

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Оптимизация механических конструкций

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

01.03.03 - Механика и математическое моделирование

---

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 Оптимизация механических конструкций 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-6: Владение навыками самостоятельного анализа поставленной задачи, выбора корректного метода ее решения, построения алгоритма и его реализации	ПК-6.1: Умеет самостоятельно анализировать задачу, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его. ПК-6.2: Владеет навыками решения практических задач, анализа результатов решения.	ПК-6.1: Уметь самостоятельно анализировать задачу, выбирать методы решения оптимизации механических конструкций.  ПК-6.2: Владеть навыками постановки и решения задач оптимизации по массе деформируемой конструкции, решения графических задач оптимального проектирования, анализа результатов.	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы Задания

## 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	26
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	26
- КСР	1
самостоятельная работа	91
Промежуточная аттестация	0

	Зачёт
--	-------

### 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			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Основные положения оптимального проектирования конструкций	23	4	4	8	15
Виды задач оптимизации по мерности и ограничениям	23	4	4	8	15
Выпуклая оптимизация	23	4	4	8	15
Анализ чувствительности	11	2	2	4	7
Пластические предельный анализ и проектирование конструкций	23	4	4	8	15
Теоремы об оптимизации конструкций	11	2	2	4	7
Оптимизация динамических конструкций	6	2	2	4	2
Геометрическое программирование	23	4	4	8	15
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	144	26	26	53	91

#### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Основные положения оптимального проектирования конструкций. Проектирование. Оптимальное проектирование. Математическая постановка задачи оптимизации. Приложения оптимизации.
2. Виды задач оптимизации по мерности и ограничениям. Одномерная оптимизация. Многомерная безусловная оптимизация. Многомерная оптимизация с ограничениями-равенствами. Многомерная оптимизация с ограничениями-неравенствами.
3. Выпуклая оптимизация. Основные понятия. Пример. Статически определимая ферма.
4. Анализ чувствительности. Что такое и зачем анализ чувствительности. Статика. Метод прямого дифференцирования. Метод сопряженных переменных. Свободные колебания. Предварительные сведения. Простое собственное значение. Простая собственная форма.
5. Пластические предельный анализ и проектирование конструкций. Начало и конец краха. Предельный анализ и проектирование для ферм. Предельный анализ изгибаемых конструкций. Предельное проектирование изгибаемых конструкций. Предельный анализ при независимых нагрузках.
6. Теоремы об оптимизации конструкций. Эквивалентные преобразования задач. Теорема Патнайка о равнопрочной ферме. Теорема о сепарабельной оптимизации. Применение теоремы для приближенной оптимизации массы составной конструкции при ограничениях по прочности элементов. Взаимные задачи.
7. Оптимизация динамических конструкций. Введение. Постановка задачи. Математический аппарат.

Статический случай. Динамический случай. Установившиеся колебания.

8. Геометрическое программирование. Позиномы. Безусловная задача минимизации. Решение безусловной задачи с помощью дифференциального исчисления. Примеры.

#### **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.

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде освоения теоретических разделов, решения сопутствующих задач по темам и самостоятельной работы студентов в процессе выполнения заданий и работ.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы. (порядок их выполнения, форма контроля):

- самостоятельная теоретическая подготовка к занятиям практического типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях практического типа),
- выполнение расчетных и графических работ на компьютере по темам.

Формами контроля самостоятельной работы студентов, соответственно, являются:

- решение типовых проектных задач может проходить в письменной и компьютерной форме.

Дополнительная литература:

Киселев В.Г. Оптимизация механических конструкций: проектно-ориентированный подход. Учебно-методическое пособие, Нижегородский государственный университет, 2018 – 69с.

