

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 15.04.03 Прикладная механика**

**Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Оптимальное проектирование**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецов С.Ф.
	Идентификатор	Rb27d2feb-KuznetsovSF-e9466b63

(подпись)

С.Ф.

Кузнецов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

(подпись)

Е.В. Позняк

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f

(подпись)

И.В.

Меркурьев

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-3 Способен организовывать работу по совершенствованию, модернизации и унификации выпускаемых изделий и их элементов

ИД-2 Готов обеспечить максимальную технико-экономическую эффективность объектов профессиональной деятельности при соблюдении условий надежности, технологичности, долговечности

2. ПК-1 Готов участвовать в научных и расчетно-экспериментальных исследованиях объектов профессиональной деятельности с целью обеспечения их прочности, жесткости, устойчивости, долговечности, безопасности и надежности

ИД-4 Способен находить оптимальные инженерные решения

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Математическая постановка оптимизационных задач (Тестирование)
2. Методы многомерной оптимизации (Тестирование)
3. Методы одномерной оптимизации (Тестирование)
4. Решение оптимизационных задач (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Математическая постановка задач оптимизации					
Математическая постановка задач оптимизации	+		+	+	
Обзор современного состояния средств решения задач оптимизации	+		+	+	
Математические методы одномерной оптимизации					
Одномерная оптимизация	+	+	+	+	
Математические методы многомерной оптимизации					
Симплекс-методы в задачах многомерной оптимизации	+	+	+	+	

Методы случайного поиска в задачах многомерной оптимизации	+	+	+	
Методы последовательных направлений в задачах многомерной оптимизации	+	+	+	
Метод Хука-Дживса в задачах многомерной оптимизации	+	+	+	
Градиентные методы многомерной оптимизации	+	+	+	
Ньютоновские методы многомерной оптимизации	+	+	+	
Линейное программирование	+		+	+
Основные методы решения задач с активными и пассивными ограничениями				
Оптимизация в задачах с пассивными ограничениями	+	+	+	+
Многокритериальная оптимизация	+	+	+	+
Применение методов оптимизации к решению задач оптимального проектирования типовых конструкций				
Оптимальное проектирование стержня постоянного и переменного сечения с целью отстройки первой собственной частоты колебаний от опасных резонансов с учетом минимизации массы	+			+
Оптимальное проектирование кольцевой пластины переменной толщины при осесимметричном изгибе	+			+
Проектирование равнопрочных конструкций	+			+
Вес КМ:	15	25	25	35

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-3	ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> Готов обеспечить максимальную технико-экономическую эффективность объектов профессиональной деятельности при соблюдении условий надежности, технологичности, долговечности	<p>Знать:</p> <p>Основные подходы в формировании целевых функций и функциональных ограничений</p> <p>Основные принципы алгоритмизации и программирования процессов проектирования и конструирования</p> <p>Методы решения задач многокритериальной оптимизации, методы построения множества Парето-оптимальных решений.</p> <p>Современные наукоёмкие технологии для решения задач оптимального проектирования</p> <p>Уметь:</p> <p>Выбирать наиболее эффективный в данных условиях метод решения</p>	<p>Математическая постановка оптимизационных задач (Тестирование)</p> <p>Методы одномерной оптимизации (Тестирование)</p> <p>Методы многомерной оптимизации (Тестирование)</p> <p>Решение оптимизационных задач (Контрольная работа)</p>

		<p>задачи оптимизации</p> <p>Формулировать технико-экономическое содержание задач оптимизации</p> <p>Обоснованно и эффективно применять современные компьютерные технологии при проектировании</p> <p>Осознавать основные проблемы оптимального проектирования конструкций, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов</p>	
ПК-1	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> находить оптимальные инженерные решения	<p>Способен</p> <p>Знать:</p> <p>Математическую постановку задач оптимизации и основные понятия: целевая функция, пассивные и активные ограничения, критерии завершения поиска, параметры проектирования в задачах оптимального проектирования конструкций, множество Парето-оптимальных решений</p>	<p>Математическая постановка оптимизационных задач (Тестирование)</p> <p>Методы одномерной оптимизации (Тестирование)</p> <p>Методы многомерной оптимизации (Тестирование)</p> <p>Решение оптимизационных задач (Контрольная работа)</p>

