О.17 Методы оптимизации</b> |                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Курс изучения                                                                 | 3,4                               |                                                        |
| Семестр(ы) изучения                                                           | 6,7                               |                                                        |
| Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен)                                | экзамен/ экзамен                  |                                                        |
| РГР, семестр выполнения                                                       | 7                                 |                                                        |
| Трудоемкость (в ЗЕТ)                                                          | 6 ЗЕТ                             |                                                        |
| <b>Трудоемкость (в часах) (сумма строк №1,2,3), в т.ч.:</b>                   | 216                               |                                                        |
| <b>№1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (КР), в часах:</b>      | Объем аудиторной работы, в часах  | В т.ч. с применением ДОТ или ЭО <sup>1</sup> , в часах |
| Объем работы (в часах) (1.1.+1.2.+1.3.):                                      | 92                                | -                                                      |
| 1.1. Занятия лекционного типа (лекции)                                        | 16/14                             | -                                                      |
| 1.2. Занятия семинарского типа, всего, в т.ч.:                                | -                                 | -                                                      |
| - семинары (практические занятия, коллоквиумы т.п.)                           | 32/28                             | -                                                      |
| - лабораторные работы                                                         | -                                 | -                                                      |
| - практикумы                                                                  | -                                 | -                                                      |
| 1.3. КСР (контроль самостоятельной работы, консультации)                      | 1/1                               | -                                                      |
| <b>№2. Самостоятельная работа обучающихся (СРС) (в часах)</b>                 | 32/29                             |                                                        |
| <b>№3. Количество часов на экзамен (при наличии экзамена в учебном плане)</b> | 27/36                             |                                                        |

<sup>1</sup>Указывается, если в аннотации образовательной программы по позиции «Сведения о применении дистанционных технологий и электронного обучения» указан ответ «да».

### 3. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 3.1. Распределение часов по разделам и видам учебных занятий

| Раздел                                                     | Всего часов | Контактная работа, в часах |                               |                                              |                               |                     |                               |            |                               |                    | Часы СРС        |
|------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|--------------------|-----------------|
|                                                            |             | Лекции                     | из них с применением ЭО и ДОТ | Семинары (практические занятия, коллоквиумы) | из них с применением ЭО и ДОТ | Лабораторные работы | из них с применением ЭО и ДОТ | Практикумы | из них с применением ЭО и ДОТ | КСР (консультации) |                 |
| 6 семестр                                                  |             |                            |                               |                                              |                               |                     |                               |            |                               |                    |                 |
| Введение.                                                  | 12          | 2                          |                               | 4                                            |                               |                     |                               |            |                               |                    | 2(ТЗ)           |
| Линейное программирование                                  | 31          | 6                          |                               | 12                                           |                               |                     |                               |            |                               |                    | 12(ДЗ)<br>4(ТЗ) |
| Транспортная задача                                        | 22          | 6                          |                               | 10                                           |                               |                     |                               |            |                               |                    | 4(ДЗ)<br>2(ТЗ)  |
| Симплексный метод (СМ) решения ЗЛП                         | 16          | 2                          |                               | 6                                            |                               |                     |                               |            |                               |                    | 4(ДЗ)<br>4(ТЗ)  |
| Экзамен (6 семестр)                                        |             |                            |                               |                                              |                               |                     |                               |            |                               |                    | 27              |
| Всего часов (6 семестр)                                    | 108         | 16                         |                               | 32                                           |                               |                     |                               |            |                               | 1                  | 27+32           |
| 7 семестр                                                  |             |                            |                               |                                              |                               |                     |                               |            |                               |                    |                 |
| Метод искусственного базиса                                | 13          | 2                          |                               | 4                                            |                               |                     |                               |            |                               |                    | 5(РГР)<br>2(ТЗ) |
| Элементы теории двойственности в линейном программировании | 19          | 4                          |                               | 8                                            |                               |                     |                               |            |                               |                    | 5(РГР)<br>2(ТЗ) |
| Безусловная оптимизация                                    | 19          | 4                          |                               | 8                                            |                               |                     |                               |            |                               |                    | 7(ДЗ)           |
| Выпуклое программирование                                  | 21          | 4                          |                               | 8                                            |                               |                     |                               |            |                               | 1                  | 8(ДЗ)           |
| Экзамен (7 семестр)                                        | 36          |                            |                               |                                              |                               |                     |                               |            |                               |                    | 36              |
| Всего часов(7 семестр)                                     | 108         | 14                         |                               | 28                                           |                               |                     |                               |            |                               | 2                  | 29+36           |

Примечание: РГР –выполнение РГР, ТЗ- выполнение тестового задания, ДЗ –выполнение домашнего задания

#### 3.2. Содержание тем программы дисциплины

**Введение.** История развития, роль и место теории экстремальных задач в системе фундаментальных и прикладных математических дисциплин. Экономико-математические модели: задача объемного планирования многопродуктового производства, классическая матричная транспортная задача, задача о диете (о смесях), задача о ранце (о загрузке судна), задача о назначениях, задача одномерного раскроя материалов.

