

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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 Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Численные методы оптимального проектирования механических систем

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

01.04.02 - Прикладная математика и информатика

---

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование физико-механических процессов

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 Численные методы оптимального проектирования механических систем относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПК-4: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	<p>ПК-4.1: Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p> <p>ПК-4.2: Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p> <p>ПК-4.3: Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p>	<p>ПК-4.1: Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей, методы математического и алгоритмического моделирования при решении задач оптимального проектирования моделирования при решении задач оптимального проектирования.</p> <p>ПК-4.2: Уметь применять методы математического и алгоритмического моделирования при решении научных проблем и задач</p> <p>ПК-4.3: Владеть навыками применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей самостоятельного создания прикладных программных средств решаемых научных проблем и задач</p>	Проект	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-5: Способен разрабатывать и применять	ПК-5.1: Знает типовые математические методы и методологии разработки	ПК-5.1: Знать методы математического и	Проект	Экзамен: Контрольные

математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной деятельности	системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности ПК-5.2: Умеет применять типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности ПК-5.3: Имеет навыки разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности	алгоритмического моделирования при решении задач оптимального проектирования  ПК-5.2: Уметь применять типовые математические методы и методологии разработки с программного обеспечения для решения задач научной деятельности в области оптимального проектирования  ПК-5.3: Владеть навыками разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач оптимального проектирования.		вопросы
--	---	--	--	---------

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>5</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>180</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>78</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен</b>

#### 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	Занятия	Всего	

		лекционного типа	семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы		
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Общая математическая формулировка и возможные постановки задач оптимизации конструкций	12	4	4	8	4
Тема 2. Основные понятия оптимизации: управляемые и неуправляемые параметры, критерии эффективности, ограничения, область поиска, область допустимых решений	12	4	4	8	4
Тема 3. Целевая функция и наиболее часто встречающиеся критерии оптимизации: вес конструкции, податливость конструкции, параметры нагружения, максимальное смещение точек;	12	4	4	8	4
Тема 4. Оптимальное решение, окрестность оптимума, чувствительность оптимума	12	4	4	8	4
Тема 5. Классификация задач: безусловные задачи, линейное программирование, нелинейное программирование, динамическое программирование, многокритериальная оптимизация	12	2	2	4	8
Тема 6. Методы сведения многокритериальной задачи к однокритериальной. Методы свертки критериев; Метод последовательных уступок. Метод сведения к задаче условной оптимизации	12	2	2	4	8
Тема 7. Методы редукции размерности. Многошаговая схема. Развертка типа кривой Пеано.	12	2	2	4	8
Тема 8. Методы, основанные на аппроксимации целевой функции и функций ограничений	12	2	2	4	8
Тема 9. Информационно-статистический подход к оптимизации	12	2	2	4	8
Тема 10. Численные методы оптимизации разрывных функций;	12	2	2	4	8
Тема 11. Численный метод поэтапной многопараметрической оптимизации	12	2	2	4	8
Тема 12. Оптимальное проектирование пружин замковых соединений самораскрывающихся антенн; оптимальное проектирование рессоры автомобиля	10	2	2	4	6
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	180	32	32	66	78

### Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Общая математическая формулировка и возможные постановки задач оптимизации конструкций

Тема 2. Основные понятия оптимизации: управляемые и неуправляемые параметры, критерии эффективности, ограничения, область поиска, область допустимых решений

Тема 3. Целевая функция и наиболее часто встречающиеся критерии оптимизации: вес конструкции, податливость конструкции, параметры нагружения, максимальное смещение точек;

Тема 4. Оптимальное решение, окрестность оптимума, чувствительность оптимума

Тема 5. Классификация задач: безусловные задачи, линейное программирование, нелинейное программирование, динамическое программирование, многокритериальная оптимизация

Тема 6. Методы сведения многокритериальной задачи к однокритериальной. Методы свертки критериев; Метод последовательных уступок. Метод сведения к задаче условной оптимизации

Тема 7. Методы редукции размерности. Многошаговая схема. Развертка типа кривой Пеано.

Тема 8. Методы, основанные на аппроксимации целевой функции и функций ограничений

Тема 9. Информационно-статистический подход к оптимизации

Тема 10. Численные методы оптимизации разрывных функций;

Тема 11. Численный метод поэтапной многопараметрической оптимизации

Тема 12. Оптимальное проектирование пружин замковых соединений самораскрывающихся антенн;  
оптимальное проектирование рессоры автомобиля

#### **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.

Цель самостоятельной работы - подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа является наиболее деятельным и творческим процессом, который выполняет ряд дидактических функций: способствует формированию диалектического мышления, вырабатывает высокую культуру умственного труда, совершенствует способы организации познавательной деятельности, воспитывает ответственность, целеустремленность, систематичность и последовательность в работе студентов, развивает у них бережное отношение к своему времени, способность доводить до конца начатое дело.

Изучение понятийного аппарата дисциплины

Вся система индивидуальной самостоятельной работы должна быть подчинена усвоению понятийного аппарата, поскольку одной из важнейших задач подготовки современного грамотного специалиста является овладение и грамотное применение профессиональной терминологии. Лучшему усвоению и пониманию дисциплины помогут различные энциклопедии, словари, справочники и другие материалы, указанные в списке литературы.

Изучение тем самостоятельной подготовки по учебно-тематическому плану

Особое место отводится самостоятельной проработке студентами отдельных разделов и тем по изучаемой дисциплине. Такой подход вырабатывает у студентов инициативу, стремление к увеличению объема знаний, выработке умений и навыков всестороннего овладения способами и приемами профессиональной деятельности.

Работа над основной и дополнительной литературой

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить к нормативно-правовым актам, научным монографиям и материалам периодических изданий. Конспектирование – одна из основных форм самостоятельного труда, требующая от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций.