		<p>Методы одномерной оптимизации: метод дихотомии, четырёхточечные симметричные алгоритмы, методы простого перебора и случайного поиска, методы полиномиальной аппроксимации</p> <p>Методы многомерной оптимизации с учетом ограничений: теорема Куна – Таккера, метод Бокса, метод штрафных функций, метод барьеров</p> <p>Методы многомерной оптимизации: симплекс-методы, методы случайного поиска, методы последовательных направлений, метод Хука-Дживса, градиентные методы, ньютоновские и квазиньютоновские методы</p> <p>Уметь: Применять изученные алгоритмы оптимизации к решению прикладных проектно-конструкторских, производственно-технологических и научно-</p>	
--	--	---	--

		<p>исследовательских задач на базе современных компьютерных технологий</p> <p>Реализовывать методы решения оптимизационных задач на доступном языке программирования (используется APDL в среде ANSYS)</p> <p>Решать задачи оптимального проектирования конструкций в конечно-элементных комплексах, в том числе с помощью алгоритмов, реализованных на языке программирования APDL в среде ANSYS</p> <p>Разрабатывать физические и математические модели явлений и объектов, относящихся к области оптимального проектирования конструкций</p> <p>Корректно ставить конкретные задачи оптимального проектирования: выделять управляемые параметры, задавать прямые ограничения, формировать</p>	
--	--	--	--



		целевые функции и функциональные ограничения	
--	--	--	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Математическая постановка оптимизационных задач

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение тестов по тематике раздела 1

**Краткое содержание задания:**

Для каждого вопроса выбрать правильный ответ

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Основные подходы в формировании целевых функций и функциональных ограничений	1.Целевая функция задачи оптимизации. Принцип выбора целевой функции. Примеры 2.Активные ограничения в задачах оптимизации. Примеры 3.Пассивные ограничения в задачах оптимизации. Примеры
Знать: Основные принципы алгоритмизации и программирования процессов проектирования и конструирования	1.Задачи линейного программирования. Распространенность на практике, примеры
Знать: Современные наукоёмкие технологии для решения задач оптимального проектирования	1.Понятие о параметрической и топологической оптимизации. Сфер применения
Знать: Математическую постановку задач оптимизации и основные понятия: целевая функция, пассивные и активные ограничения, критерии завершения поиска, параметры проектирования в задачах оптимального проектирования конструкций, множество Парето-оптимальных решений	1.Понятие оптимального проектирования. Примеры оптимально спроектированных объектов 2.Суть задачи оптимизации. Пример задачи оптимизации 3.Параметры проектирования. Примеры 4.Критерии завершения поиска оптимального решения 5.Классификация задач оптимизации
Знать: Методы многомерной оптимизации: симплекс-методы, методы случайного поиска, методы последовательных направлений, метод Хука-Дживса, градиентные методы, ньютоновские и квазиньютоновские методы	1.Основной принцип поисковых методов оптимизации
Уметь: Осознавать основные проблемы оптимального проектирования конструкций, при решении которых возникает	1.Классифицировать предложенную задачу оптимизации

необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов	
Уметь: Корректно ставить конкретные задачи оптимального проектирования: выделять управляемые параметры, задавать прямые ограничения, формировать целевые функции и функциональные ограничения	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулировать задачу оптимизации по заданным критериям для предложенного объекта</li> <li>2. Сформулировать целевую функцию для предложенной задачи оптимизации и обосновать решение</li> <li>3. Поставить ограничения в предложенной задаче оптимизации, исходя из физических, технологических и экономических соображений</li> <li>4. Перечислить параметры проектирования в предложенной задаче оптимизации. Выделить управляемые параметры</li> </ol>
Уметь: Реализовывать методы решения оптимизационных задач на доступном языке программирования (используется APDL в среде ANSYS)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулировать критерий завершения поиска. Обосновать выбор</li> </ol>