**Линейное программирование.** Задача линейного программирования (ЗЛП). Формы записи: общая, симметричная, каноническая ЗЛП. Условия разрешимости ЗЛП. Графическое решение двумерных ЗЛП. Построение допустимого множества, линий уровня, множества оптимальных решений. Графическая интерпретация случаев существования и несуществования решений.

**Транспортная задача (ТЗ).** Замкнутая транспортная модель. Свойства ТЗ. Разрешимость ТЗ. Метод "северо-западного угла" для нахождения начального опорного плана перевозок. Двойственная задача к ТЗ. Нахождение потенциалов соответствующих данному базису. Метод потенциалов. Метод минимальной цены для нахождения начального опорного плана перевозок. Решение незамкнутых ТЗ. Введение фиктивных пунктов отправления (назначения). Фиктивные переменные.

**Симплексный метод (СМ) решения ЗЛП.** Симплексная таблица. Правила пересчета симплексной таблицы при переходе к новому базису. Признак неразрешимости ЗЛП. Признак оптимальности. Алгоритм СМ. Решение симметричной ЗЛП. Решение симметричной ЗЛП с помощью метода дополнительных переменных. Свойства полученного решения. практическое занятие.

**Метод искусственного базиса (МИБ).** Искусственные переменные. Вспомогательная ЗЛП. Связь исходной и вспомогательной ЗЛП. Признак неразрешимости ЗЛП используемый в МИБ. Двухфазный и однофазный варианты МИБ.

**Элементы теории двойственности в линейном программировании.** Пара взаимосопряженных симметричных ЗЛП. Двойственная задача для канонической ЗЛП. Свойства взаимосопряженных симметричных ЗЛП. Теорема двойственности.

**Безусловная оптимизация.** Выпуклые функции. Определения выпуклой, строго выпуклой, вогнутой и строго вогнутой функций. Примеры. Операции в классе выпуклых функций: линейная комбинация выпуклых функций, функция максимума, суперпозиция выпуклых функций. Критерии выпуклости дифференцируемых функций. Условия экстремума.

**Покоординатный метод (ПМ).** Методы последовательных приближений. Общая схема ПМ. Графическая интерпретация ПМ. Циклический покоординатный спуск. Случайный покоординатный спуск. Покоординатный спуск с выбором "быстрой" переменных.

**Градиентный метод (ГМ).** Антиградиент - направление наискорейшего спуска. Общая схема граГМ. Полношаговый ГМ (метод наискорейшего спуска). Графическая интерпретация полношагового ГМ. Некоторые модификации ГМ.

**Выпуклое программирование.** Задача выпуклого программирования (ЗВП). Формы записи. Условия разрешимости ЗВП. Графическое решение. Теоремы Куна-Таккера. Функция Лагранжа ЗВП. Седловая точка функции Лагранжа. Условие Слейтера. Теорема Куна-Таккера в форме о седловой точке функции Лагранжа ЗВП. Теорема Куна-Таккера в дифференциальной форме. Метод условного градиента. Метод штрафных функций (МШФ). Определение и свойства функций штрафа. Примеры функций штрафа. Штрафной множитель. Алгоритм МШФ.

### 3.3. Формы и методы проведения занятий, применяемые учебные технологии

В процессе преподавания дисциплины используются традиционные технологии наряду с активными и интерактивными технологиями.

*Учебные технологии, используемые в образовательном процессе*

| Раздел дисциплины                         | Семестр | Используемые активные/интерактивные образовательные технологии | Количество часов |
|-------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>Транспортная задача</b>                | 6       | case-study                                                     | 2/3              |
| <b>Симплексный метод (СМ) решения ЗЛП</b> | 6       | проблемное обучение                                            | 2/3              |
| <b>Элементы теории</b>                    | 7       | case-study                                                     | 2/2              |

|                                                   |   |                            |       |
|---------------------------------------------------|---|----------------------------|-------|
| <b>двойственности в линейном программировании</b> |   |                            |       |
| <b>Безусловная оптимизация</b>                    | 7 | <i>проблемное обучение</i> | 2/2   |
| Итого:                                            |   |                            | 18 ч. |

При *проблемном обучении* под руководством преподавателя формулируется проблемный вопрос, создаются проблемные ситуации, в результате чего активизируется самостоятельная деятельность студентов, происходит овладение профессиональными компетенциями.

