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**

|  |
| --- |
| Конечно-элементное моделирование |

*(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

 2021год

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина «Конечно-элементное моделирование» 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.02.01, «Конечно-элементное моделирование» 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*  *Владеет методами математического и экспериментального исследования при анализе проблем механики на основе знаний фундаментальных физико-математических и компьютерных наук и навыками проблемно-задачной формы представления научных знаний* | *ПК-1.1.*  *Знает фундаментальные физико-математические и компьютерные науки* | **Знает** методы математического и экспериментального исследования | *Собеседование* |
|  | *ПК-1.2.*  *Умеет выбирать методы математического и экспериментального исследований* | **Умеет** осуществлять анализ и выбор методов решения задач дискретизации пространственных областей. | *Контрольная работа* |
|  | *ПК-1.3.*  *Владеет навыками проблемно-задачной формы представления научных знаний* | **Владеет навыками** применения базовых знаний и современного математического аппарата дискретизации пространственных областей при решении теоретических и прикладных задач. | *Контрольная работа* |
| *ПК-2*  *Способен анализировать поставленную задачу, использовать корректные методы её решения, применять математически сложные алгоритмы в современных специализированных программных комплексах, реализовывать в них новые алгоритмы* | *ПК-2.1.*  *Знает методы постановок и решения поставленных задач* | **Знает** методы постановок классических задач в области дискретизации пространственных областей | *Собеседование* |
|  | *ПК-2.2.*  *Умеет анализировать поставленную задачу* | **Умеет** математически корректно ставить естественнонаучные задачи и классические задачи в области дискретизации пространственных областей | *Контрольная работа* |
|  | *ПК-2.3.*  *Владеет навыками современных специализированных программных комплексов, и реализовывать в них новые алгоритмы* | **Владеет навыками**, применяемыми при постановке классических задач в области дискретизации пространственных областей | *Контрольная работа* |

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **очная форма обучения** | |
| **Общая трудоемкость** | **3** | **з.е.** |
| **Часов по учебному плану** | **108** | |
| **в том числе** |  | |
| **аудиторные занятия (контактная работа):** |  | |
| **- занятия лекционного типа** | **32** | |
| **- занятия семинарского типа** | **32** | |
| **- занятия лабораторного типа** |  | |
| **- текущий контроль (КСР)** | **1** | |
| **самостоятельная работа** | **43** | |
| **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**1**, часы** |
| **ЗЛеТ**2 | **ЗСеТ**3 | **ЗЛаТ**4 | **Всего** |
|  | Введение в САПР | 8 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 |
|  | Основные концепции графического программирования | 10 | 4 | 2 | 2 | 8 | 2 |
|  | Системы автоматизированной разработки чертежей | 14 | 4 | 2 | 2 | 8 | 6 |
|  | Системы геометрического моделирования | 14 | 4 | 2 | 2 | 8 | 6 |
|  | Представление кривых и работа с ними | 10 | 2 | 1 | 1 | 4 | 6 |
|  | Представление поверхностей и работа с ними | 12 | 4 | 2 | 2 | 8 | 4 |
|  | Метод конечных элементов | 12 | 4 | 2 | 2 | 8 | 4 |
|  | Интеграция CAD и CAM | 14 | 6 | 2 | 2 | 10 | 4 |
|  | Виртуальная инженерия | 14 | 4 | 2 | 2 | 8 | 6 |
|  | Текущий контроль (КСР) |  |  |  |  |  |  |
|  | ИТОГО | 108 | 34 | 16 | 16 |  | 43 |
|  | 1 Самостоятельная работа обучающегося.  2 Занятия лекционного типа.  3 Занятия семинарского типа.  4 Занятия лабораторного типа. | | | | | | |