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент полностью освоил в необходимом объеме и способен уверенно применить на практике следующие знания: 1. Постановка задачи оптимизации. Основные понятия 2. Параметры проектирования в задачах оптимального проектирования конструкций 3. Целевая функция. Целевые функции в задачах оптимального проектирования конструкций 4. Активные ограничения в задачах оптимизации 5. Пассивные ограничения в задачах оптимизации 6. Классификация оптимизационных задач 7. Критерии завершения поиска оптимального решения

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент освоил в достаточном объеме и способен применить на практике следующие знания или имеет недостаток знаний по одному из пунктов: 1. Постановка задачи оптимизации. Основные понятия 2. Параметры проектирования в задачах оптимального проектирования конструкций 3. Целевая функция. Целевые функции в задачах оптимального проектирования конструкций 4. Активные ограничения в задачах оптимизации 5. Пассивные ограничения в задачах оптимизации 6. Классификация оптимизационных задач 7. Критерии завершения поиска оптимального решения

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент частично освоил и может с трудом применить на практике следующие знания или имеет существенный недостаток знаний по двум пунктам: 1. Постановка задачи оптимизации. Основные понятия 2. Параметры проектирования в задачах оптимального проектирования конструкций 3. Целевая функция. Целевые функции в задачах оптимального проектирования конструкций 4. Активные ограничения в задачах оптимизации 5. Пассивные ограничения в задачах оптимизации 6.

Классификация оптимизационных задач 7. Критерии завершения поиска оптимального решения

**КМ-2. Методы одномерной оптимизации**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение тестов по тематике раздела 2

**Краткое содержание задания:**

Для каждого вопроса выбрать правильный ответ

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Методы одномерной оптимизации: метод дихотомии, четырёхточечные симметричные алгоритмы, методы простого перебора и случайного поиска, методы полиномиальной аппроксимации	1.Метод дихотомии. Скорость сходимости 2.Метод золотого сечения 3.Метод Фибоначчи. Особенности применения 4.Метод Хука-Дживса 5.Метод полиномиальной аппроксимации
Уметь: Выбирать наиболее эффективный в данных условиях метод решения задачи оптимизации	1.Сравнение скорости сходимости четырёхточечных алгоритмов
Уметь: Реализовывать методы решения оптимизационных задач на доступном языке программирования (используется APDL в среде ANSYS)	1.Применение четырёхточечных алгоритмов к решению предложенной задачи 2.Применение метода Хука-Дживса к предложенной задаче

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент в полной мере в соответствии с предложенной информацией освоил знания по следующим пунктам и способен их применять: 1. Метод перебора на сетке 2. Метод дихотомии 3. Метод золотого сечения 4. Метод Фибоначчи 5. Метод Хука-Дживса 6. Метод полиномиальной аппроксимации

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент в достаточной мере освоил знания по следующим пунктам и способен их применять или имеет существенный недостаток знаний по одному из пунктов: 1. Метод перебора на сетке 2. Метод дихотомии 3. Метод золотого сечения 4. Метод Фибоначчи 5. Метод Хука-Дживса 6. Метод полиномиальной аппроксимации

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент частично освоил знания по следующим пунктам и способен их применять с переменным успехом или недостаточной

эффективностью или имеет существенный недостаток знаний по двум пунктам: 1. Метод перебора на сетке 2. Метод дихотомии 3. Метод золотого сечения 4. Метод Фибоначчи 5. Метод Хука-Дживса 6. Метод полиномиальной аппроксимации

### КМ-3. Методы многомерной оптимизации

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнение тестов по тематике раздела 3

