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 президиума Ученого совета ННГУ протокол от «11» мая 2021 г. № 2 |

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| **Оптимизация механических конструкций** |

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| бакалавриат |

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

|  |
| --- |
| 01.03.03 Механика и математическое моделирование |

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг |

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

|  |
| --- |
| очная |

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижний Новгород

 2021 год

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина **Оптимизация механических конструкций** относится к дисциплинам по выбору 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.04.02, Оптимизация механических конструкций относится к части ООП направления подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование, формируемой участниками образовательных отношений. |

1. **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-1* | *ПК-1.1.* | **Знает** теоретические основы фундаментальных методов  исследования проблем механики. | *Собеседование,* |
|  | *ПК-1.2.* | **Умеет** самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определения целей и задач исследования, а также выбора корректного метода исследования научной проблемы. | *Выполнение заданий* |
|  | *ПК-1.3.* | **Имеет практический опыт** научно-исследовательской деятельности в области механики, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой. | *Собеседование по отчетам о выполненных работах* |

1. **Структура и содержание дисциплины** 
   1. **Трудоемкость дисциплины**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **очная форма обучения** |
| **Общая трудоемкость** | **4 з.е.** |
| **Часов по учебному плану** | **144** |
| **в том числе** |  |
| **аудиторные занятия (контактная работа):** |  |
| **- занятия лекционного типа** | **26** |
| **- занятия семинарского типа** | **26** |
| **Контроль самостоятельной работы (КСР)** | **1** |
| **самостоятельная работа** | **91** |
| **Промежуточная аттестация** | **зачет** |

* 1. **Содержание дисциплины**

| **Очная форма обучения** | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Наименование разделов и тем дисциплины** | Всего(часы) | в том числе | | | | |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы**  из них | | | | **СР, часы** |
|  | **Занятия лекционного типа** | **Занятия семинарского типа** | **Занятия лабораторного типа** | **Всего** |
|  | Основные положения оптимального проектирования конструкций | 24 | 4 | 5 |  | 9 | 15 |
|  | Виды задач оптимизации по мерности и ограничениям | 24 | 4 | 5 |  | 9 | 15 |
|  | Выпуклая оптимизация | 24 | 4 | 5 |  | 9 | 15 |
|  | Анализ чувствительности | 12 | 2 | 3 |  | 5 | 7 |
|  | Пластические предельный анализ и проектирование конструкций | 24 | 4 | 5 |  | 9 | 15 |
|  | Теоремы об оптимизации конструкций | 12 | 2 | 3 |  | 5 | 7 |
|  | Оптимизация динамических конструкций |  |  |  |  |  |  |
|  | Геометрическое программирование | 24 | 4 | 5 |  | 9 | 15 |
|  | В т.ч. текущий контроль | 1 |  | 1 |  | 1 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Итого | 144 | 26 | 26 |  | 52 | 91 |

Краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

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.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Итоговая аттестация проходит в традиционной форме (зачет), включающий изложение теоретических вопросов и выполнение типовых заданий.

1. **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 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.

Экзамен может выставляться автоматически при условии успешного выполнения всех запланированных на семестр работ, удовлетворительного знания теоретической части и типовых задач.

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

1. **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.

* 1. **Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине**

| **Шкала оценивания сформированности компетенций** | | **Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)** | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Знания | Умения | Навыки |
| **плохо** | **не зачтено** | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | Отсутствие владения материалом. 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. | Продемонстрированы 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 | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. |
| **очень хорошо** | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. |
| **отлично** | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. | Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. |
| **превосходно** | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов | Продемонстрирован 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» |
| 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» |
| незачтено | 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» |

* 1. **Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения**
     1. **Контрольные вопросы для оценки формирования компетенции ПК-1**

|  |  |
| --- | --- |
| № | Вопрос |
|  | Проект |
|  | Жизненный цикл и стадии |
|  | Оптимизация |
|  | Ограничения |
|  | Управляемые переменные |
|  | Целевая функция |
|  | Лагранжиан |
|  | Определенность матрицы |
|  | Безусловный локальный и глобальный минимум |
|  | Условный локальный и глобальный минимум |
|  | Стационарная точка |
|  | Метод ограниченной вариации |
|  | Метод множителей Лагранжа |
|  | Смысл множителей Лагранжа |
|  | Условия Куна-Такера |
|  | Выпуклая оптимизация |
|  | Что такое анализ чувствительности |
|  | Анализ чувствительности статических перемещений |
|  | Анализ чувствительности простого собственного значения |
|  | Анализ чувствительности простой собственной формы |
|  | Идеально-пластический материал |
|  | Теорема о нижней границе в предельном анализе |
|  | Пластический шарнир |
|  | Предельное проектирование при изгибе |
|  | Эквивалентные преобразования задач |
|  | Теорема Патнайка о равнопрочной ферме |
|  | Теорема о сепарабельной оптимизации |
|  | Взаимные задачи |
|  | Оптимизация динамических конструкций |
|  | Геометрическое программирование. Позиномы |

* + 1. **Типовые тестовые задания для оценки формирования компетенции ПК-1**

|  |  |
| --- | --- |
| № | Задание |
|  | Привести постановку задачу оптимизации по массе деформируемой конструкции |
|  | Решить графически задачу оптимального проектирования с двумя параметрами проектирования |
|  | Сформулировать задачу оптимального проектирования на наихудший случай для многоэлементной ферменной конструкции |

* + 1. **Типовые тестовые задания/ задачи для оценки формирования компетенции ПК-1**

**См. п. 5.2.2.**

* + 1. **Темы курсовых работ, эссе, рефератов**

Курсовые работы Учебным планом по данной дисциплине не предусмотрены

1. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

| **№** | **а) основная литература:** | **К-во** |
| --- | --- | --- |
|  | Киселев В.Г. Оптимальное проектирование конструкций. Нижегородский государственный университет, 2016 – 68с | Э |
|  | Киселев В.Г. Оптимизация механических конструкций: проектно-ориентированных подход. Учебно-методическое пособие, Нижегородский государственный университет, 2018 – 69с | Э |
|  | Малков В.П., Угодчиков А.Г. Оптимизация упругих систем. М.:Наука,1981,288с |  |
|  | Хог Э., Арора Я. Прикладное оптимальное проектирование: Механические системы и конструкции. М.: Мир, 1983 |  |

| **№** | **б) дополнительная литература:** | **К-во** |
| --- | --- | --- |
|  | Ohsaki M. Optimization of Finite Dimensional Structures. CRC Press, 2011. 406 p |  |
|  | Rao S.S. Engineering Optimization: Theory and Practice. 4th ed. John Wiley & Sons, 2009.830p. | Э |
|  | Haftka R.T., Gurdal Z. Elements of structural optimization. 3rd ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992. 502. | Э |

| **№** | **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы  (в соответствии с содержанием дисциплины)** | **«л» или «с»** |
| --- | --- | --- |
|  | <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm> | С |

1. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения Matlab.

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 ФГОС ОС 01.03.03 Механика и математическое моделирование

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 2 июня 2021 года, протокол № 8.

Автор(ы) \_доц. Киселев В.Г.

Рецензент(ы) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой ТКЭМ\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Игумнов Л.А.