#### 4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы<sup>2</sup> обучающихся по дисциплине Содержание СРС

| №                | Наименование раздела (темы) дисциплины                            | Вид СРС                                                   | Трудо-емкость (в часах) | Формы и методы контроля                 |
|------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| <b>6 семестр</b> |                                                                   |                                                           |                         |                                         |
| 1.               | <b>Введение.</b>                                                  | Подготовка к тестированию                                 | 2(ТЗ)                   | Выполнение теста                        |
| 2.               | <b>Линейное программирование</b>                                  | Выполнение домашнего задания<br>Подготовка к тестированию | 12(ДЗ)<br>4(ТЗ)         | Своевременная сдача<br>Выполнение теста |
| 3.               | <b>Транспортная задача</b>                                        | Выполнение домашнего задания<br>Подготовка к тестированию | 4(ДЗ)<br>2(ТЗ)          | Своевременная сдача<br>Выполнение теста |
| 4.               | <b>Симплексный метод (СМ) решения ЗЛП</b>                         | Выполнение домашнего задания<br>Подготовка к тестированию | 4(ДЗ)<br>4(ТЗ)          | Своевременная сдача<br>Выполнение теста |
| 5.               | <b>Экзамен</b>                                                    | Подготовка к экзамену                                     | 27                      | 20 экзаменационных билетов              |
|                  | <b>Всего часов (6 семестр)</b>                                    |                                                           | 32+27                   |                                         |
| <b>7 семестр</b> |                                                                   |                                                           |                         |                                         |
| 6.               | <b>Метод искусственного базиса</b>                                | Выполнение РГР<br>Подготовка к тестированию               | 5(РГР)<br>2(ТЗ)         | Защита РГР<br>Выполнение теста          |
| 7.               | <b>Элементы теории двойственности в линейном программировании</b> | Выполнение РГР<br>Подготовка к тестированию               | 5(РГР)<br>2(ТЗ)         | Защита РГР<br>Выполнение теста          |
| 8.               | <b>Безусловная оптимизация</b>                                    | Выполнение домашнего задания                              | 7(ДЗ)                   | Своевременная сдача                     |
| 9.               | <b>Выпуклое программирование</b>                                  | Выполнение домашнего задания                              | 8(ДЗ)                   | Своевременная сдача                     |
| 10.              | <b>Экзамен</b>                                                    | Подготовка к экзамену                                     | 36                      | 20 экзаменационных билетов              |
|                  | <b>Всего часов (7 семестр)</b>                                    |                                                           | 29+36                   |                                         |

#### Расчетно-графическая работа

РГР выполняется в соответствии с вариантом. Вариант студент выбирает согласно номеру в аудиторном журнале. Требования к РГР: соответствие теме, полное раскрытие теоретического вопроса, правильность решения задач, соответствие работы правилам оформления, предъявляемых к работам такого вида, соответствие литературным нормам (правильность). За несоблюдение правил количество баллов снижается.

<sup>2</sup>Самостоятельная работа студента может быть внеаудиторной (выполняется студентом самостоятельно без участия преподавателя – например, подготовка конспектов, выполнение письменных работ и др.) и аудиторной (выполняется студентом в аудитории самостоятельно под руководством преподавателя – например, лабораторная или практическая работа).

## Расчетно-графическая работа

### 1. Решить задачу методом искусственного базиса

$$\begin{aligned} 1. F &= 2x_1 - 3x_2 + 6x_3 + x_4 \rightarrow \max \\ \begin{cases} 2x_1 + x_2 - 2x_3 + x_4 &= 24, \\ x_1 + 2x_2 + 4x_3 &\leq 22, \\ x_1 - x_2 + 2x_3 &\geq 10, \\ x_1, \dots, x_4 &\geq 0. \end{cases} \end{aligned}$$

### 2. Решить задачу двойственным симплекс методом

$$\begin{aligned} 1. F &= x_1 + x_2 + 2x_3 \rightarrow \max \\ \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 &= 8, \\ x_1 - x_2 &\geq 4, \\ x_1 + 2x_2 &\geq 6, \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0. \end{cases} \end{aligned}$$

### Критерии оценки РГР

По итогам выполнения работы- максимальный балл-20.

- работа выполнена полностью, правильность выполнения каждого задания – 10

### Тестовый контроль

Проверяет теоретические и практические знания студентов по изученному разделу, проводится в форме электронного тестирования.

Тематическая структура:

1. Основные понятия линейного программирования
2. Линейное программирование
3. Транспортная задача
4. Симплексный метод (СМ) решения ЗЛП
5. Метод искусственного базиса
6. Элементы теории двойственности в линейном программировании
- 7.

