**Приложение 2**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

|  |
| --- |
| Институт информационных технологий математики и механики |

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совет ННГУ

протокол от

«11» мая 2021 г. № 2

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| **МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ** |

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| **бакалавриат** |

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

|  |
| --- |
| **01.03.02 Прикладная математика и информатика** |

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| **Системный анализ, исследование операций и управление** |

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

|  |
| --- |
| **очно-заочная** |

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижний Новгород

2021 год

1. **Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина Б1.B.08, Методы оптимизации относится к части ООП направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, формируемой участниками образовательных отношений.

1. **Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Формируемые компетенции** (код, содержание компетенции) | **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции** | | **Наименование оценочного средства** |
| **Индикатор достижения компетенции**\* (код, содержание индикатора) | **Результаты обучения  по дисциплине\*\*** |
| ***УК-2****. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений* | ***УК-2.1****. Знает необходимые для осуществления профессиональной деятельности фундаментальные основы используемой науки, а также соответствующие правовые нормы* | ***Знать как:***  *– решать математические задачи и проблемы из области методов оптимизации, аналогичные ранее изученным:*   1. *выполнять математическую постановку задач оптимизации* 2. *строить вычислительные схемы решения задач динамического программирования с помощью уравнений Беллмана;* 3. *использовать методы сверток в задачах многокритериальной оптимизации;* 4. *находить решения задач математического программирования, имеющих простое аналитическое описание, с использованием условий Каруша-Куна-Таккера;* 5. *выбирать эффективные вычислительные методы решения нелинейных задач оптимизации различного типа и правильно интерпретировать полученные результаты.* 6. *применять универсальные математические пакеты для выполнения оптимизационных расчетов;* 7. *применять принцип максимума для аналитического решения простых задач оптимального управления;* 8. *применять уравнение Эйлера и его обобщения, а также условия трансверсальности и условие Лежандра для решения задач вариационного исчисления.*   *– доказывать ранее изученные в рамках дисциплины математические утверждения;*  *– решать математические задачи, которые требуют некоторой оригинальности мышления.* | *Собеседование* |
| ***УК-2.2****. Умеет определять круг задач в рамках избранных видов профессиональной деятельности, планировать собственную деятельность, исходя из имеющихся ресурсов;* ***с****оотносить главное и второстепенное, решать поставленные задачи в рамках избранных видов профессиональной деятельности* | ***Уметь:***  *Применять основные принципы, факты, понятия, аналитические и численные методы, изучаемые в дисциплине:*   1. *принцип Р.Беллмана, структуру рекуррентных уравнений Р.Беллмана;* 2. *понятие оптимальности для задач векторной оптимизации;* 3. *основные понятия и факты из выпуклого анализа, включая свойства выпуклых функций;* 4. *запись условий оптимальности для различных типов задач математического программирования: условия Лагранжа, Каруша–Куна–Таккера, достаточные условия второго порядка и их роль в построении численных методов;* 5. *классические и эффективные вычислительные методы одномерной, многомерной локальной и глобальной оптимизации и условия их применимости;* 6. *методы учета ограничений в локальной и многоэкстремальной оптимизации.* 7. *принцип максимума Л.С. Понтрягина в задачах оптимального управления;* 8. *необходимые условия экстремума в простейших задачах вариационного исчисления* | *Собеседование*  *Контрольная работа* |
| ***УК-2.3****. Имеет практический опыт решения задач в области избранных видов профессиональной деятельности.* | ***Уметь:***  *– выбрать метод решения конкретных задач из изучаемой предметной области;*  *– выбрать эффективный численный метод решения поставленных нелинейных задач оптимизации;*  *– построить аналитическое решение задач из различных разделов методов оптимизации, правильно интерпретировать результаты.* | *Задача (практическое задание)*  *Контрольная работа* |
| ***ПК-6.***  *Способен изучать и применять программное обеспечение, проводить расчётные работы и выполнять обработку результатов исследований* | ***ПК-6.1.****Знает методы применения современных программных комплексов, пакетов прикладных программ и автоматизированных систем для решения прикладных задач при проведении исследований* | ***Знать:***  *– основные факты из математического анализа, геометрии и алгебры и других дисциплин, на которые опирается изучение методов оптимизации;*  *– базовые и прикладные алгоритмы, необходимые при разработке программного обеспечения для решения оптимизационных задач.* | *Собеседование* |
| ***ПК-6.2.****Умеет самостоятельно проводить расчётные работы, выбирать и применять современные программные комплексы, пакеты прикладных программ и автоматизированные системы, обрабатывать и анализировать полученные результаты* | ***Уметь****:*  *– применять базовые знания для выбора подходящих алгоритмов решения поставленных задач оптимизации;*  *– получить программные реализации типовых алгоритмов численного решения задач оптимизацию.* | *Задачи*  *Контрольная работа* |
| ***ПК-6.3.****Имеет практический опыт применения современного программного обеспечения для решения прикладных задач.* | ***Владеть:***  *– навыками использования универсальных математических пакетов для выполнения оптимизационных расчетов при обработке информации;*  *– навыками интерпретации результатов численного исследования экстремальных задач.* | *Задача (практическое задание)* |

