

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины
Оптимизация механических конструкций

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
01.05.01 Фундаментальные математика и механика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Фундаментальная механика и приложения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Оптимизация механических конструкций» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.08.01 «Оптимизация механических конструкций» относится к части ООП специальность 01.05.01 Фундаментальные математика и механика, формируемой участниками образовательных отношений.

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	
ПК-11. Умение использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование	ПК-11.1. Знает теоретические основы физического и компьютерного моделирования, основы эксперимента в механике. 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. ПК-11.3. Имеет практический опыт использования физических и компьютерных моделей и экспериментального оборудования при решении стандартных задач механики	<i>Знать</i> теоретические основы физического и компьютерного моделирования, основы эксперимента в механике. <i>Уметь</i> использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, задач оптимизации механических конструкций на основе полученных теоретических знаний. <i>Владеть</i> практическим опытом использования физических и компьютерных моделей и экспериментального оборудования при решении стандартных оптимизации механических конструкций.	<i>Собеседование, Выполнение заданий Собеседование по отчетам о выполненных работах</i>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	23.е.
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация – зачет	зачет

3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения							
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего(часы)	в том числе				СР, часы
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1.	Анализ чувствительности	14	6			6	7
2.	Топологическая оптимизация	14	6			6	8
3.	Оптимизация динамических конструкций	14	6			6	8
4.	Оптимальный профиль устойчивой колонны	14	6			6	8
5.	Оптимизация тепловых систем	15	8			8	8
	В т.ч. текущий контроль	1		1		1	
	Итого	72	32			72	39

Краткое 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.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет), включающий выполнение заданий.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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 расчетно-графических 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 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.

Примеры общих теоретических вопросов и заданий для собеседований приведены в п. 5.2

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме контрольных вопросов теоретического характера, контрольных вопросов к описанию расчетно-графических работ и контрольных заданий для собеседования.

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		<u>Знания</u>	<u>Умения</u>	<u>Навыки</u>
плохо	не	Отсутствие знаний теоретического	Отсутствие минимальных умений.	Отсутствие владения материалом.

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
		материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа
неудовлетворительно		Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
удовлетворительно	зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
очень хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
отлично		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
превосходно		Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»

Оценка		Уровень подготовки
Не зачтено	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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»
	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы для оценки формирования компетенции ПК-11

№	Вопрос
1.	Постановка задачи параметрической оптимизации
2.	Проектные переменные
3.	Ограничения, применяемые при оптимизации прочностных конструкций
4.	Понятие чувствительности
5.	Задача о пластине переменной толщины в плоской топологической оптимизации
6.	Штрафование промежуточных толщин в плоской топологической оптимизации
7.	Управляемые переменные и критерий 3D - топологической оптимизации
8.	Сглаживание и штрафование в 3D-топологической оптимизации
9.	Дискретизация в 3D-топологической оптимизации
10.	Критерии оптимальности в 3D-топологической оптимизации
11.	Анализ чувствительности в 3D-топологической оптимизации
12.	Алгоритм решения в 3D-топологической оптимизации
13.	Потенциальные численные проблемы в топологической оптимизации
14.	Совместная оптимизация размеров, геометрии и топологии фермы Охсаки
15.	Введение в оптимизацию динамических конструкций

16.	Постановка задачи оптимизации динамических конструкций
17.	Задача оптимизации консоли в статическом случае
18.	Задача оптимизации консоли при внезапном приложении нагрузки
19.	Задача оптимизации консоли при установившихся колебаниях
20.	Постановка задачи об оптимальном профиле устойчивой колонны
21.	Устойчивая колонна наилучшего профиля (нахождение общего решения)
22.	Устойчивая колонна наилучшего профиля (учет граничных условий)
23.	Оптимальная коническая колонна
24.	Тепловые явления. Понятия и законы
25.	Оптимизация пруда теплоотвода
26.	Оптимизация изготовления пластиковых катушек.

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки формирования компетенции ПК-11

№	Задание
1.	Записать необходимые условия экстремума.
2.	Модель состояния.
3.	Геометрическое решение задачи оптимизации

5.2.3. Типовые тестовые задания/задачи для оценки формирования компетенции ПК-11

1. Задача весовой оптимизации двухстержневой фермы с ограничениями по прочности.
2. Задача оптимального проектирования восьмистержневой фермы с ограничениями по прочности.
3. Задача весовой оптимизации шарнирно опертой балки прямоугольного поперечного сечения
4. Задача оптимального проектирования балки переменного сечения (три параметра проектирования, три различных сечения).
5. Задача оптимального проектирования жестко заземленной балки переменного сечения (десять параметров проектирования, десять различных сечений).
6. Задача топологической оптимизации трипода с помощью ForcePad.
7. Анализ чувствительности для трехстержневой фермы.
8. Задача оптимального проектирования торсионной штанги с семью параметрами проектирования с учетом ограничения по усталостной долговечности.

8.1.1. Темы курсовых работ, эссе, рефератов

Курсовые работы Учебным планом по данной дисциплине не предусмотрены

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Киселев В.Г. Оптимальное проектирование конструкций. Нижегородский государственный университет, 2016 – 67с. (2 экз.)
<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=487939&idb=0>

2. Киселев В.Г. Оптимизация механических конструкций: проектно-ориентированный подход. Учебно-методическое пособие, Нижегородский государственный университет, 2018 – 69сю (2 экз.)
3. Малков В.П., Угодчиков А.Г. Оптимизация упругих систем. М.:Наука,1981,288 с.
<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=81617&idb=0>
4. Хог Э., Арора Я. Прикладное оптимальное проектирование: Механические системы и конструкции. М.: Мир, 1983. - 479 с.
<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=365007&idb=0>

б) дополнительная литература:

1. 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>
2. Ohsaki M. Optimization of Finite Dimensional Structures. CRC Press, 2011. 406 p
3. Belegundu A.D., Chandrupatla T.R. Optimization Concepts and Applications in Engineering. 2nd ed. Cambridge University Press, 2011. 463.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

(в соответствии с содержанием дисциплины)

Программное обеспечение: MSWord, MSExcel.

Программное средствоForcePad. СистемаMatlab

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и 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 01.05.01
Фундаментальные математика и механика.

Автор доц. Киселев В.Г.

Заведующий кафедрой профессор Игумнов Л.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.