Образцы тестовых заданий:

#### 1. При решении ЗЛП получена симплекс-таблица,

| $B$   | $x_1$ | $x_2$ | $x_4$ | $b$ |
|-------|-------|-------|-------|-----|
| $x_5$ | -3    | 3     | 3     | 3   |
| $x_3$ | 2     | -1    | -3    | 8   |
| $x_6$ | 2     | 5     | 2     | 6   |
| $x_7$ | 1     | 2     | 1     | 2   |
| $f$   | -3    | 4     | -5    | 15  |

Если ввести в базис переменную  $x_4$ , то из базиса будет выведена переменная

- a)  $x_7$
- b)  $x_6$ .
- c)  $x_3$ .
- d)  $x_5$ .

#### 2. Математическая модель ЗЛП имеет вид:

$$\begin{aligned} F(x_1, x_2) &= 6x_1 + 4x_2 \rightarrow \max \\ 0,1x_1 + 0,4x_2 &\leq 1,8, \\ 0,2x_1 + 0,1x_2 &\leq 1,2, \\ 0,5x_1 + 0,3x_2 &\leq 2,4, \\ x_1 \geq 0, x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

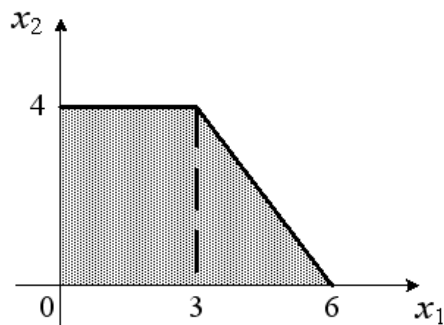
Этой задаче эквивалентна задача:

- a)  $F(x_1, x_2) = 6x_1 + 4x_2 \rightarrow \max$   
 $x_1 + 4x_2 \leq 18,$



$$\begin{aligned}
 &2x_1 + 1x_2 \leq 12, \\
 &5x_1 + 3x_2 \leq 24, \\
 &x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \\
 &\text{b) } F(x_1, x_2) = 6x_1 + 4x_2 \rightarrow \min \\
 &x_1 + 4x_2 \leq 18, \\
 &2x_1 + 1x_2 \leq 12, \\
 &5x_1 + 3x_2 \leq 24, \\
 &x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \\
 &\text{c) } F(x_1, x_2) = 60x_1 + 40x_2 \rightarrow \max \\
 &x_1 + 4x_2 \leq 18, \\
 &2x_1 + 1x_2 \leq 12, \\
 &5x_1 + 3x_2 \leq 24, \\
 &x_1 \geq 0, x_2 \geq 0.
 \end{aligned}$$

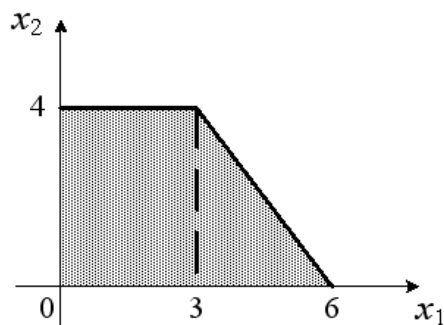
3. Область допустимых решений ЗЛП имеет вид:



Тогда максимальное значение функции  $F(x_1, x_2) = x_1 + 3x_2$  равно...

- a) 18
- b) 6
- c) 15
- d) 27

4. Область допустимых решений ЗЛП представлена на рисунке:



Максимальное значение функции  $F(x_1, x_2) = 2x_1 + 2x_2$  равно...

- a) 12
- b) 14
- c) 16
- d) 20

5. Максимальное значение целевой функции  $F(x_1, x_2) = 5x_1 + 2x_2$  при ограничениях:  $x_1 + x_2 \leq 6$ ,  $x_1 \leq 4$ ,  $x_1 \geq 0$ ,  $x_2 \geq 0$ , равно ...

- a) 24
- b) 18
- c) 26
- d) 12

6. Предприятие реализует изделия двух видов. На изготовление изделия вида А расходуется 2 кг сырья, на изготовление изделия В – 1 кг сырья. Всего имеется 50 кг сырья. Необходимо составить план производства, обеспечивающий получение максимальной прибыли, если стоимость реализации одного изделия вида А составляет 4 д.е., вида В – 2 у.е., при этом изделий вида А требуется изготовить не более 30, а вида В – не более 20.

Целевой функцией данной задачи является функция ...

