

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

Задачи оптимизации конструкций

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Направленность образовательной программы

Информационное и программное обеспечение. Инженерия

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.02 Задачи оптимизации 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: Умеет самостоятельно анализировать задачу, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его при решении задач оптимизации конструкций ПК-6.2: Владеет навыками решения практических задач оптимизации конструкций, анализа результатов решения.	Собеседование	Зачёт: Контрольная работа

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	55
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
Допустимая область и уровни целевой функции. Математическая постановка задачи оптимизации	8		2	2	6
Задача «Равновесие трех пружин». Принцип Лагранжа	9		2	2	7
Задача «Строительные леса». Задача на наихудший случай	9		2	2	7
Задача «Трипод». Зависимость решения от ограничений	9		2	2	7
Задача «Сосуд давления». Исследование проекта от фиксированных параметров	9		2	2	7
Задача «Пружина растяжения-сжатия». Детали машин	9		2	2	7
Задача «Ступенчатая консоль». Масштабирование задачи	9		2	2	7
Задача «Двутаавровое сечение консоли». Странные оптимальные проекты	9		2	2	7
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	0	16	17	55

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Допустимая область и уровни целевой функции. Математическая постановка задачи оптимизации.
2. Задача «Равновесие трех пружин». Принцип Лагранжа.
3. Задача «Строительные леса». Задача на наихудший случай.
4. Задача «Трипод». Зависимость решения от ограничений.
5. Задача «Сосуд давления». Исследование проекта от фиксированных параметров.
6. Задача «Пружина растяжения-сжатия». Детали машин.
7. Задача «Ступенчатая консоль». Масштабирование задачи.
8. Задача «Двутаавровое сечение консоли». Странные оптимальные проекты.

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 работ на компьютере по темам.

Формами контроля самостоятельной работы студентов, соответственно, являются:

- решение типовых проектных задач может проходить в письменной и компьютерной форме.
- Зачет может выставляться автоматически при условии успешного выполнения всех запланированных на семестр работ, удовлетворительного знания теоретической части и типовых задач.

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. Привести постановку задачу оптимизации по массе деформируемой конструкции.
2. Решить графически задачу оптимального проектирования с двумя параметрами проектирования.
3. Сформулировать задачу оптимального проектирования на наихудший случай для многоэлементной ферменной конструкции.

Что такое проект и проектирование?

Чем отличается проектирование от моделирования?

Что такое модель или прототип реального объекта?

Что такое жизненный цикл объекта?

Назовите 4 стадии жизненного цикла объекта.

Объясните синонимы термина «проектирование»: «дизайн» и «инжиниринг».

В чем состоит суть оптимального проектирования?

Что такое оптимизация и какой метод оптимизации является самым простым и надежным?

В чем состоит назначение теории оптимизации?

Выделите три составляющие в задаче оптимизации.

Дайте определение ограничений.

Что такое управляемые переменные?

Дайте определение целевой функции.

Какая задача оптимизации называется параметрической?

Какая задача оптимизации называется вариационной или задачей оптимального управления?

Что такое параметры состояния и уравнения состояния?

Что такое фиксированные параметры?

Дайте определение производной вектор-функции по вектор-аргументу.

Что называется градиентом скалярной функции?

Что называется матрицей Гессе?

Сформулируйте математическую постановку задачи оптимизации.

Запишите Лагранжиан задачи оптимизации для n переменных и m ограничений.

Сформулируйте технические задачи оптимизации.

Что такое допустимая область в задаче оптимизации?

Какая задача оптимизации называется безусловной задачей оптимизации?

Какая задача оптимизации называется условной задачей оптимизации?

Какая задача оптимизации называется выпуклой?

Какие теоремы справедливы для выпуклых функций?

Дайте определения локального минимума и глобального минимума скалярной функции одной переменной.

Сформулируйте необходимые условия локального минимума скалярной функции одной переменной.

Сформулируйте достаточные условия локального минимума скалярной функции одной переменной.

Дайте определения локального минимума и глобального минимума скалярной функции многих переменных.

Сформулируйте необходимые условия локального минимума скалярной функции многих переменных.

Сформулируйте достаточные условия локального минимума скалярной функции многих переменных.

Сформулируйте задачу оптимизации с ограничениями в виде равенств.

Запишите Лагранжиан для n переменных и m ограничений и сформулируйте необходимые условия его минимума.

Объясните смысл множителей Лагранжа.

Сформулируйте задачу оптимизации с ограничениями в виде неравенств.

Какое ограничение в задаче оптимизации называется активным?

Какое ограничение в задаче оптимизации называется неактивным?

Сформулируйте необходимые условия оптимальности для задач оптимизации с ограничениями в виде равенств и неравенств – условия Куна-Таккера.

Дайте геометрическую интерпретацию условий Куна-Таккера.

Сформулируйте достаточные условия локального минимума для задач оптимизации с ограничениями в виде неравенств и равенств.

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 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

Оценка	Критерии оценивания
	вопросах преподавателя.

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор 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

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 - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-6

1. Проект
2. Жизненный цикл и стадии
3. Оптимизация
4. Ограничения
5. Управляемые переменные
6. Целевая функция
7. Лагранжиан
8. Определенность матрицы
9. Безусловный локальный и глобальный минимум
10. Условный локальный и глобальный минимум
11. Стационарная точка
12. Метод ограниченной вариации
13. Метод множителей Лагранжа
14. Смысл множителей Лагранжа
15. Условия Куна-Такера

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

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 несущественные 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 Владимир Геннадьевич. Оптимальное проектирование конструкций : учеб. пособие / ННГУ. - Н. Новгород : [б. и.], 2016 (Тип. ННГУ). - 67 с. - 60.00., 2 экз.
2. Малков Виктор Пантелеевич. Оптимизация упругих систем. - М. : Наука, 1981. - 288 с. - 2.50., 33 экз.
3. 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. Киселев Владимир Геннадьевич. Оптимальное проектирование конструкций : учеб. пособие / ННГУ. - Н. Новгород : [б. и.], 2016 (Тип. ННГУ). - 67 с. - 60.00., 2 экз.

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

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

1. Ohsaki M. Optimization of Finite Dimensional Structures. CRC Press, 2011. 406 p.
<https://www.routledge.com/Optimization-of-Finite-Dimensional-Structures/Ohsaki/p/book/9781138113657>
2. Rao S.S. Engineering Optimization: Theory and Practice. 4th ed. John Wiley & Sons, 2009.830p.
<https://industri.fatek.unpatti.ac.id/wp-content/uploads/2019/03/018-Engineering-Optimization-Theory-and-Practice-Singiresu-S.-Rao-Edisi-4-2009.pdf>
3. Haftka R.T., Gurdal Z. Elements of structural optimization. 3rd ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992. 502. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-011-2550-5>

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: проектор

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 01.04.03 - Механика и математическое моделирование.

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

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

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