**Краткое содержание задания:**

Для каждого вопроса выбрать правильный ответ

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Основные принципы алгоритмизации и программирования процессов проектирования и конструирования	1. Методы решения задач линейного программирования
Знать: Методы многомерной оптимизации: симплекс-методы, методы случайного поиска, методы последовательных направлений, метод Хука-Дживса, градиентные методы, ньютоновские и квазиньютоновские методы	1. Метод покоординатного спуска 2. Метод ортогональных направлений (метод вращающихся координат) 3. Метод сопряженных направлений (метод Пауэлла) 4. Метод Хука-Дживса 5. Метод Нелдера-Мида (метод деформируемого многогранника) 6. Метод наискорейшего спуска 7. Метод тяжелого шарика 8. Метод сопряженных градиентов 9. Метод Ньютона 10. Понятие о квазиньютоновских методах
Уметь: Выбирать наиболее эффективный в данных условиях метод решения задачи оптимизации	1. Применение метода Хука-Дживса к решению предложенной задачи 2. Применение метода наискорейшего спуска к решению предложенной задачи 3. Применение метода Ньютона к решению предложенной задачи
Уметь: Обоснованно и эффективно применять современные компьютерные технологии при проектировании	1. Аппроксимация градиента целевой функции 2. Аппроксимация матрицы Гессе целевой функции 3. Оптимальное использование ресурсов при применении квазиньютоновских методов
Уметь: Реализовывать методы решения оптимизационных задач на доступном языке программирования (используется APDL в среде ANSYS)	1. Применение метода Нелдера-Мида к решению предложенной задачи

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент в полной мере в соответствии с предложенной информацией освоил знания по следующим пунктам и способен успешно их применять: 1. Метод покоординатного спуска 2. Метод ортогональных направлений 3. Метод сопряженных направлений 4. Метод Хука-Дживса 5. Метод Нелдера-Мида 6. Метод наискорейшего спуска 7. Метод сопряженных градиентов 8. Метод Ньютона

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент в достаточной мере в соответствии с предложенной информацией освоил знания по следующим пунктам и способен успешно их применять или имеет недостаток знаний по одному пункту: 1. Метод покоординатного спуска 2. Метод ортогональных направлений 3. Метод сопряженных направлений 4. Метод Хука-Дживса 5. Метод Нелдера-Мида 6. Метод наискорейшего спуска 7. Метод сопряженных градиентов 8. Метод Ньютона

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент частично освоил знания по следующим пунктам и способен применять их с переменным успехом или имеет недостаток знаний по двум пунктам: 1. Метод покоординатного спуска 2. Метод ортогональных направлений 3. Метод сопряженных направлений 4. Метод Хука-Дживса 5. Метод Нелдера-Мида 6. Метод наискорейшего спуска 7. Метод сопряженных градиентов 8. Метод Ньютона

#### **КМ-4. Решение оптимизационных задач**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется в письменном виде. Отдельные элементы допускается выполнять с применением ЭВМ с обязательным предоставлением кода, таблиц, графиков, использованных в процессе работы

**Краткое содержание задания:**

Необходимо решить поставленные задачи предложенными методами и выполнить требуемые процедуры по анализу эффективности. Дать заключение

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Методы решения задач многокритериальной оптимизации, методы построения множества Парето-оптимальных решений.	1.Целевые функции в задачах проектирования равнопрочных конструкций 2.Оптимальность по Парето. Множество Парето-оптимальных решений 3.Выбор квазиоптимального решения из Парето-множества
Знать: Основные принципы алгоритмизации и программирования процессов проектирования и конструирования	1.Подходы к решению задач поиска глобального минимума
Знать: Математическую постановку задач оптимизации и основные понятия: целевая функция, пассивные и активные ограничения, критерии	1.Целевые функции в задачах оптимального проектирования конструкций

