

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Working programme of the discipline

Optimization methods

Higher education level

Bachelor degree

Area of study / speciality

02.03.02 - Fundamental Informatics and Information Technology

Focus /specialization of the study programme

General Profile

Mode of study

full-time

Nizhny Novgorod

Year of commencement of studies 2025

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.18 Методы оптимизации относится к обязательной части образовательной программы.

2. 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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Знает основные положения и концепции в области математических и естественных наук, базовые теории и истории основного, теории коммуникации; знает основную терминологию ОПК-1.2: Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты ОПК-1.3: Имеет практический опыт работы с решением стандартных математических задач и применяет его в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Знает, как применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук при решении практических задач ОПК-1.2: Знает, как применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук при решении практических задач ОПК-1.3: Знает, как применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук при решении практических задач	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-1: Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования подходов, решений и выводов по соответствующим	ПК-1.1: Знает методы обработки и интерпретации данных научных исследований ПК-1.2: Умеет собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований ПК-1.3: Имеет практический опыт сбора,	ПК-1.1: Знает методы обработки современных научных исследований и умеет их применять при решении практических задач в области математики и (или) естественных наук ПК-1.2: Знает методы обработки	Тест	Экзамен: Тест

научным и профессиональным проблемам	обработки и интерпретации данных научных исследований	современных научных исследований и умеет их применять при решении практических задач в области математики и (или) естественных наук ПК-1.3: Знает методы обработки современных научных исследований и умеет их применять при решении практических задач в области математики и (или) естественных наук		
--------------------------------------	---	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	10
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	20
- КСР	2
самостоятельная работа	76
Промежуточная аттестация	36
	Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	

	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Введение: постановки задач нелинейного математического программирования, многокритериальные задачи. Динамическое программирование. Introduction: formulation of nonlinear mathematical programming problems, multicriteria problems. Dynamic programming.	21	2	4	6	15
Тема 2. Элементы выпуклого анализа. Теория условий оптимальности. Elements of convex analysis. The theory of optimality conditions.	21	2	4	6	15
Тема 3. Численные методы безусловной локальной оптимизации. Numerical methods of unconditional optimization of the local	21	2	4	6	15
Тема 4. Методы учета функциональных ограничений в локальной оптимизации. Methods of accounting for functional constraints in local optimization	21	2	4	6	15
Тема 5. Численные методы многоэкстремальной оптимизации. Numerical methods for multiextremal optimization	22	2	4	6	16
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	10	20	32	76

Contents of sections and topics of the discipline

Тема 1 Введение: постановки задач нелинейного математического программирования, многокритериальные задачи. Динамическое программирование. Introduction: formulation of nonlinear mathematical programming problems, multicriteria problems. Dynamic programming.

Тема 2. Элементы выпуклого анализа. Теория условий оптимальности. Elements of convex analysis. The theory of optimality conditions.

Тема 3. Численные методы безусловной локальной оптимизации. Numerical methods of unconditional optimization of the local

Тема 4. Методы учета функциональных ограничений в локальной оптимизации. Methods of accounting for functional constraints in local optimization.

Тема 5. Численные методы многоэкстремальной оптимизации. Numerical methods for multiextremal optimization

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

5. Assessment tools for ongoing monitoring of learning progress and interim certification in the discipline (module)

5.1 Model assignments required for assessment of learning outcomes during the ongoing monitoring of learning progress with the criteria for their assessment:

5.1.1 Model assignments (assessment tool - Interview) to assess the development of the competency ОПК-1:

Примеры вопросов для собеседования:

1.Предмет дисциплины. Классификация задач оптимизации, различные трактовки понятия решения. Задачи векторной и скалярной оптимизации. The subject of the discipline. Classification of optimization problems, various interpretations of the concept of solutions
2. Математические модели задач динамического программирования с дискретным временем. Mathematical models of dynamic programming problems with discrete time. The Bellman principle in the form of a necessary and sufficient condition
3. Элементы выпуклого анализа. Теория условий оптимальности. Elements of convex analysis. The theory of optimality conditions

Assessment criteria (assessment tool — Interview)

Grade	Assessment criteria
pass	Студент отвечает на вопросы без ошибок или с негрубыми ошибками.
fail	Студент отвечает на вопросы с грубыми ошибками или отказывается от ответа.

5.1.2 Model assignments (assessment tool - Test) to assess the development of the competency ПК-1:

Примеры заданий:

1. Понятие метода поисковой оптимизации, модель задачи оптимизации/ The concept of search engine optimization method, optimization problem model
1. Понятие численного метода оптимизации. Классификация методов. Пассивные и исследовательские алгоритмы. Методы второго, первого порядков, методы прямого поиска./ The concept of numerical optimization method. Classification of methods. Passive and research algorithms. Second-order, first-order methods, direct search methods.
2. Принцип наилучшего гарантированного результата, оптимальность алгоритма/ The principle of the best guaranteed result, the optimality of the algorithm.

Полный перечень приведен в ФОС дисциплины.

