**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

 Кафедра информационных и сетевых технологий

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ИВТ

 Д.Ю. Чалый

«\_22\_» мая 2024 г.

# Рабочая программа дисциплины

«Методы оптимизации»

# Направление подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

# Направленность (профиль)

**«**Программирование и технологии искусственного интеллекта»

# Квалификация выпускника

Бакалавр

# Форма обучения

очная

Программа рассмотрена на заседании кафедры

от 10 апреля 2024 г.,

протокол № 8

Программа одобрена НМК факультета ИВТ

протокол № 6 от

26 апреля 2024 г.

Ярославль

# Цели освоения дисциплины

Целями дисциплины «Методы оптимизации» являются приобретение знаний и умений в соответствии с ФГОС ВПО, содействие формированию мировоззрения и развитию способности понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат. Дисциплина должна обеспечивать развитие логического, эвристического и алгоритмического мышления у студентов.

# Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Методы оптимизации» относится к обязательной части ОП бакалавриата.

При изучении курса «Методы оптимизации» необходимо предварительное изучение курсов «Математический анализ», «Алгебра и геометрия», «Дифференциальные уравнения».

# Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Формируемая компетенция (код и формулировка)** | **Индикатор достижения компетенции****(код и формулировка)** | **Перечень планируемых результатов****обучения** |
| **Общепрофессиональные компетенции** |
| **ОПК-5** Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения | **ОПК 5.1** Демонстрирует знания методов алгоритмизации, языков и технологий программирования, пригодных для практического применения.; | Знать:* теоретические основы методов оптимизации; методы построения и общие принципы анализа оптимизационных моделей различных процессов, возникающих на практике;

Уметь:* использовать полученные теоретические знания для решения конкретных прикладных задач, производить математические расчеты в стандартных постановках, производить содержательный анализ результатов вычислений;

Владеть навыками:* практическими навыками применения современных оптимизационных методов при анализе практических.
 |
|  | **ОПК – 5.2** Демонстрирует знания методов алгоритмизации, языков и технологий программирования, пригодных для практического применения.; |
|  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

# Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. ед., 144 акад.час.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Темы (разделы) дисциплины, их содержание** | **Семестр** | **Виды учебных занятий,****включая самостоятельную работу студентов,****и их трудоемкость****(в академических часах)** | **Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации*****(по семестрам)*** |
|  |  |  | **Контактная работа** |  |  |
|  |  |  | лекции | практические | лабораторные | консультации | аттестационныеиспытания | самостоятельнаяработа |  |
| 1. | Классификация задач математического программирования.Понятие экстремальной задачи. | 6 | 2 | 2 |  |  |  | 1 | Задания для самостоятельной работы |
| 2. | Теорема Фаркаша- Минковского. Вывод теоремы Гордана из теоремы Фаркаша- Минковского. Конус возможных направлений. Его внутренняя и внешняяаппроксимация. | 6 | 2 | 2 |  |  |  | 1 | Задания для самостоятельной работы |
| 3. | Необходимые условия Куна–Таккера (линейный случай). Условия регулярности (линейность ограничений).Необходимые условия Куна–Таккера (нелинейный случай). Необходимые условия оптимальности вгеометрической форме. | 6 | 2 | 2 |  | 1 |  | 2 | Задания для самостоятельной работы |
| 4. | Необходимые условия оптимальности Куна- Таккера. Необходимые условия оптимальности Фритца-Джона. Теорема о замыкании конусавозможных направлений. Условия регулярности: | 6 | 2 | 2 |  |  |  | 2 | Задания для самостоятельной работы |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | независимость градиентов активных ограничений; условие Слейтера;линейность ограничений. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5. | Теорема Куна–Таккера (локальная форма).Теорема Куна–Таккера (нелокальная форма). Необходимые условия Куна–Таккера (выпуклый случай). Условие регулярности – условие Слейтера. Теорема Куна– Таккера для линейных ограничений . Теория двойственности нелинейногопрограммирования. | 6 | 2 | 2 |  |  |  | 2 | Задания для самостоятельной работы Контрольная работа 1 |
| 6. | Понятия базиса, базисного решения, б.д.р. и крайней точки (вершины).Элементарное преобразование б.д.р. (базиса и симплекс-таблицы). Симплекс – метод. | 6 | 4 | 4 |  | 1 |  | 2 | Задания для самостоятельной работы |
| 7. | Двойственные задачи линейного программирования (ЛП). Эквивалентность понятий б.д.р. и вершины многогранного множества. Понятие вырожденного иневырожденного б.д.р. | 6 | 2 | 2 |  | 1 |  | 2 | Задания для самостоятельной работы |
| 8. | Критерий разрешимости задачи ЛП | 6 | 2 | 2 |  |  |  | 2 | Задания длясамостоятельной работы |
| 9. | Первая и вторая теоремы двойственности линейного программирования.Понятие ребра многогранногомножества. | 6 | 2 | 2 |  |  |  | 1 | Задания для самостоятельной работы |
| 10. | Интерпретация неразрешимости задачи ЛП в с.-м. как перемещения из текущей вершины по неограниченному ребру в направлении убывания целевой функции.Элементарное преобразование базиса и с.-т. Представление обэлементарном | 6 | 2 | 2 |  | 1 |  | 2 | Задания для самостоятельной работы |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | преобразовании как движении из текущей вершины по ребру.Случай ограниченного ребра. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11. | Метод искусственного базиса. | 6 | 2 | 2 |  | 1 |  | 2 | Задания длясамостоятельной работы |
| 12. | Анализ чувствительности: возмущение целевойфункции и правых частей. | 6 | 2 | 2 |  |  |  | 1 | Задания для самостоятельнойработы |
| 13. | Анализ чувствительности:возмущение матрицы ограничений | 6 | 2 | 2 |  | 1 |  | 1 | Задания длясамостоятельной работы |
| 14. | Лексикографический двойственный симплекс - метод | 6 | 2 | 2 |  | 1 |  | 2 | Задания для самостоятельной работы Контрольная работа2 |
| 15. | Простейшая задача вариационного исчисления. Абсолютный, сильный, слабый экстремум. Необходимоеусловие слабого экстремума. Экстремали. | 6 | 2 | 2 |  |  |  | 2 | Задания для самостоятельной работы |
| 16. | Частные случаи простейшей задачи вариационного исчисления. Задача обрахистохроне. | 6 | 2 | 2 |  |  |  | 2 | Задания для самостоятельной работы |
| 17. | Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления. | 6 | 2 | 2 |  |  |  | 1 | Задания для самостоятельной работыКонтрольная работа 3 |
|  | **Всего за 6 семестр** |  | **36** | **36** |  | **7** | **36** | **29** | **Экзамен** |
|  | **Всего** |  | **36** | **36** |  | **7** | **36** | **29** |  |

# Содержание разделов дисциплины:

**Раздел 1. Математическое программирование**

1. Классификация задач математического программирования. Понятие экстремальной задачи.
2. Теорема Фаркаша-Минковского. Вывод теоремы Гордана из теоремы Фаркаша- Минковского. Конус возможных направлений. Его внутренняя и внешняя аппроксимация.
3. Необходимые условия Куна–Таккера (линейный случай). Условия регулярности (линейность ограничений). Необходимые условия Куна–Таккера (нелинейный случай). Необходимые условия оптимальности в геометрической форме.
4. Необходимые условия оптимальности Куна-Таккера. Необходимые условия оптимальности Фритца-Джона. Теорема о замыкании конуса возможных направлений. Условия регулярности: независимость градиентов активных ограничений; условие Слейтера; линейность ограничений.
5. Теорема Куна–Таккера (локальная форма). Теорема Куна–Таккера (нелокальная форма). Необходимые условия Куна–Таккера (выпуклый случай). Условие регулярности – условие Слейтера. Теорема Куна–Таккера для линейных ограничений . Теория двойственности нелинейного программирования.