- a)  $F(x_1, x_2) = 4x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$
- b)  $F(x_1, x_2) = 30x_1 + 30x_2 \rightarrow \max$
- c)  $F(x_1, x_2) = 2x_1 + x_2 \rightarrow \max$
- d)  $F(x_1, x_2) = 60 - 2x_1 - x_2 \rightarrow \min$

7. На базе А<sub>1</sub> имеется 100 единиц товара, на базе А<sub>2</sub> – 170 единиц товара. С баз, весь товар нужно перевезти в три магазина в количестве 100, 30 и 140 единиц соответственно. Известна матрица тарифов. Необходимо спланировать перевозки так, чтобы их стоимость была минимальной.

Данная задача является ...

- a) транспортной задачей

- b) задачей динамического программирования
- c) задачей коммивояжера
- d) задачей о назначениях

8. В пунктах  $A_1$  и  $A_2$  имеется соответственно 60 и 160 единиц товара. Весь товар нужно перевезти в три пункта в количестве 80, 70 и 70

единиц соответственно. Матрица тарифов имеет вид:  $C = \begin{pmatrix} 4 & 6 & 8 \\ 5 & 8 & 7 \end{pmatrix}$ . Опорным планом данной задачи является план:

- a)  $X = \begin{pmatrix} 60 & 0 & 0 \\ 20 & 70 & 70 \end{pmatrix}$ ;
- b)  $X = \begin{pmatrix} 40 & 20 & 0 \\ 40 & 50 & 70 \end{pmatrix}$
- c)  $X = \begin{pmatrix} 20 & 20 & 20 \\ 60 & 50 & 50 \end{pmatrix}$
- d)  $X = \begin{pmatrix} 30 & 20 & 10 \\ 50 & 50 & 60 \end{pmatrix}$

9. На базах  $A_1$  и  $A_2$  имеется соответственно 120 и 160 единиц товара. Весь товар нужно перевезти трем потребителям в количестве 80,

70 и 70 единиц соответственно. Известна матрица тарифов:  $C = \begin{pmatrix} 1 & 6 & 8 \\ 5 & 1 & 7 \end{pmatrix}$ .

Целевая функция имеет вид:

- a)  $F = x_{11} + 6x_{12} + 8x_{13} + 5x_{21} + x_{22} + 7x_{23} \rightarrow \min$
- b)  $F = x_{11}^4 + x_{12}^6 + x_{13}^8 + x_{21}^5 + x_{22}^8 + x_{23}^7 \rightarrow \min$
- c)  $F = 80x_1 + 70x_2 + 70x_3 - 120 - 160 \rightarrow \min$
- d)  $F = 120x_1 + 160x_2 - 80x_3 - 70x_4 - 70x_5 \rightarrow \min$

10. Найти значения  $a$  и  $b$  при которых транспортная задача является закрытой

|      |    |       |
|------|----|-------|
|      | 30 | 100+b |
| 20   | 3  | 9     |
| 30+a | 4  | 1     |
| 100  | 6  | 8     |

- a)  $a=60, b=80$
- b)  $a=60, b=85$
- c)  $a=60, b=70$
- d)  $a=60, b=75$

Шкала оценивания:

| Процент выполненных тестовых заданий | Количество набранных баллов    |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| 91% - 100%                           | Отлично 20 баллов              |
| 81% - 90%                            | Отлично 18-19 баллов           |
| 71% - 80%                            | Хорошо 17-18 баллов            |
| 61% - 70%                            | Удовлетворительно 12-16 баллов |
| 51% - 60%                            | Удовлетворительно 10-11 баллов |
| <50%                                 | Неудовлетворительно 0 баллов   |

### Домашняя работа

призвана систематизировать знания, позволяет повторить и закрепить материал. Студент выполняет вариант индивидуальной домашней работы, номер которого совпадает с номером его фамилии в аудиторном журнале. Домашние задания выполняются в соответствии с графиком изучения дисциплины и сдаются на проверку преподавателю.

### Критерии оценки домашней работы:

ДР выполнена полностью, задачи выполнены правильно, аккуратно - 10 баллов.

ДР выполнена полностью, ход решения заданий верен, имеются неточности в вычислениях и построениях – 8-9 баллов.

ДР выполнена не полностью, ход решения заданий верен, имеются неточности в вычислениях и построениях – 5-7 баллов.

ДР выполнена не полностью, ход решения заданий не верен, имеются неточности в вычислениях и построениях – 3-4 балла.

ДР выполнена не полностью, ход решения заданий не верен, имеются неточности в вычислениях и построениях, сдана не в предусмотренные сроки – 1-2 балла.

-ДР не выполнена – 0 баллов.

## 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для помощи обучающимся в успешном освоении дисциплины в соответствии с запланированными видами учебной и самостоятельной работы обучающихся:

Самохина В.М. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Методы оптимизации» на тему: «Транспортная задача» для студентов направления подготовки: 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», Нерюнгри 2018, 53 с.