завершения поиска, параметры проектирования в задачах оптимального проектирования конструкций, множество Парето-оптимальных решений	
Знать: Методы многомерной оптимизации с учетом ограничений: теорема Куна – Таккера, метод Бокса, метод штрафных функций, метод барьеров	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Метод множителей Лагранжа для решения задач с ограничениями-равенствами</li> <li>2.Теорема Куна-Таккера и ее применение к решению задач с ограничениями-неравенствами</li> <li>3.Суть метода штрафных функций. Виды штрафов</li> <li>4.Суть метода барьеров. Виды барьеров</li> <li>5.Метод Бокса и его отличия от метода Нелдера-Мида</li> </ol>
Уметь: Осознавать основные проблемы оптимального проектирования конструкций, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Сформулировать способ построения множества Парето-оптимальных решений</li> <li>2.Предложить критерий отбора квазиоптимального решения из Парето-оптимального множества</li> </ol>
Уметь: Формулировать технико-экономическое содержание задач оптимизации	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Сформулировать целевые функции и ограничения для проектирования стержня тонкого профиля для минимизации стоимости изготовления, массы, объема, площади листового материала</li> </ol>
Уметь: Применять изученные алгоритмы оптимизации к решению прикладных проектно-конструкторских, производственно-технологических и научно-исследовательских задач на базе современных компьютерных технологий	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Формулировка задачи проектирования равнопрочного стержня при наличии ограничений</li> <li>2.Формулировка задачи проектирования равнопрочной круговой/кольцевой пластины при наличии ограничений</li> <li>3.Проектирование равнопрочного резервуара при наличии ограничений</li> </ol>
Уметь: Разрабатывать физические и математические модели явлений и объектов, относящихся к области оптимального проектирования конструкций	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Сформулировать целевую функцию и ограничения для задачи оптимального проектирования стержня с ограничением на собственные частоты</li> </ol>
Уметь: Решать задачи оптимального проектирования конструкций в конечно-элементных комплексах, в том числе с помощью алгоритмов, реализованных на языке программирования APDL в среде ANSYS	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Применение метода Бокса</li> <li>2.Составление штрафных функций</li> <li>3.Составление барьерных функций</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент в полной мере в соответствии с предложенной информацией освоил знания по следующим пунктам и способен успешно их применять: Знания по разделам 1-5. Метод множителей Лагранжа. Теорема Куна-Таккера. Метод Бокса. Метод штрафных функций. Метод барьеров. Подходы к решению задач многокритериальной оптимизации. Построение множества Парето-оптимальных решений. Проектирование равнопрочных конструкций.

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент в полной мере в соответствии с предложенной информацией освоил знания по разделам 1-5. Студент в достаточной мере освоил знания по следующим пунктам и способен успешно их применять или имеет существенный недостаток знаний по одному пункту: Метод множителей Лагранжа. Теорема Куна-Таккера. Метод Бокса. Метод штрафных функций. Метод барьеров. Подходы к решению задач многокритериальной оптимизации. Построение множества Парето-оптимальных решений. Проектирование равнопрочных конструкций.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 40

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент частично освоил знания по разделам 1-5. Студент частично освоил знания по следующим пунктам и способен их применять с переменным успехом или имеет существенный недостаток знаний по двум пунктам: Метод множителей Лагранжа. Теорема Куна-Таккера. Метод Бокса. Метод штрафных функций. Метод барьеров. Подходы к решению задач многокритериальной оптимизации. Построение множества Парето-оптимальных решений. Проектирование равнопрочных конструкций.



# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Общая схема решения оптимизационных задач. Критерии завершения поиска.
2. Градиентные методы многомерной безусловной оптимизации. Суть метода сопряжённых градиентов.
3. Выполнить несколько шагов алгоритма Нелдера-Мида (минимизация) с начальным приближением  $(-1, 0; 1, 0; 0, 1)$  применительно к функции Розенброка двух переменных:  
$$f(x, y) = (1 - x)^2 + 100(y - x^2)^2$$

Figure 1 Функция Розенброка

### Процедура проведения

После успешного выполнения контрольных мероприятий и РГР студент проходит опрос, по результатам которого выставляется оценка

#### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-3</sub> Готов обеспечить максимальную технико-экономическую эффективность объектов профессиональной деятельности при соблюдении условий надежности, технологичности, долговечности

#### **Вопросы, задания**

1. Объяснить принципы выбора целевых функций и функций-ограничений в задачах оптимального проектирования конструкций
2. Объяснить особенности решения задачи минимизации мультимодальной функции. Сделать выводы о пригодности изученных методов к решению подобной задачи
3. Дать понятие оптимальности по Парето. Предложить способ построения Парето-оптимального множества решений

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Определить положение точки приложения силы  $P$ , при котором абсолютное значение перемещения точки  $K$  минимально.  
Недостающие параметры принять самостоятельно.

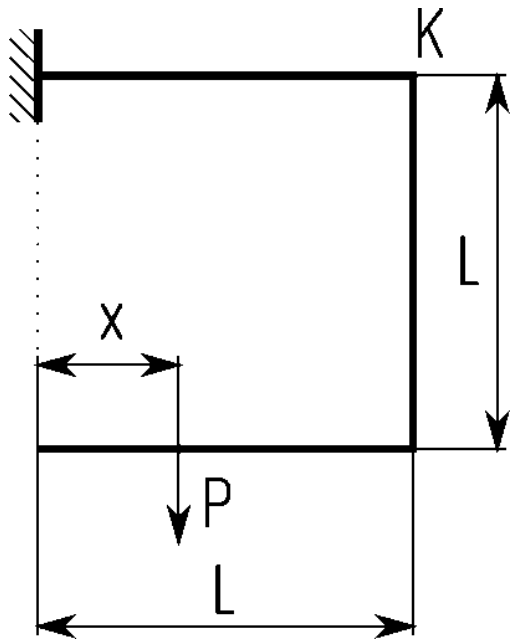


Figure 2 Рисунок 1 - К задаче

Ответы:

Студент получает формулу, описывающую перемещение точки К как параметра координаты  $x$  точки приложения силы  $P$  (например, применив интеграл Максвелла-Мора). Эта формула принимается в качестве целевой функции. Также ставятся прямые ограничения на координату  $x$ . Полученная задача оптимизации решается любым известным способом (приоритетным является самый малозатратный).

Верный ответ:  $x = L/3$ , результат получен при незначительных вычислительных затратах

2. Определить положение опоры  $x$  с точки зрения минимизации нормальных напряжений в балке, нагруженной равномерно распределённой нагрузкой  $q$ .

Недостающие параметры принять самостоятельно.

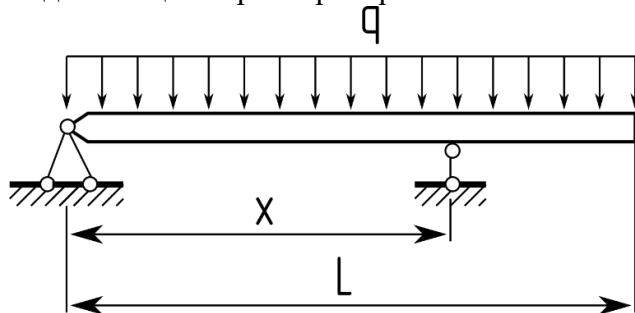


Figure 3 Рисунок 1 - К задаче

Ответы:

Студент получает эпюру изгибающих моментов как функцию координаты (параметра)  $x$ . При  $EJ = \text{const}$  в качестве целевой функции можно принять максимум абсолютного значения изгибающего момента. Далее выполняются действия по нахождению минимума целевой функции.

Допустимо определять оптимальное положение опоры исходя из равенства максимальных значений изгибающего момента в пролёте и на свесе балки, но требуется пояснение, из каких соображений выбран этот подход.