# Раздел 2. Линейное программирование

1. Понятия базиса, базисного решения, б.д.р. и крайней точки (вершины). Элементарное преобразование б.д.р. (базиса и симплекс-таблицы). Симплекс – метод.
2. Двойственные задачи линейного программирования (ЛП). Эквивалентность понятий б.д.р. и вершины многогранного множества. Понятие вырожденного и невырожденного б.д.р.
3. Критерий разрешимости задачи ЛП.
4. Первая и вторая теоремы двойственности линейного программирования. Понятие ребра многогранного множества.
5. Интерпретация неразрешимости задачи ЛП в с.-м. как перемещения из текущей вершины по неограниченному ребру в направлении убывания целевой функции. Элементарное преобразование базиса и с.-т. Представление об элементарном преобразовании как движении из текущей вершины по ребру. Случай ограниченного ребра.
6. Метод искусственного базиса.
7. Анализ чувствительности: возмущение целевой функции и правых частей.
8. Анализ чувствительности: возмущение матрицы ограничений.
9. Лексикографический двойственный симплекс - метод.

# Раздел 3. Вариационное исчисление.

1. Простейшая задача вариационного исчисления. Абсолютный, сильный, слабый экстремум. Необходимое условие слабого экстремума. Экстремали.
2. Частные случаи простейшей задачи вариационного исчисления. Задача о брахистохроне.
3. Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления.

# Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

# Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

* для формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации

–программы Microsoft Office, издательская система LaTeX;

- компиляторы с высокоуровневых языков программирования;

* для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ– Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

# Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

а) основная:

* + 1. Галеев Э. М. Оптимизация: теория, примеры, задачи.: учеб. пособие для вузов. / Э. М. Галеев; Науч.-метод. совет по математике и механике УМО ун- тов РФ - 4-е изд. - М.: URSS; Либроком, 2012. - 335 с.
		2. Горлач Б. А. Исследование операций: учеб. пособие для вузов. / Б. А. Горлач - СПб.: Лань, 2013. - 441 с.
		3. Методы оптимизации : метод. указания / сост. Н. В. Легков ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2008, 32c
		4. Методы оптимизации : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / под ред. Ф. П. Васильева, М., Юрайт, 2016, 375 c.
		5. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : метод. указания / сост. Н. В. Легков; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2008, 32c. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20080401.pdf>
	1. Методы оптимизации : учебник и практикум для вузов / Ф. П. Васильев, М. М. Потапов, Б. А. Будак, Л. А. Артемьева ; под редакцией Ф. П. Васильева. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 375 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6157-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450435>

б) дополнительная:

* + - 1. Саати Томас Л. Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы. / Т. Л. Саати; пер. с англ - М.: Мир, 1973. - 302 с.

 2.Заславский Ю. Л. Сборник задач по линейному программированию: учеб. пособие для вузов. / Ю. Л. Заславский; М-во высш. и среднего спец. образования - М.: Наука, 1969. - 256 с.

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (<http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php>).
2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" ([http://www.edu.ru](http://www.edu.ru/) (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке <http://window.edu.ru/library>).
3. Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб . пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, 115с. (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)
4. Электронно-библиотечная система «Юрайт»( https://urait.ru/ ).
5. Электронно-библиотечная система «Лань»( https://e.lanbook.com/).

# 8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитории, оборудованные для проведения лекций, практических занятий и консультаций, фонд библиотеки, компьютерная техника.

# Автор(ы) :

Старший преподаватель кафедры информационных и сетевых технологий

 Н.В. Легков

# Приложение №1 к рабочей программе дисциплины

**«Методы оптимизации»**

# Фонд оценочных средств

**для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов по дисциплине**

# Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы

**формирования компетенций**

# Контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущей аттестации

**Задания для самостоятельной работы**

**Задания по теме № 1** Классификация задач математического программирования. Понятие экстремальной задачи.

Задания для самостоятельного решения: с.9 № 1.1-1.9, с.11-12 № 1.1-1.3, 2.1-2.2 из учебного пособия

Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

**Задания по теме № 2** Теорема Фаркаша-Минковского. Вывод теоремы Гордана из теоремы Фаркаша-Минковского. Конус возможных направлений. Его внутренняя и внешняя аппроксимация.