**3. Структура и содержание дисциплины**

**3.1. Трудоемкость дисциплины**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Очная форма обучения** |
| **Общая трудоемкость** | **5 ЗЕТ** |
| **Часов по учебному плану** | **180** |
| **в том числе** |  |
| **аудиторные занятия (контактная работа):**  **- занятия лекционного типа**  **- занятия семинарского типа**  **- занятия лабораторного типа**  **- текущий контроль (КСР)** | **50**  **32**  **16**  **0**  **2** |
| **самостоятельная работа** | **94** |
| **Промежуточная аттестация – экзамен** | **36** |

**3.2. Содержание дисциплины**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины** | **Всего  (часы)** | В том числе | | | | |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы.** Из них | | | | **Самостоятельная работа обучающегося, часы** |
| **Занятия лекционного   типа** | **Занятия семинарского   типа** | **Занятия лабораторного   типа** | **Всего** |
| Очная | Очная | Очная | Очная | Очная | Очная |
| Раздел 1. Введение: постановки задач нелинейного математического программирования, многокритериальные задачи. Динамическое программирование | 23 | 4 | 6 |  | 10 | 13 |
| Раздел 2. Элементы выпуклого анализа. Теория условий оптимальности. | 25 | 8 | 4 |  | 12 | 13 |
| Раздел 3. Численные методы безусловной локальной оптимизации. | 21 | 6 | 2 |  | 8 | 13 |
| Раздел 4. Методы учета функциональных ограничений в локальной оптимизации. | 18 | 4 | 1 |  | 5 | 13 |
| Раздел 5. Численные методы многоэкстремальной оптимизации | 19 | 4 | 1 |  | 5 | 14 |
| Раздел 6. Задачи и методы оптимального управления | 17 | 2 | 1 |  | 3 | 14 |
| Раздел 7. Задачи и методы вариационного исчисления | 19 | 4 | 1 |  | 5 | 14 |
| Текущий контроль (КСР) | 2 |  |  |  | 2 |  |
| **Промежуточная аттестация – экзамен** | 36 |  |  |  |  |  |
| Итого | **180** | **32** | **16** |  | **50** | **94** |

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (экзамен).

1. **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Ниже приводятся виды самостоятельной работы студентов, порядок их выполнения и контроля, приводится учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы по ее отдельным видам и разделам дисциплины.