Студент должен уметь самостоятельно подбирать необходимую для учебной и научной работы литературу. При этом следует обращаться к предметным каталогам и библиографическим справочникам, которые имеются в библиотеках.

Для аккумуляции информации по изучаемым темам рекомендуется формировать личный архив, а также каталог используемых источников. При этом если уже на первых курсах обучения студент определяет для себя наиболее интересные сферы для изучения, то подобная работа

будет весьма продуктивной с точки зрения формирования библиографии для последующего написания дипломного проекта на выпускном курсе.

При презентации материала на занятии можно воспользоваться следующим алгоритмом изложения темы: определение и характеристика основных категорий, эволюция предмета исследования, оценка его современного состояния, существующие проблемы, перспективы развития. Весьма презентабельным вариантом выступления следует считать его подготовку в среде Power Point, что существенно повышает степень визуализации, а, следовательно, доступности, понятности материала и заинтересованности аудитории к результатам научной работы студента.

Самостоятельная работа студента при подготовке к экзамену

Контроль выступает формой обратной связи и предусматривает оценку успеваемости студентов и разработку мер по дальнейшему повышению качества подготовки современных менеджеров. Итоговой формой контроля успеваемости студентов по данной учебной дисциплине является экзамен.

Изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Проект) для оценки сформированности компетенции ПК-4:**

1. Создание программы решения многокритериальных задач с помощью метода последовательных уступок
2. Создание программы решения многокритериальных задач с помощью метода свертки критериев
3. Создание программы нахождения взаимных образов точек в одномерном и многомерном пространстве с помощью многошаговой схемы редукции размерности
4. Создание программы нахождения взаимных образов точек в одномерном и многомерном пространстве с помощью схемы редукции типа кривой Пеано
5. Создание программы нахождения глобального минимума у одномерной функции с помощью алгоритма ломаных.

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Проект) для оценки сформированности компетенции ПК-5:**

1. Создание программы решения многокритериальных задач с помощью метода последовательных уступок
2. Создание программы решения многокритериальных задач с помощью метода свертки критериев

3. Создание программы нахождения взаимных образов точек в одномерном и многомерном пространстве с помощью многошаговой схемы редукции размерности
4. Создание программы нахождения взаимных образов точек в одномерном и многомерном пространстве с помощью схемы редукции типа кривой Пеано
5. Создание программы нахождения глобального минимума у одномерной функции с помощью алгоритма ломаных.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Проект)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Проект выполнен полностью или с незначительными погрешностями. Студент посещал лекции и практические занятия
не зачтено	Отсутствие проекта или студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятиях

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### 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	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	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 недочетами и,	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

				с недочетами		выполнены все задания в полном объеме	
<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	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 оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Создание алгоритма программы решения многокритериальной задачи методом последовательных уступок
2. Создание алгоритма решения многокритериальной задачи методом свертки критериев
3. Создание алгоритма взаимного отображения точек одномерного и многомерного пространства с помощью кривых Пеано



4. Создание алгоритма редукции размерности по многошаговой схеме

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-5

1. Методы назначения весовых коэффициентов свертки критериев
2. Аппроксимация с помощью сплайн функций
3. Аппроксимация с помощью кривых Безье
4. Методы нахождения глобального минимума у многоэкстремальных функций

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Высокий уровень подготовки. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы к выполненному проекту. Студент активно работал на практических занятиях. 100 %-ное выполнение задания проекта
отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы к проекту. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение задания к проекту на 90% и выше
очень хорошо	Высокий уровень подготовки с ошибками. Студент дал неполный ответ на все теоретические вопросы к проекту. Студент работал на практических занятиях. Выполнение задания к проекту на 80% и выше
хорошо	Студент дает полный ответ на все вопросы к проекту, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях. Выполнение задания к проекту от 70 до 80%.
удовлетворительно	Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки при ответах на вопросы к проекту. Студент посещал практические занятия. Выполнение задания к проекту от 50 до 70%.
неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы на вопросы к проекту. Студент пропустил большую часть практических занятий. Выполнение заданий к проекту меньше 50%.
плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Отсутствие выполненного проекта или студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий

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

Основная литература:

1. Малков Виктор Пантелеевич. Поэтапная параметрическая оптимизация : учеб. пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 1998. - 142 с. : ил. - 10.00., 13 экз.
2. Малков Виктор Пантелеевич. Оптимизация упругих систем. - М. : Наука, 1981. - 288 с. - 2.50., 33 экз.
3. Стронгин Роман Григорьевич. Численные методы в многоэкстремальных задачах : (информ.- стат. алгоритмы). - М. : Наука, 1978. - 240 с. : ил. - (Оптимизация и исследование операций / Н. Н. Моисеев). - 0.75., 25 экз.
4. Маркина Марина Викторовна. Практикум по решению задач оптимизации в пакете Matlab : учебно-методическое пособие / М. В. Маркина, А. В. Судакова ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2017. - 49 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=822931&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Современные методы принятия оптимальных решений : учебник / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2002. - 189 с. - ISBN 5-85746-697-0 : 20.00., 2 экз.

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

1. Маркина М.В., Денисов В.В. "ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ И ЛЕКЦИИ ПО СПЕЦКУРСУ "ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ" [ Электронный ресурс] Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. Режим доступа: <http://www.unn.ru/rus/books/table.html>, регистрац. номер 722.14.06 .
2. Маркина М.В. Численные методы оптимального проектирования механических систем. [ Электронный ресурс] Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011.- 27 с.- Режим доступа: <http://www.unn.ru/rus/books/table.html>, регистрац. номер 379.11.06 .

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран)

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 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Маркина Марина Викторовна, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

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