Задания для самостоятельного решения: с.16-17 № 1.1-1.6, 2-5 из учебного пособия Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

**Задания по теме № 3** Необходимые условия Куна–Таккера (линейный случай). Условия регулярности (линейность ограничений). Необходимые условия Куна–Таккера (нелинейный случай). Необходимые условия оптимальности в геометрической форме.

Задания для самостоятельного решения: с.19-20 № 1-15 из учебного пособия

Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

**Задания по теме № 4** Необходимые условия оптимальности Куна-Таккера. Необходимые условия оптимальности Фритца-Джона. Теорема о замыкании конуса возможных направлений. Условия регулярности: независимость градиентов активных ограничений; условие Слейтера; линейность ограничений.

Задания для самостоятельного решения: с.21-22 № 1-15, 16а)в)д)ж)и), 17а)в)д)ж)и), 18б)из учебного пособия

Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

**Задания по теме № 5** Теорема Куна–Таккера (локальная форма). Теорема Куна–Таккера (нелокальная форма). Необходимые условия Куна–Таккера (выпуклый случай). Условие

регулярности – условие Слейтера. Теорема Куна–Таккера для линейных ограничений . Теория двойственности нелинейного программирования.

Задания для самостоятельного решения: с.25-26 № 1-11 из учебного пособия

Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

**Задания по теме № 6** Понятия базиса, базисного решения, б.д.р. и крайней точки (вершины). Элементарное преобразование б.д.р. (базиса и симплекс-таблицы). Симплекс – метод.

Задания для самостоятельного решения: с.28-29 № 1.1-1.5, с.32-33 № 2.1-2.4 из учебного пособия

Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

**Задания по теме № 7** Двойственные задачи линейного программирования (ЛП). Эквивалентность понятий б.д.р. и вершины многогранного множества. Понятие вырожденного и невырожденного б.д.р.

Задания для самостоятельного решения: с.59-59 № 4.28-4.50 из учебного пособия Заславский Ю. Л. Сборник задач по линейному программированию: учеб. пособие для вузов. / Ю. Л. Заславский; М-во высш. и среднего спец. образования - М.: Наука, 1969

**Задания по теме № 8** Критерий разрешимости задачи ЛП.

Задания для самостоятельного решения: с.36-37 № 1.1-1.2, 2.1-2.3 из учебного пособия

Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

**Задания по теме № 9** Первая и вторая теоремы двойственности линейного программирования. Понятие ребра многогранного множества.

Задания для самостоятельного решения: с.42-43 № 1.1-1.2, 2.1-2.7 из учебного пособия

Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

**Задания по теме № 10** Интерпретация неразрешимости задачи ЛП в с.-м. как перемещения из текущей вершины по неограниченному ребру в направлении убывания целевой функции. Элементарное преобразование базиса и с.-т. Представление об элементарном преобразовании как движении из текущей вершины по ребру. Случай ограниченного ребра.

Задания для самостоятельного решения: с.45 № 1-3 из учебного пособия

Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

**Задания по теме № 11** Метод искусственного базиса.

Задания для самостоятельного решения: с.53 № 1-6 из учебного пособия

Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

**Задания по теме № 12** Анализ чувствительности: возмущение целевой функции и правых частей.

Задания для самостоятельного решения: с.60-61 № 1-6 из учебного пособия

Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

**Задания по теме № 13** Анализ чувствительности: возмущение матрицы ограничений.

Задания для самостоятельного решения: с.63-64 № 1.1-1.3, 2.1-2.2 из учебного пособия

Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

**Задания по теме № 14** Лексикографический двойственный симплекс - метод.

Задания для самостоятельного решения: с.64-65 № 3-5, с.66 № 1-3 из учебного пособия

Ларин Р. М. , Плясунов А. В., Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)

**Задания по теме № 15** Простейшая задача вариационного исчисления. Абсолютный, сильный, слабый экстремум. Необходимое условие слабого экстремума. Экстремали.