**Виды самостоятельной работы студентов:**

* проработка теоретического материала лекционных занятий;
* подготовка домашних заданий к научно-практическим занятиям;
* подготовка к выполнению письменных контрольных работ;
* подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс, созданный в системе электронного обучения ННГУ - https://e-learning.unn.ru/.

https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=790

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

1. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю**),

включающий:

* 1. **Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)** | **Шкала оценивания сформированности компетенций** | | | | | | |
| **плохо** | **неудовлетворительно** | **удовлетворительно** | **хорошо** | **очень хорошо** | **отлично** | **превосходно** |
| Не зачтено | | Зачтено | | | | |
| Знания | Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минималь­ных требований. Имели место грубые ошибки. | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| Умения | Отсутствие минималь­ных умений. Невозмож­ность оценить наличие умений вследствие отказа обучающего­ся от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки. | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущест­венными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| Навыки | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки. | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами. | Продемонст­рированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. |

**Шкала оценки при промежуточной аттестации**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Оценка** | | **Уровень подготовки** |
| зачтено | Превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно» |
| Отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» |
| Очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» |
| Хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» |
| Удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| не зачтено | Неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» |
| Плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

* 1. **Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения**
     1. **Контрольные вопросы**

**Вопросы к экзамену**

|  |  |
| --- | --- |
| *Вопрос* | *Код компетенции* |
| 1. Общая постановка однокритериальной задачи оптимизации. Понятия локально-оптимального и глобально-оптимального решений | УК-2 |
| 2. Задачи с фиксированным временем начала и окончания. Постановка. Понятие функции Беллмана (определение) при решении «от начала», а также «от конца». | УК-2 |
| 3. Метод рекуррентных уравнений Беллмана | УК-2 |
| 4. Принцип Беллмана как необходимое условие (с доказательством для аддитивного критерия) и как достаточное условие (с доказательством) в задачах с аддитивным критерием и критерием в виде максимума | УК-2 |
| 5. Выпуклые множества, выпуклые функции (выпуклость и строгая выпуклость). Проекция точки на множество, две леммы о свойствах проекции. | УК-2 |
| 6. Отделимость точки и множества, строгая и сильная отделимость, две теоремы об отделимости. | УК-2 |
| 7. Свойства выпуклых функций, критерии выпуклости. Задача выпуклого математического программирования и ее свойства. | УК-2 |
| 8. Условие оптимальности первого порядка при отсутствии ограничений: теорема Ферма. Задачи с ограничениями, функция Лагранжа. | УК-2 |
| 9. Определение понятия регулярности допустимого множества в точке и в целом. | УК-2 |
| 10. Теоремы об условиях оптимальности: теорема Лагранжа (для гладкой задачи с ограничениями–равенствами); теорема о достаточности условий Каруша-Куна-Таккера в недифференциальной форме; | УК-2 |
| 11. Теоремы о необходимых и достаточных условиях минимума в недифференциальной форме и в дифференциальной форме для класса выпуклых регулярных задач. | УК-2 |
| 12. Геометрическая интерпретация условий оптимальности, записанных в градиентной форме для теоремы Лагранжа и Каруша-Куна-Таккера. Геометрическая интерпретация ситуации  при разложении антиградиента целевой функции в выпуклой задаче при неверной гипотезе о наборе активных неравенств. | УК-2 |
| 13. Достаточные условия регулярности для допустимых множеств разных типов: условия регулярности в точке, записанные в градиентной форме для задач с гладкими равенствами; аналогичные условия для задач с гладкими равенствами и неравенствами; условие регулярности Слейтера для допустимого множества и условия его применимости. | УК-2 |
| 14. Понятие метода поисковой оптимизации. Испытание и порядок испытания. Априорная и поисковая информация. Пассивные и последовательные алгоритмы. Принцип наилучшего гарантированного результата. Оптимальные и ε–оптимальные алгоритмы. Одношаговая оптимальность. | ПК-6 |
| 15. Класс унимодальных функций, правило сокращения интервала по двум и по k измерениям. Построение оптимальных и ε–оптимальных пассивных N–шаговых алгоритмов, ε–оптимального последовательного N–шагового алгоритма (метод Фибоначчи). Неоптимальные алгоритмы: методы золотого сечения | ПК-6 |
| 16. Задачи поиска локального экстремума в задачах без ограничений. Общая структура итерационных методов локального поиска. Понятие порядка метода. Линейная, сверхлинейная и квадратичная скорости сходимости (определения). | ПК-6 |
| 17. Два критерия выбора шагового множителя. Алгоритмы Армихо и одномерной минимизации. «Аккуратный» одномерный поиск. | ПК-6 |
| 18. Классические методы многомерного локального поиска и их свойства: градиентные методы, включая метод наискорейшего градиентного поиска, и метод Ньютона. Теоремы сходимости для этих методов, свойства. | ПК-6 |
| 19. Методы прямого поиска на примере метода Хука-Дживса. | ПК-6 |
| 20. Общие методы решения задач с ограничениями. Метод внешних штрафных функций, степенная функция штрафа. Влияние показателя степени на гладкость функции штрафа. | ПК-6 |
| 21. Общие методы решения задач с ограничениями. Метод внешних штрафных функций, степенная функция штрафа. Влияние показателя степени на гладкость функции штрафа. Теорема сходимости. | ПК-6 |
| 22. Одномерный вариант метода Пиявского — метод ломанных. | ПК-6 |
| 23. Постановка задачи оптимального управления . Понятия оптимального управления, областей управляемости и неуправляемости. Функция Беллмана в задаче оптимального управления. | УК-2 |
| 24. Теорема о необходимых условиях оптимальности управления в форме принципа максимума Понтрягина, связь принципа максимума с уравнением Беллмана. | УК-2 |
| 25. Линейные задачи на оптимальное быстродействие. Постановка, преобразование формы записи принципа максимума для этих задач, исходя из теоремы о принципе максимума для общей задачи. Структура оптимального управления. Условие общности положения. Теорема о необходимых и достаточных условиях оптимальности управления | УК-2 |
| 26. Простейшие задачи вариационного исчисления (с закрепленными, свободными и скользящими концами) — постановки задач. Формализация понятия близости кривых. Понятие сильного и слабого локального экстремумов. | УК-2 |
| 27. Метод вариации Лагранжа. Первая и вторая вариации. Лемма о необходимых условиях экстремума в общей форме. Экстремум и экстремаль функционала (определение экстремали). Основная лемма вариационного исчисления. | УК-2 |
| 28. Вычисление первой вариации функционала для задач с закрепленными концами, свободными концами, а также для задач со скользящими концами. Вывод уравнения Эйлера и граничных условий как необходимых условий первого порядка для экстремума и как необходимых и достаточных условий для экстремалей в трех простейших задачах вариационного исчисления. | УК-2 |