#### **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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-6:**

1. Основные положения оптимального проектирования конструкций
2. Математическая постановка задачи оптимизации
3. Одномерная оптимизация
4. Многомерная безусловная оптимизация
5. Многомерная оптимизация с ограничениями-равенствами. (Метод подстановки, Метод ограниченной вариации)
6. Многомерная оптимизация с ограничениями-равенствами. (Метод множителей Лагранжа)
7. Многомерная оптимизация с ограничениями-неравенствами. (Формулировка задачи. Условия Куна-Такера)
8. Пример. Строительные леса
9. Выпуклая оптимизация. (Основные понятия. Пример. Статически определимая ферма)
10. Анализ чувствительности статических перемещений
11. Анализ чувствительности простого собственного значения
12. Анализ чувствительности простой собственной формы

13. Пластический предельный анализ и проектирование конструкций. (Начало и конец краха)
14. Предельный анализ и проектирование для ферм
15. Предельный анализ изгибаемых конструкций
16. Предельное проектирование изгибаемых конструкций

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

### 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 не существенных 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	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

			полном объеме	объеме, но некоторые с недочетами	с недочетами .	недочетам и, выполнен ы 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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-6**

1. Основные положения оптимального проектирования конструкций
2. Математическая постановка задачи оптимизации
3. Одномерная оптимизация
4. Многомерная безусловная оптимизация

5. Многомерная оптимизация с ограничениями-равенствами. (Метод подстановки, Метод ограниченной вариации)
6. Многомерная оптимизация с ограничениями-равенствами. (Метод множителей Лагранжа)
7. Многомерная оптимизация с ограничениями-неравенствами. (Формулировка задачи. Условия Куна-Такера)
8. Пример. Строительные леса
9. Выпуклая оптимизация. (Основные понятия. Пример. Статически определяемая ферма)
10. Анализ чувствительности статических перемещений
11. Анализ чувствительности простого собственного значения
12. Анализ чувствительности простой собственной формы
13. Пластический предельный анализ и проектирование конструкций. (Начало и конец краха)
14. Предельный анализ и проектирование для ферм
15. Предельный анализ изгибаемых конструкций
16. Предельное проектирование
17. Эквивалентные преобразования задач
18. Теорема о сепарабельной оптимизации
19. Оптимизация динамических конструкций
20. Взаимные задачи
21. Геометрическое программирование. Позиномы

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

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-6

Задание 1.

Привести постановку задачу оптимизации по массе деформируемой конструкции

Задание 2.

Решить графически задачу оптимального проектирования с двумя параметрами проектирования

Задание 3.

Сформулировать задачу оптимального проектирования на наихудший случай для многоэлементной ферменной конструкции

## Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

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

Основная литература:

1. Киселев В. Г. Учебные задачи оптимизации конструкций: Практикум / Киселев В. Г., Сергеев О. А., Сергеева С. А. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2021. - 52 с. - Рекомендовано учебно-методической комиссией института информационных технологий, математики и механики для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 01.04.03 «Механика и математическое моделирование». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=783316&idb=0>.
2. Киселев Владимир Геннадьевич. Оптимальное проектирование конструкций : учеб. пособие / ННГУ. - Н. Новгород : [б. и.], 2016 (Тип. ННГУ). - 67 с. - 60.00., 2 экз.
3. Малков Виктор Пантелеевич. Оптимизация упругих систем. - М. : Наука, 1981. - 288 с. - 2.50., 33 экз.
4. Хог Эдвард Дж. Прикладное оптимальное проектирование : Механические системы и конструкции / пер. с англ. В. М. Картвелишвили, А. А. Меликяна ; под ред. Н. В. Баничука. - М. : Мир, 1983. - 479 с. : ил. - 3.20., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Колмогоров Г. Л. Оптимальное проектирование конструкций : учебное пособие / Колмогоров Г. Л., Лежнева А. А. - 2-е изд., стереотип. - Пермь : ПНИПУ, 2009. - 168 с. - Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов 150300 (651500) «Прикладная механика», специальности 150301(071100) «Динамика и прочность машин». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ПНИПУ - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-398-00280-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=748062&idb=0>.

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

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm>

## **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 01.03.03 - Механика и математическое моделирование.

Автор(ы): Киселев Владимир Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.