Верный ответ:  $x$  составляет приблизительно  $0,71 \cdot L$  или предоставлен результат в символьном виде

## 2. Компетенция/Индикатор: ИД-4ПК-1 Способен находить оптимальные инженерные решения

### Вопросы, задания

1. Описать процесс составления оптимизационной задачи. Указать необходимые составляющие
2. Классифицировать предложенную задачу оптимизации
3. Выполнить три шага метода Нелдера-Мида для минимизации предложенной целевой функции
4. Объяснить суть методов штрафных функций и барьеров. Объяснить ключевые различия

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что требуется для постановки задачи оптимального проектирования конструкции?

Ответы:

Необходимо перечислить необходимые составляющие задачи оптимизации и последовательность действий

Верный ответ: Для постановки задачи оптимизации необходимо: - определить границы изучаемой системы - выбрать критерий, на основе которого можно оценить систему - выбрать независимые переменные, описывающие систему - построить математическую модель системы - сформулировать целевую функцию - задать прямые ограничения - задать функциональные ограничения

2. Точка  $x_0$ , для которой выполняется неравенство  $f(x) < f(x_0)$  для любого  $x$  из области определения, отличного от  $x_0$ , называется

Ответы:

- а. точкой глобального минимума;
- б. точкой глобального максимума;
- в. точкой локального минимума;
- г. точкой локального максимума.

Верный ответ: а. точка глобального минимума

3. Методы минимизации функции, в которых используют значения функции в точках рассматриваемого промежутка и не используют значения ее производных, называют:

Ответы:

- а. методами оптимизации;
- б. методами прямого поиска;
- в. методами пассивного поиска;
- г. методами последовательного поиска.

Верный ответ: б. методы прямого поиска

4. Применим ли классический метод Ньютона к отысканию экстремума функции  $f = |x|$ ?

Ответы:

- а. применим;
- б. неприменим;
- в. только на определённом отрезке;
- г. при дополнительных условиях.

Верный ответ: б. неприменим

5. Какие из ниже перечисленных методов относятся к методам одномерной оптимизации?

Ответы:

- а. методы Розенброка, Хука-Дживса, Нелдера-Мида, случайного поиска;
- б. методы быстрого спуска, сопряженных градиентов, переменной метрики;
- в. методы быстрого спуска, Розенброка, Хука-Дживса, метод золотого сечения;
- г. метод дихотомии, метод золотого сечения, метод чисел Фибоначчи, метод полиномиальной аппроксимации.

Верный ответ: г. метод дихотомии, метод золотого сечения, метод чисел Фибоначчи, метод полиномиальной аппроксимации.

6. Внутренние параметры модели, которые могут меняться в процессе оптимизации, и являющиеся аргументами целевой функции, называются:

Ответы:

- а. проектными переменными;
- б. параметрами качества;
- в. выходными параметрами;
- г. управляемыми параметрами.

Верный ответ: г. управляемыми параметрами.

7. Применить метод золотого сечения к  $f(x) = 0,5 \cdot \operatorname{ch}(x) + x^3 - 3x^2, x \in [0, 5]$

Ответы:

Пошаговое выполнение алгоритма золотого сечения приводит к последовательности значений

$x_0 =$

$x_1 =$

$x_2 =$

...

Верный ответ: Приведена последовательность вычислений. В пределах точности аргумента 0,01 точка стремится к  $x^* = 1,74$   $y^* = -2,35$

8. Применить метод Ньютона для минимизации функции  $f(x) = x^2 - 3x + 4$ . Начальное приближение выбрать произвольно. Объяснить происходящее.

Ответы:

Студент применяет метод Ньютона. Должно быть четко указано, что для квадратичных функций одной переменной метод дает точное решение за одну итерацию.

Верный ответ:  $x^* = 1,5$ , для предложенной целевой функции метод сходится за одну итерацию независимо от выбора начального приближения

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ». В приложение к диплому выносится оценка за 3 семестр.