**5.2.2. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции УК-2**

Задачи из раздела «Условия оптимальности в задачах математического программирования»

|  |  |
| --- | --- |
| МП-5  Выполнить анализ типа задачи, найти глобальный минимум: | МП-6  Выполнить анализ типа задачи, найти глобальный минимум: |
| МП-7  Выполнить анализ типа задачи, найти глобальный минимум: | МП-8  Выполнить анализ типа задачи, найти глобальный минимум: |
| МП-9  Найти экстремумы (максимумы и минимумы) в задаче с целевой функцией    при ограничении | МП-10  Выполнить анализ типа задачи, найти глобальный минимум: |

**5.2.3. Типовые задачи (практические задания) для оценки сформированности компетенций**

**УК-2,ПК-6**

Для задач математического программирования, приведенных в п. 2.2.1 ФОС (примеры этих задач см. в п.5.2.2 РПД), провести численные расчеты, выполнить поиск указанных в задачах экстремумов с использованием одного из универсальных математических пакетов.

Выполнить интерпретацию полученных численных результатов с учетом исходной постановки задачи.

**5.2.4. Задачи для оценки компетенции «УК-2»***:*

1. Задача из раздела «оптимальное управление»

Судно массы  совершает поступательное одномерное движение под действием двигателя, развивающего усилие , и испытывает сопротивление со стороны окружающей воды, равное скорости движения с обратным знаком. Усилие, развиваемое двигателем, ограничено по величине: . Решить задачу синтеза управления, мягко (с нулевой скоростью) приводящего судно в точку с координатой 0 за минимальное время. Точка причаливания находится на прямой, вдоль которой перемещается судно.