Assessment criteria (assessment tool — Test)

Grade	Assessment criteria
pass	Более половины заданий выполнено.
fail	Выполнено менее половины заданий.

5.2. Description of scales for assessing learning outcomes in the discipline during interim certification

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	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 ошибок	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. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Scale of assessment for interim certification

Grade		Assessment criteria
pass	outstanding	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "outstanding", the knowledge and skills for the relevant competencies have been demonstrated at a level higher than the one set out in the

		programme.
	excellent	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "excellent",
	very good	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "very good",
	good	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "good",
	satisfactory	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "satisfactory", with at least one competency developed at the "satisfactory" level.
fail	unsatisfactory	At least one competency has been developed at the "unsatisfactory" level.
	poor	At least one competency has been developed at the "poor" level.

5.3 Model control assignments or other materials required to assess learning outcomes during the interim certification with the criteria for their assessment:

5.3.1 Model assignments (assessment tool - Control questions) to assess the development of the competency ОПК-1

Примеры вопросов:

1. Общая постановка задачи математического программирования. Целевая функция, функции ограничений, допустимая область. General statement of the problem of mathematical programming. The objective function, functions, limits, allowable area
2. Понятия локального и глобального экстремумов. Геометрическое представление задачи: поверхность равного уровня, градиент и его свойства. Concepts of local and global extrema. Geometric representation of the problem: the surface of equal level, gradient and its properties
3. Элементы выпуклого анализа (элементы теории выпуклых множеств и функций) <i>Elements of convex analysis (elements of the theory of convex sets and functions)</i>

Полный перечень приведен в ФОС дисциплины.

Assessment criteria (assessment tool — Control questions)

Grade	Assessment criteria
outstanding	Уровень знаний в объеме, превышающе м программу подготовки

Grade	Assessment criteria
excellent	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.
very good	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
good	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
satisfactory	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.
unsatisfactory	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
poor	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

5.3.2 Model assignments (assessment tool - Test) to assess the development of the competency ПК-1

Примеры заданий:

1. Методы учета функциональных ограничений в локальной оптимизации. Methods of accounting for functional constraints in local optimization
2. Классификация методов учета ограничений. Обзор методов сведения задачи с ограничениями к задачам без ограничений. Метод штрафных функций, его обоснование и свойства. Classification of methods of accounting for restrictions. An overview of methods for reducing restricted tasks to unlimited tasks. Method of penalty functions, its justification and properties.
3. Численные методы многоэкстремальной оптимизации/ Numerical methods for multiextremal optimization.
4. Проблемы многоэкстремальной оптимизации. Метод Пиявского в одномерных и многомерных задачах, его обоснование.

Полный перечень приведен в ФОС дисциплины.

Assessment criteria (assessment tool — Test)

Grade	Assessment criteria
outstanding	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
excellent	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.
very good	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
good	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми

Grade	Assessment criteria
	ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
satisfactory	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме
unsatisfactory	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.
poor	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Городецкий С. Ю. Нелинейное программирование и многоэкстремальная оптимизация : учеб. пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2007. - 489 с. - (Модели и методы конечномерной оптимизации ; вып. 2). - ISBN 978-5-85746-987-3 : 90.00., 82 экз.
2. Васильев Федор Павлович. Численные методы решения экстремальных задач : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Приклад. математика". - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Наука, 1988. - 549 с. : ил. - ISBN 5-02-013796-0 (в пер.) : 1.60., 178 экз.
3. Карманов Владимир Георгиевич. Математическое программирование : [учеб. пособие для вузов по специальности "Прикладная математика"]. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1986. - 286, [1] с. : граф. - 0.80., 127 экз.

Дополнительная литература:

1. Гилл Филип. Практическая оптимизация / пер. с англ. В. Ю. Лебедева ; под ред. А. А. Петрова. - М. : Мир, 1985. - 509 с. : ил. - 2.70., 32 экз.
2. Сергеев Ярослав Дмитриевич. Диагональные методы глобальной оптимизации. - М. : Физматлит, 2008. - 352 с. - (Библиотека Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского). - ISBN 978-5-9221-1032-7 : 270.00., 16 экз.
3. Сухарев А. Г. Курс методов оптимизации / Сухарев А. Г., Тимохов А. В., Федоров В. В. - 2-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 384 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-0559-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=665794&idb=0>.
4. Измаилов А. Ф. Численные методы оптимизации / Измаилов А. Ф., Солодов М. В. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 320 с. - Рекомендовано учебно-методическим советом по прикладной математике и информатике для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 010200 "Прикладная математика и информатика" и по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика". - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Для поддержки курса разработаны компьютерные программные лаборатории «OptWay» и «LocOpt», установленные в учебном компьютерном классе лаборатории «Динамика и оптимизация» кафедры ТУиДС (ауд. 220, корп.2). Кроме того, при проведении лабораторных работ используются математические пакеты общего назначения, преимущественно MatCad v 14 или MatLab. Используемое программное обеспечение является лицензионным.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Fundamental Informatics and Information Technology.

Авторы: Стребуляев Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Калинин Алексей Вячеславович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.