Задания для самостоятельного решения: с.185-187 № 1.1-1.25 из учебного пособия Галеев Э. М. Оптимизация: теория, примеры, задачи.: учеб. пособие для вузов. / Э. М. Галеев; Науч.-метод. совет по математике и механике УМО ун-тов РФ - 4-е изд. - М.: URSS; Либроком, 2012.

**Задания по теме № 16** Частные случаи простейшей задачи вариационного исчисления. Задача о брахистохроне.

Задания для самостоятельного решения: с.187-189 № 1.26-1.52 из учебного пособия Галеев Э. М. Оптимизация: теория, примеры, задачи.: учеб. пособие для вузов. / Э. М. Галеев; Науч.-метод. совет по математике и механике УМО ун-тов РФ - 4-е изд. - М.: URSS; Либроком, 2012.

**Задания по теме № 17** Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления.

Задания для самостоятельного решения: с.195 № 2.1-2.5, из учебного пособия

Галеев Э. М. Оптимизация: теория, примеры, задачи.: учеб. пособие для вузов. / Э. М. Галеев; Науч.-метод. совет по математике и механике УМО ун-тов РФ - 4-е изд. - М.: URSS; Либроком, 2012.

# Типовой вариант контрольной работы №1

Решить методом Лагранжа:

1. *x*2+ *x*2 *→min*

1 2

( *x* ¿¿ 12−1)+ *x*2=4 ¿

2

1. *x*1 *x*2 *x*3 *→max*

*x*1 *≥* 1

*x*2 *≥* 1

*x*3 *≥* 1

*x*2+ *x*2+ *x*2=8

1 2 3

# Типовой вариант контрольной работы №2

1. Решить графически.

*f(x) = -x1-x2-x3-x4+4x5→min 3x1+ x2+x3-6x5=7*

*2x1+x2+3x3+3x4-7x5=10*

*-3x1+x2+x3-6x4=1 xj≥0, j=1,...,5*

1. Решить симплекс-методом, находя начальную точку методом искусственного базиса.

*f(x) = x1-x2-x3-x4-3x5→min 2x1+2x2+x4+x5=3*

*3x1-x2+2x3-2x5=1*

*-3x1+2x2-x4+2x5=1 xj≥0, j=1,...,5*

# Типовой вариант контрольной работы №3

1. Найти экстремали функционала, удовлетворяющие указанным граничным условиям:

*b*

*J* ( *y* )=∫¿¿¿

0

1. Материальная точка перемещается вдоль плоской кривой **y=y(x)**, соединяющей точки **M0(0, 0)** и **M1(1, 1***)* со скоростью **v=x**. Найти гладкую кривую, время движения вдоль которой из точки **M0** в точку **M1** будет минимальным.

# Список вопросов к экзамену

* 1. Классификация задач математического программирования. Понятие экстремальной задачи.
	2. Теорема Фаркаша-Минковского. Вывод теоремы Гордана из теоремы Фаркаша- Минковского. Конус возможных направлений. Его внутренняя и внешняя аппроксимация.
	3. Необходимые условия Куна–Таккера (линейный случай). Условия регулярности (линейность ограничений).
	4. Необходимые условия Куна–Таккера (нелинейный случай). Необходимые условия оптимальности в геометрической форме.
	5. Необходимые условия оптимальности Куна-Таккера. Необходимые условия оптимальности Фритца-Джона.
	6. Теорема о замыкании конуса возможных направлений. Условия регулярности: независимость градиентов активных ограничений; условие Слейтера; линейность ограничений.
	7. Теорема Куна–Таккера (локальная форма).
	8. Теорема Куна–Таккера (нелокальная форма).
	9. Необходимые условия Куна–Таккера (выпуклый случай).
	10. Условие регулярности – условие Слейтера. Теорема Куна–Таккера для линейных ограничений .
	11. Теория двойственности нелинейного программирования.
	12. Понятия базиса, базисного решения, б.д.р. и крайней точки (вершины). Элементарное преобразование б.д.р. (базиса и симплекс-таблицы). Симплекс – метод.
	13. Двойственные задачи линейного программирования (ЛП). Эквивалентность понятий б.д.р. и вершины многогранного множества. Понятие вырожденного и невырожденного б.д.р.
	14. Критерий разрешимости задачи ЛП.
	15. Первая и вторая теоремы двойственности линейного программирования. Понятие ребра многогранного множества
	16. Интерпретация неразрешимости задачи ЛП в с.-м. как перемещения из текущей вершины по неограниченному ребру в направлении убывания целевой функции. Элементарное преобразование базиса и с.-т. Представление об элементарном преобразовании как движении из текущей вершины по ребру. Случай ограниченного ребра.
	17. Метод искусственного базиса.
	18. Анализ чувствительности: возмущение целевой функции и правых частей.
	19. Анализ чувствительности: возмущение матрицы ограничений.
	20. Лексикографический двойственный симплекс - метод.
	21. Простейшая задача вариационного исчисления. Абсолютный, сильный, слабый экстремум. Необходимое условие слабого экстремума. Экстремали.
	22. Частные случаи простейшей задачи вариационного исчисления. Задача о брахистохроне.
	23. Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления.

# Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования,

**описание шкалы оценивания**

# Шкала оценивания сформированности компетенций и ее описание

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трехуровневой шкале:

*Пороговый уровень* - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

*Продвинутый уровень* - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

*Высокий уровень* - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.

# Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Код компе- тенции** | **Форма контроля** | **Этапы форми- рования (№ темы (раздела)** | **Показатели оценивания** | **Шкала и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования** |
| **Пороговыйуровень** | **Продвинутый уровень** | **Высокийуровень** |
| **Общепрофессиональные компетенции** |
| ОПК-1 | Контрольные работы 1-3.Экзамен. | 1-3 | Знание основных понятий и принципов математического моделирования.Умение работать с научной литературой и другими источниками научно- технической информации: правильно читать математические символы; воспринимать и осмысливать информацию, содержащую математические термины. | * Знать основные понятия и принципы математического моделирования.
* Уметь работать с научной литературой и другими источниками научно- технической информации: правильно читать математические символы; воспринимать и осмысливать информацию, содержащую математические термины.
 | * Знать основные методологические подходы к решению математических задач, возникающих в ходе практической деятельности
* Уметь работать с научной литературой и другими источниками научно- технической информации: правильно понимать смысл текстов, описывающих математические методы и модели в профессиональной сфере
 | – Знать этапы формализации прикладных задач с использованием системного подхода и методов экономико- математического моделирования |
| Индивидуаль ные задания | 1–3 | Владение навыками применения базового | – Владеть навыками применения | – Владеть навыками работы с | – Уметь применять системный подход и |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | №1-17.Экзамен. |  | инструментария методов оптимизации для решения теоретических и практических задач | базового инструментария методов оптимизации для решения теоретических и практических задач | математическими методами и моделями оптимизации в рамках своей профессиональной деятельности | математические методы в формализации решения прикладных задач– Владеть навыками применения системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач |

17

# Методические рекомендации преподавателю по процедуре оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы

**формирования компетенций**

Целью процедуры оценивания является определение степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения (знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности).

Процедура оценивания степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения осуществляется с помощью методических материалов, представленных в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций»

# Критерии оценивания степени овладения знаниями¸ умениями, навыками и (или) опытом деятельности, определяющие уровни сформированности компетенций

Пороговый уровень (общие характеристики):

* + - владение основным объемом знаний по программе дисциплины;
		- знание основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы без существенных ошибок;
		- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
		- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины;
		- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
		- знание базовых теорий, концепций и направлений по изучаемой дисциплине;
		- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.