2. Задача из раздела «оптимальное управление»

Построить область управляемости и синтезировать оптимальное по быстродействию управление в начало координат для управляемой динамической системы, описываемой системой дифференциальных уравнений:

где вектор  принимает значение на отрезке, соединяющем точки .и .

**5.2.5. Типовые задачи контрольной работы 1 для оценки компетенции «УК-2»**

**Вариант 1.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. Планируется производство на двух предприятиях в течение **N** лет. Сумма начальных средств в фонде развития, предназначенных для распределения равна **S**. Средства в размере **u**, выделенные **i**-му предприятию в начале очередного года, приносят за год доход **J i(u)**,а также сумму **f i(u)**, передаваемую в совместный фонд развития для дальнейшего финансирования производства. Средства выделяются предприятиям суммами, кратными величине **d** так, что средства фонда полностью делятся между предприятиями, за исключением сумм, меньших **d** (эти последние суммы теряются). В начале каждого следующего года средства, переданные в фонд, объединяются и заново делятся. Необходимо добиться максимального суммарного совокупного дохода, образованного из значений функций **J**, за счет выбора стратегии перераспределения средств.  Поставить задачу в форме задачи динамического программирования, записать вид рекуррентных уравнений Беллмана для произвольного N/ Выполнить расчеты при следующих данных: **N=3, S=120, f 1(u)=0.4u, f 2(u)=0.6u, d=20.**   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | u | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | | J1(u) | 0 | 5 | 8 | 12 | 14 | 15 | 16 | | J2(u) | 0 | 3 | 5 | 8 | 12 | 14 | 15 | |

**Вариант 2**

Группе предприятий выделяются средства в количестве С единиц на реконструкцию и модернизацию производства. Для каждого из предприятий известен прирост выпуска продукции в зависимости от выделенной ему суммы. Распределить средства между предприятиями так, чтобы общий прирост выпуска продукции был максимальным. Поставить задачу в форме задачи динамического программирования, записать вид рекуррентных уравнений Беллмана для произвольного N. Выполнить расчеты при следующих данных:

 заданы в таблице

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| u |  |  |  |  |
| 20 | 10 | 12 | 11 | 15 |
| 40 | 30 | 25 | 33 | 35 |
| 60 | 42 | 35 | 44 | 45 |
| 80 | 42 | 52 | 58 | 60 |
| 100 | 75 | 77 | 76 | 80 |

**5.2.6. Типовые задачи контрольной работы 2 для оценки компетенции «ПК-6»**

Раздел – численные методы

|  |
| --- |
| ЧМ-5  Исследовать поведение метода Ньютона для функции, «собранной» из двух квадратичных  Дать объяснение обнаруженному эффекту. |
| ЧМ-6  Используя соотношение Канторовича, получить оценку скорости сходимости метода наискорейшего градиентного поиска для функции  . |
| ЧМ-7  Для функции  исследовать примене­ние алгоритма выбора шагового множителя  при условии, что итерация метода локальной оптимизации выполняется из точки  в направлении . Найти , используя правило Армихо с параметрами ,  и ; |
| ЧМ-8 Получить оценку погрешности решения задачи  .  по невязке в ограничении в зависимости от величины коэффициента штрафа . Считать, что задача решается методом внешнего степенного штрафа с показателем степени . Оценить количество итераций метода штрафа для решения задачи с погрешностью  по невязке, равной , если начальное значение коэффициента штрафа  и его значения удваиваются после каждой итерации. |

**5.2.7. Типовые задачи комплексного экзамена для оценки компетенции «ПК-6»**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| МП-1. Определить тип задачи, выяснить регулярность области.  Найти решение.   |  | | --- | | min x^2 + (1/2)\*y^2 + z^2 + (x + y)\*z -2\*x – z | | 7 + y + z >= 0 | | x + z >= 5 | | 2\*x + y + z + 1 >= 0 | | 4\*z - x >= 10 | | x + y + 2\*z = 1 | | МП-2. Привести (в геометрической форме представления) пример гладкой задачи с ограничениями-равенствами, где существует точка, удовлетворяющая условиям Лагранжа, но не являющаяся ни локальным минимумом, ни максимумом. |