Методические указания размещены в СДО Moodle:<http://moodle.nfygu.ru>

### Рейтинговый регламент по дисциплине:

| Вид выполняемой учебной работы<br>(контролирующие материалы) |                                |                                                | Баллы<br>Количество баллов<br>(min) | Количество<br>баллов (max) | Примечание                   |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| №                                                            | Испытания /<br>формы СРС       | Время на<br>подготовку /<br>выполнение,<br>час |                                     |                            |                              |
| 6 семестр                                                    |                                |                                                |                                     |                            |                              |
| 1.                                                           | Выполнение<br>домашних заданий | 20                                             | 35                                  | 106*5=50                   | Своевременная<br>сдача       |
| 2.                                                           | Тестирование                   | 12                                             | 10                                  | 20                         | Выполнение теста             |
| 3.                                                           | Экзамен                        | 27                                             |                                     | 30                         | Собеседование по<br>вопросам |
| 4.                                                           | Всего за семестр               | 32+27                                          | 45                                  | 100                        |                              |
| 7 семестр                                                    |                                |                                                |                                     |                            |                              |
| 1                                                            | Тестирование                   | 4                                              | 10                                  | 20                         | Своевременная<br>сдача       |
| 2                                                            | РГР                            | 10                                             | 15                                  | 20                         | Защита РГР                   |
|                                                              | Выполнение<br>домашних заданий | 15                                             | 20                                  | 106*3=30                   | Своевременная<br>сдача       |
| 4                                                            | Экзамен                        | 36                                             |                                     | 30                         |                              |
|                                                              | Всего за семестр               | 29+36                                          | 45                                  | 100                        |                              |

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

### 6.1. Показатели, критерии и шкала оценивания

| Коды оцениваемых компетенций                                                                                                                                                  | Показатель оценивания<br>(по п.1.2.РПД)                                                                                                                                                                               | Уровни освоения | Критерии оценивания<br>(дескрипторы)                                                                                                                                     | Оценка  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в</b> | Знает основы методов оптимизации.<br><br>Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных знаний, правильно классифицирует конкретную прикладную задачу, выберет наиболее подходящий | Высокий         | Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе | отлично |

|                                      |                                                                                                                                |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                   |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>профессиональной деятельности</b> | метод решения и реализовывает его в виде алгоритма<br><br>Владеет численными методами решения классических экстремальных задач |             | прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа. |                   |
|                                      |                                                                                                                                | Базовый     | Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя.                                     | хорошо            |
|                                      |                                                                                                                                | Минимальный | Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе                                    | удовлетворительно |

|  |  |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                     |
|--|--|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  |  |            | отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                     |
|  |  | Не освоены | <p>Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента.</p> <p><i>или</i></p> <p>Ответ на вопрос полностью отсутствует</p> <p><i>или</i></p> <p>Отказ от ответа</p> | неудовлетворительно |

#### 6.2. Типовые контрольные задания (вопросы) для промежуточной аттестации

Экзамен по дисциплине проводится в форме собеседования по экзаменационным билетам. Экзаменационный билет включает один теоретический вопрос и два практических задания.

#### Вопросы к экзамену:

##### Перечень теоретических вопросов:

1. Экономико-математические модели: задача объемного планирования многопродуктового производства, классическая матричная транспортная задача, задача о диете (о смесях), задача о ранце (о загрузке судна), задача о назначениях, задача одномерного раскроя материалов.
2. Формы записи: общая, симметричная, каноническая ЗЛП.
3. Графическое решение двумерных ЗЛП.
4. Метод "северо-западного угла" для нахождения начального опорного плана перевозок.
5. Метод минимальной цены для нахождения начального опорного плана
6. Метод Фогеля
7. Метод двойного предпочтения
8. Метод потенциалов.
9. Правила пересчета симплексной таблицы при переходе к новому базису.
10. Признак неразрешимости ЗЛП. Признак оптимальности.

### Программа экзамена (7 семестр)

1. Метод искусственного базиса
2. Двойственная задача для канонической ЗЛП. Свойства взаимосопреженных симметричных ЗЛП. Теорема двойственности.
3. Определения выпуклой, строго выпуклой, вогнутой и строго вогнутой функций. Примеры. Условия экстремума.
4. Методы последовательных приближений. Общая схема ПМ. Графическая интерпретация ПМ.
5. Градиентный метод (ГМ). Антиградиент - направление наискорейшего спуска.
6. Общая схема ГМ. Полношаговый ГМ (метод наискорейшего спуска). Графическая интерпретация полношагового ГМ.
7. Задача выпуклого программирования (ЗВП). Формы записи. Условия разрешимости ЗВП.
8. Графическое решение.
9. Функция Лагранжа ЗВП. Седловая точка функции Лагранжа.
10. Метод условного градиента.
11. Метод штрафных функций (МШФ). Определение и свойства функций штрафа. Примеры функций штрафа.