Продвинутый уровень (общие характеристики):

* + - достаточно полные и систематизированные знания в объёме программы дисциплины;
		- использование основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
		- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
		- способность самостоятельно решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
		- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
		- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
		- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Высокий уровень (общие характеристики):

* + - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины;
		- точное использование терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
		- безупречное владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
		- способность самостоятельно и творчески решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
		- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
		- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
		- активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

# Описание процедуры выставления оценки

В зависимости от уровня сформированности каждой компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка. Для дисциплин, изучаемых в течение нескольких семестров, оценка может выставляться не только по окончании ее освоения, но и в промежуточных семестрах. Вид оценки («отлично», «хорошо»,

«удовлетворительно», «неудовлетворительно») определяется рабочей программой дисциплины в соответствии с учебным планом.

Оценка «отлично» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на продвинутом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

# Приложение №2 к рабочей программе дисциплины

**«Методы оптимизации»**

# Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Методы оптимизации» являются лекции, причем в достаточно большом объеме. Это связано с тем, что в основе изучения курса лежит довольно сложный математический аппарат, с помощью которого решаются довольно серьёзные задачи. По большинству тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы информатики. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы с аппаратом современной информатики, в течение семестра проводятся мероприятия текущей аттестации в виде 3-х контрольных работы по итогам изучения материала каждого раздела курса. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения.

В конце семестра предусмотрен экзамен. Экзамен проводится в письменной форме и включает в себя теоретический вопрос и 3 и практических задания, по одному на каждый раздел курса. Задания сходны с заданиями из контрольных работ. На самостоятельную подготовку к экзамену выделяется 3-4 дня, во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Методы оптимизации» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.

# Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

При самостоятельной работе рекомендуется использовать учебную литературу с подробно разобранными решениями задач. К таким можно отнести следующие издания:

1. Заславский Ю. Л. Сборник задач по линейному программированию: учеб. пособие для вузов. / Ю. Л. Заславский; М-во высш. и среднего спец. образования - М.: Наука, 1969. - 256 с.
2. Ларин Р. М. , Плясунов А. В. , Пяткин А. В. Методы оптимизации. Примеры и задачи: Учеб . пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2003, 115с. (<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Plyasunov/opt-2.html>)
3. Методы оптимизации : метод. указания / сост. Н. В. Легков ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2008, 32c
4. Методы оптимизации : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / под ред. Ф. П. Васильева, М., Юрайт, 2016, 375 c.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

1. **Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»** ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru/) ) - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (\*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).
2. **Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"** (<http://window.edu.ru/library>).

Целью создания информационной системы "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (ИС "Единое окно ") является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.

Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2008 гг. Головной разработчик проекта - Федеральное государственное автономное учреждение Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций (ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика") [www.informika.ru](http://www.informika.ru/).

ИС "Единое окно" объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России. Разделы этой системы:

* **Электронная библиотека** – является крупнейшим в российском сегменте Интернета хранилищем полнотекстовых версий учебных, учебно-методических и научных материалов с открытым доступом. Библиотека содержит более 30 000 материалов, источниками которых являются более трехсот российских вузов и других образовательных и научных учреждений. Основу наполнения библиотеки составляют электронные версии учебно-методических материалов, подготовленные в вузах, прошедшие рецензирование и рекомендованные к использованию советами факультетов, учебно-методическими комиссиями и другими вузовскими структурами, осуществляющими контроль учебно-методической деятельности.
* **Интегральный каталог образовательных интернет-ресурсов** содержит представленные в стандартизованной форме метаданные внешних ресурсов, а также

содержит описания полнотекстовых публикаций электронной библиотеки. Общий объем каталога превышает 56 000 метаописаний (из них около 25 000 - внешние ресурсы). Расширенный поиск в "Каталоге" осуществляется по названию, автору, аннотации, ключевым словам с возможной фильтрацией по тематике, предмету, типу материала, уровню образования и аудитории.

* **Избранное**. В разделе представлены подборки наиболее содержательных и полезных, по мнению редакции, интернет-ресурсов для общего и профессионального образования.
* **Библиотеки вузов**. Раздел содержит подборки сайтов вузовских библиотек, электронных каталогов библиотек вузов и полнотекстовых электронных библиотек вузов.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. **Личный кабинет** (<http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php>) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку

«Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

# Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ

(<http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php>) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/паролю.

# Электронная картотека «Книгообеспеченность»

(<http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php>) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.