**5.2.8. Типовые задачи комплексного экзамена для оценки компетенции «УК-2»**

|  |
| --- |
| 1. Найти область управляемости и осуществить синтез оптимальных управлений в задаче о быстрейшем попадании в начало координат для линейной системы , где , в следующих случаях: (a) ; (b) ; (c) ;  (d) ;  (e) .  Здесь и  — корни характеристического уравнения .  При решении задачи самостоятельно выбрать значения коэффициентов *h* и *k* при которых будут обеспечены указанные типы значений корней характеристического полинома. |

|  |
| --- |
| 2. Найти экстремали функционалов, выяснить, может ли на этих экстремалях достигаться минимум (максимум) функционала:  a  b  c  d  e  f |

**6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

1. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. Учебное пособие – 2-е изд. перераб. и доп. – М.:Наука,1988. (220 экз.)

2. Городецкий С.Ю., Гришагин В.А. Нелинейное программирование и многоэкстремальная оптимизация. Учебное пособие. Н.Новгород: изд-во ННГУ, 2007. – 489 с. (81экз.)

3. Карманов В.Г. Математическое программирование. Учебное пособие. – М.: Физматлит, 1986. (136 экз.)

4. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления – М.:Наука, 1969. (38экэ.)

5. Гельфанд И.М., Фомин С.В. Вариационное исчисление. М.: Физматгиз,1961. — В форме электронного документа на сайте EdWorld «Мир математических уравнений», ИПМ РАН, 2004-2016, URL: режим доступа свободный <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/variational.htm> .

6. Краснов М.Л., Макаренко Г.И., Киселев А.И. Вариационное исчисление. М.:Наука, 1973. — В форме электронного документа на сайте EdWorld «Мир математических уравнений»/ ИПМ РАН, 2004-2016, URL: режим доступа свободный <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/variational.htm>

б) дополнительная литература

1. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация.– М.: Мир, 1985. (45 экз).

2. Сергеев Я.Д., Квасов Д.Е. Диагональные методы глобальной оптимизации. М.: Физматлит, ННГУ, 2008. (14 экз.)

3. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. 2-е издание. — М.: Наука, 2011. – Электронная библиотечная система «Издательства Лань», 2016, URL: режим доступа [https://e.lanbook.com](https://e.lanbook.com/search?query=Дифференциальные+уровнения)

4. Измаилов А.Ф., Солодов М.В. Численные методы оптимизации: Учеб. Пособие. 2-е переработанное издание – М.: Физматлит, 2008. – Электронная библиотечная система «Издательства Лань», 2016, URL: режим доступа [https://e.lanbook.com](https://e.lanbook.com/search?query=Дифференциальные+уровнения)

5. Курант Р.,Гильберг Д. Методы математической физики,т.1, – М.:ГИТТЛ,1951. — В форме электронного документа доступна на сайте EdWorld «Мир математических уравнений», ИПМ РАН, 2004-2016, URL: режим доступа <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/pde.htm>

в) Интернет-ресурсы

1. EqWorld. Мир математических уравнений / Разработчик – А. Д. Полянин. – М.: ИПМ РАН, 2004-2014. Электронный ресурс, содержащий электронные версии книг по вариационному исчислению в свободном доступе:                                                                <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/variational.htm>

2. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: режим доступа [https://e.lanbook.com](https://e.lanbook.com/search?query=Дифференциальные+уровнения)

**7.Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Наличие рекомендованной литературы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций ООП ВО по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Автор к.ф.-м.н., доц. каф. ТУиДС\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Губина Е.В.

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой ТУиДС, д.ф.-м.н.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Осипов Г.В

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 02.06.2021 года, протокол № 8.