### Практические задания

1. Решить ЗЛП симплекс методом

$$f = 2X_1 + X_2 - 2X_3 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} X_1 + X_2 - X_3 \geq 8; \\ X_1 - X_2 + 2X_3 \geq 2; \\ -2X_1 - 8X_2 + 3X_3 \geq 1; \\ X_i \geq 0 (i = 1, 2, 3). \end{cases}$$

2. Составить и решить двойственную задачу

$$2. F = 4x_1 + x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 \leq 12, \\ x_1 + 3x_2 = 13, \\ 2x_1 + 5x_2 \leq 11, \\ x_1 \geq 0. \end{cases}$$

### Критерии оценки:

| Компетенции | Характеристика ответа на теоретический вопрос / выполнения практического задания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Количество набранных баллов |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| ОПК-1       | Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Приведены доказательства теорем и выводы формул.                                                                                | 10 б.                       |
|             | Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Могут быть допущены недочеты в доказательстве формул и теорем, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа. | 9б.                         |
|             | Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен. Может быть допущена одна неточности или незначительная ошибка при доказательстве формул и теорем                                                                                                                                                                                                                                      | 8 б.                        |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|       | исправленные студентом с помощью преподавателя.                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |
|       | Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен. Может быть допущены две неточности или незначительные ошибки при доказательстве формул и теорем исправленные студентом с помощью преподавателя. | 7 б.  |
|       | Дан не полный ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Демонстрирует базовые знания по предмету. Имеются неточности при доказательстве формул, теорем                                                                                                                                                               | 6 б.  |
|       | Дан не полный ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Демонстрирует базовые знания по предмету. При доказательстве теорем и формул допущены значительные ошибки.                                                                                                                                                   | 5 б.  |
|       | Дан не полный ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. При доказательстве теорем и формул допущены значительные ошибки.                                                                                                                                 | 4б.   |
|       | Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Не приведены доказательства теорем и выводы формул.                                                                                                                                                                                                                          | 3б.   |
|       | Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения.                                                                                                                                                                                  | 2б    |
|       | Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения.                                                                                                                                                                                                  | 1б    |
|       | Ответ на вопрос полностью отсутствует<br>или<br>Отказ от ответа                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0 б.  |
| ОПК-2 | Практическое задание выполнено верно, отсутствуют ошибки различных типов.                                                                                                                                                                                                                                                                | 10 б. |
|       | Практическое задание выполнено верно, отсутствуют ошибки различных типов. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.                                                                                                                                                   | 9 б.  |
|       | Ход решения верен, получен неверный ответ из-за одной вычислительной ошибки, но при этом имеется верная последовательность всех шагов решения                                                                                                                                                                                            | 8 б.  |
|       | Ход решения верен, получен неверный ответ из-за двух вычислительных ошибок, но при этом имеется верная последовательность всех шагов решения.                                                                                                                                                                                            | 7 б   |
|       | Ход решения верен, получен неверный ответ из-за двух незначительных ошибок различных типов, но при этом имеется верная последовательность всех шагов решения.                                                                                                                                                                            | 6 б.  |
|       | Ход решения не верен. Допущена одна значительная ошибка. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя приводят к коррекции ответа студента                                                                                                                                                                                          | 5б    |
|       | Ход решения не верен. Допущены две значительные ошибки. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя приводят к коррекции ответа студента                                                                                                                                                                                           | 4б    |
|       | Ход решения не верен. Допущены три значительные ошибки. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя приводят к коррекции ответа студента                                                                                                                                                                                           | 3б    |
|       | Не верная последовательность всех шагов решения. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя приводят к коррекции ответа студента                                                                                                                                                                                                  | 2б    |
|       | Не верная последовательность всех шагов решения. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента                                                                                                                                                                                               | 1б    |
|       | Выполнение практического задания отсутствует                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0 б.  |

