

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

Специалитет

Направление подготовки / специальность

01.05.01 - Фундаментальные математика и механика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная механика и приложения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.08.01 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-11: Умение использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование	<p>ПК-11.1: Знает теоретические основы физического и компьютерного моделирования, основы эксперимента в механике</p> <p>ПК-11.2: Умеет использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование для решения задач механики на основе полученных теоретических знаний</p> <p>ПК-11.3: Имеет практический опыт использования физических и компьютерных моделей и экспериментального оборудования при решении стандартных задач механики</p>	<p>ПК-11.1: Знать теоретические основы физического и компьютерного моделирования, основы эксперимента в механике</p> <p>ПК-11.2: Уметь использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, задач оптимизации механических конструкций на основе полученных теоретических знаний</p> <p>ПК-11.3: Владеть практическим опытом использования физических и компьютерных моделей и экспериментального оборудования при решении стандартных оптимизации механических конструкций</p>	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

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	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	39
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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Анализ чувствительности	13	6		6	7
Топологическая оптимизация	14	6		6	8
Оптимизация динамических конструкций	14	6		6	8
Оптимальный профиль устойчивой колонны	14	6		6	8
Оптимизация тепловых систем	16	8		8	8
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	0	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Анализ чувствительности: Что такое и зачем анализ чувствительности. Статика. Метод прямого дифференцирования. Метод сопряженных переменных. Свободные колебания. Простое собственное значение. Простая собственная форма. Кратное собственное значение.
2. Топологическая оптимизация: Постановка задачи топологической оптимизации, выбор параметров и критерия проектирования, задача о пластине переменной толщины. Потенциальные численные проблемы. Задача 3D-топологической оптимизации. Пример совместной оптимизации площадей, геометрии и топологии.
3. Оптимизация динамических конструкций: Математический аппарат. Статический случай, динамический случай, установившиеся колебания.
4. Оптимальный профиль устойчивой колонны: Постановка задачи. Расчет устойчивости колонн. Колонна постоянного сечения, колонна наилучшего профиля, коническая колонна, сравнение.

5. Оптимизация тепловых систем: Тепловые явления, понятия и законы. Пруд теплоотвода. Изготовление пластиковых катушек. Постановки других задач.

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 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 расчетно-графических работ по темам.

Формами контроля самостоятельной работы студентов, соответственно, являются:

- решение типовых задач (может проходить как в письменной форме, так и в форме решения у доски)
- решение исследовательских оптимизационных задач на компьютере

Зачет выставляется автоматически при условии успешного выполнения всех запланированных расчетных работ, удовлетворительного ответа по теоретической части и типовым задачам.

Дополнительная литература:

1. Киселев В.Г. Оптимизация механических конструкций: проектно-ориентированный подход. Учебно-методическое пособие, Нижегородский государственный университет, 2018 – 69с. (2 экз.)
2. Christensen P. W., Klarbring A. An Introduction to Structural Optimization, Sweden, 2009. 211.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=85835&DB=1>,
Rao S.S. Engineering Optimization: Theory and Practice. 4th ed. John Wiley & Sons, 2009.830p
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=85836&DB=1>
3. Ohsaki M. Optimization of Finite Dimensional Structures. CRC Press, 2011. 406 p
4. Belegundu A.D., Chandrupatla T.R. Optimization Concepts and Applications in Engineering. 2nd ed. Cambridge University Press, 2011. 463.

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-11:

1. Что такое и зачем анализ чувствительности. Статика. Метод прямого дифференцирования. Метод сопряженных переменных. Свободные колебания. Простое собственное значение. Простая собственная форма. Кратное собственное значение.
2. Постановка задачи топологической оптимизации, выбор параметров и критерия проектирования, задача о пластине переменной толщины. Потенциальные численные проблемы. Задача 3D-топологической оптимизации.

3. Математический аппарат расчета динамической конструкции. Статический случай, динамический случай, установившиеся колебания.
4. Постановка задачи оптимизации устойчивости колонн. Расчет устойчивости колонн. Колонна постоянного сечения, колонна наилучшего профиля, коническая колонна, колонна из конуса и цилиндра, сравнение.
5. Тепловые явления, понятия и законы. Пруд теплоотвода. Изготовление пластиковых катушек. Постановки других задач.

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	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены

	обучающегося от ответа	ошибки	ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	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 некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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 - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. **Анализ чувствительности:** Что такое и зачем анализ чувствительности. Статика. Метод прямого дифференцирования. Метод сопряженных переменных. Свободные колебания. Простое собственное значение. Простая собственная форма. Кратное собственное значение.
2. **Топологическая оптимизация:** Постановка задачи топологической оптимизации, выбор параметров и критерия проектирования, задача о пластине переменной толщины. Потенциальные численные проблемы. Задача 3D-топологической оптимизации. Пример совместной оптимизации площадей, геометрии и топологии.
3. **Оптимизация динамических конструкций:** Математический аппарат. Статический случай, динамический случай, установившиеся колебания.
4. **Оптимальный профиль устойчивой колонны:** Постановка задачи. Расчет устойчивости колонн. Колонна постоянного сечения, колонна наилучшего профиля, коническая колонна, сравнение.
5. **Оптимизация тепловых систем:** Тепловые явления, понятия и законы. Пруд теплоотвода. Изготовление пластиковых катушек. Постановки других задач.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки

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. 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.

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

Программное обеспечение: MSWord, MSExcel.

Программное средство ForcePad. Система Matlab

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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 специальности 01.05.01 - Фундаментальные математика и механика.

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

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

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