### 6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

| Характеристики процедуры                         |                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вид процедуры                                    | Экзамен/ Экзамен                                                                                                                        |
| Цель процедуры                                   | выявить степень сформированности компетенции ОПК-1                                                                                      |
| Локальные акты вуза, регламентирующие проведение | Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся СВФУ, версия 3.0, утверждено ректором СВФУ |

|                                                             |                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| процедуры                                                   | 19.02.2019 г.<br>Положение о балльно-рейтинговой системе в СВФУ, версия 4.0, утверждено 21.02.2018 г.                                                                                          |
| Субъекты, на которых направлена процедура                   | студенты 3,4 курса бакалавриата                                                                                                                                                                |
| Период проведения процедуры                                 | Зимняя экзаменационная сессия- экзамен<br>Летняя экзаменационная сессия- экзамен                                                                                                               |
| Требования к помещениям и материально-техническим средствам | -                                                                                                                                                                                              |
| Требования к банку оценочных средств                        | -                                                                                                                                                                                              |
| Описание проведения процедуры                               | Экзамен принимается в устной форме по билетам. Экзаменационный билет по дисциплине включает два теоретических вопроса и однопрактическое задание. Время на подготовку – 1 астрономический час. |
| Шкалы оценивания результатов                                | Шкала оценивания результатов приведена в п.6.2. РПД.                                                                                                                                           |
| Результаты процедуры                                        | В результате сдачи всех заданий для СРС студенту необходимо набрать 45 баллов, чтобы быть допущенным к экзамену, и 60 баллов, чтобы получить зачет.                                            |



7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины<sup>3</sup>

| №                                   | Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы, вид и характеристика иных информационных ресурсов                                                                                                                                                                                                                             | Наличие грифа, вид грифа | Кол-во экзempl. в библиотеке СВФУ | Кол-во студентов |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------|
| <b>Основная литература</b>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                          |                                   |                  |
| 1.                                  | Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах: учеб. пособие . – Изд-е 3-е, стер. – Москва: Высш. шк., 2008. – 544 с                                                                                                                                                                                                                               |                          | 6                                 | 10               |
| <b>Дополнительная литература</b>    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                          |                                   |                  |
| 2.                                  | Лемешко Б.Ю. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : конспект лекций / Б.Ю. Лемешко. — Электрон.текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2009. — 157 с. — 978-5-7782-1202-2. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/45388.html">http://www.iprbookshop.ru/45388.html</a>                      |                          |                                   | 10               |
| 3.                                  | Ренин С.В. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : сборник задач и упражнений / С.В. Ренин, Н.Д. Ганелина. — Электрон.текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 54 с. — 978-5-7782-1688-4. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/45389.html">http://www.iprbookshop.ru/45389.html</a> |                          |                                   | 10               |
| <b>Методические разработки вуза</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                          |                                   |                  |
| 6                                   | Самохина В.М. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Методы оптимизации» на тему: «Транспортная задача» для студентов направления подготовки: 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», 09.03.03"Прикладная информатика», Нерюнгри 2018, 53 с.                                                                      |                          |                                   |                  |

<sup>3</sup> Для удобства проведения ежегодного обновления перечня основной и дополнительной учебной литературы рекомендуется размещать раздел 7 на отдельном листе, с обязательной отметкой в Учебной библиотеке.

**8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее сеть-Интернет), необходимых для освоения дисциплины**

- 1) Портал Math.ru: библиотека, медиатека, олимпиады, задачи, научные школы, история математики <http://www.math.ru>
- 2) Московский центр непрерывного математического образования <http://www.mccme.ru>
- 3) Прикладная математика: справочник математических формул, примеры и задачи с решениями <http://www.pm298.ru>

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

| № п/п | Виды учебных занятий*                    | Наименование аудиторий, кабинетов, лабораторий и пр. | Перечень оборудования                                 |
|-------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1.    | Лекционные занятия, практические занятия | Мультимедийный кабинет                               | интерактивная доска, ноутбук, мультимедийный проектор |
| 2.    | Подготовка к СРС                         | Кабинет для СРС № 402                                | Компьютер, доступ к интернет                          |

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

**10.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине<sup>4</sup>**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- использование на занятиях электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного учебного пособия), видео- и аудиоматериалов (через Интернет);
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и СДО Moodle.

**10.2. Перечень программного обеспечения**

-MSWORD, MSPowerPoint.

**10.3. Перечень информационных справочных систем**

Не используются.

<sup>4</sup>В перечне могут быть указаны такие информационные технологии, как использование на занятиях электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного курса лекций, графических объектов, видео- аудио- материалов (через Интернет), виртуальных лабораторий, практикумов), специализированных и офисных программ, информационных (справочных) систем, баз данных, организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты, форумов, Интернет-групп, скайп, чаты, видеоконференцсвязь, компьютерное тестирование, дистанционные занятия (олимпиады, конференции), вебинар (семинар, организованный через Интернет), подготовка проектов с использованием электронного офиса или оболочки) и т.п.

## ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

## Б1.О.17 Методы оптимизации

[illegible]

*В таблице указывается только характер изменений (например, изменение темы, списка источников по теме или темам, средств промежуточного контроля) с указанием пунктов рабочей программы. Само содержание изменений оформляется приложением по сквозной нумерации.*