***Краткое содержание разделов и тем дисциплины***

1. Введение в САПР: определение CAD, CAM, CAE, сценарий интеграции проектирования и производства посредством общей базы данных, компоненты САПР, аппаратное обеспечение САПР, конфигурация аппаратных средств.
2. Основные концепции графического программирования: графические библиотеки, системы координат, примитивы, ввод графики, дисплейный файл, матрица преобразования, удаление невидимых линий и поверхностей, визуализация, графический интерфейс пользователя.
3. Системы автоматизированной разработки чертежей: настройка параметров чертежа, базовые функции черчения, функции аннотирования, вспомогательные функции, совместимость файлов чертежей.
4. Системы геометрического моделирования: системы каркасного моделирования, системы поверхностного моделирования, системы твердотельного моделирования, немногообразные системы моделирования, системы моделирования устройств, базовые функции моделирования агрегатов, возможность совместного проектирования.
5. Представление кривых и работа с ними: типы уравнений, конические сечения, Эрмитовы кривые, кривая Безье, сплайн, интерполяционные кривые, пересечение кривых.
6. Представление поверхностей и работа с ними: типы уравнений поверхностей, билинейная поверхность, лоскут Куна, бикубический лоскут, поверхность Безье, сплайновая поверхность, интерполяционная поверхность, пересечение поверхностей.
7. Метод конечных элементов: введение в метод конечных элементов, формулировка метода конечных элементов, моделирование конечных элементов, автоматическое построение сетки, топологическое разбиение, геометрическое разбиение, решеточные методы, повышение качества сетки
8. Интеграция CAD и CAM: производственный цикл детали, технологическая подготовка производства, автоматизированные системы технологической подготовки производства, групповая технология.
9. Виртуальная инженерия: определение виртуальной инженерии, компоненты виртуальной инженерии, применение виртуальной инженерии, исследовательские проблемы и препятствия виртуальной инженерии.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

1. **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

* повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
* самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
* подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
* подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины 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 *задач (практических заданий)*, *контрольных работ* и контрольные материалы для проведения промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к *зачёту*.

* 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**

| *№* | *Вопрос* | *Код формируемой компетенции* |
| --- | --- | --- |
|  | Определение CAD, CAM, CAE. | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Определение и аппаратное обеспечение САПР. | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Основные концепции графического программирования. | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Системы каркасного моделирования. | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Системы поверхностного моделирования | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Системы твердотельного моделирования. | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Немногообразные системы моделирования. | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Базовые функции моделирования агрегатов, возможность совместного проектирования. | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Представление кривых и работа с ними. | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Представление поверхностей и работа с ними | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Формулировка метода конечных элементов. | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Повышение качества сетки | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Интеграция CAD и CAM | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Определение виртуальной инженерии, | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Применение виртуальной инженерии | *ПК-1, ПК-2* |
|  | Исследовательские проблемы и препятствия виртуальной инженерии | *ПК-1, ПК-2* |

* + 1. **Типовые задания/задачи для оценки   
       сформированности компетенции   ПК-1 и ПК-2**

Задания приведены в приложении 1. Для каждого варианта объекта необходимо создать конечно-элементную модель с помощью комплекса ANSYS.

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

| **№** | **а) основная литература:** | **К-во**[[1]](#footnote-1) |
| --- | --- | --- |
|  | Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошной среды: практ. рук./Любимов А. К., Берендеев Н. Н., Втюрин М. Ю., Жидков А. В., Леонтьев Н. В., Шабаров В. В. - Н. Новгород: Изд-во Нижегор. гос. ун-та, 2006. - 227 с. | 100 |

| **№** | **б) дополнительная литература:** | **К-во**1 |
| --- | --- | --- |
|  | [Чигарев А. В. , Кравчук А. С., Смалюк А. Ф. - ANSYS для инженеров: справочное пособие. - М.: Машиностроение-1, 2004. - 512 с.](http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=346122) | 25 |
|  | [Капустин С. А. - Метод конечных элементов в задачах механики деформируемых тел: учеб. пособие. - Н. Новгород: Изд-во Нижегор. гос. ун-та, 2002. - 180 с.](http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=58804) | 25 |
|  | [Васильева В. Н. - Введение в теорию метода конечных элементов. - Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1986. - 149 с.](http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=64011) – 25 | 25 |

| **№** | **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы  (в соответствии с содержанием дисциплины)** | **«Л» или «С»**[[2]](#footnote-2) |
| --- | --- | --- |
|  | ANSYS | Л |

1. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран).

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) |  | к.ф.-м.н., ст.преп. Кожанов Д.А. |
| Рецензент(ы) |  |  |
| Заведующий кафедрой  теоретической, компьютерной и экспериментальной механики |  | д.ф.-м.н., профессор  Игумнов Л.А. |

Приложение 1.

**Варианты заданий для контрольной работы**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер варианта |  | Номер варианта |  |
| 1 | http://kk.convdocs.org/pars_docs/refs/202/201345/201345_html_17960d1a.gif | 2 | http://obychenie24.ru/wp-content/uploads/2015/12/bystroe-sozdanie-detalej-v-kompa.jpg |
| 3 | http://nota-mi.ru/img.php?aHR0cHM6Ly9pLnl0aW1nLmNvbS92aS9JWFlzYUdCcGlmYy9tYXhyZXNkZWZhdWx0LmpwZw==.jpg | 4 | http://chertimvam.ru/wp-content/uploads/2012/08/kompas-3d-modeli-9.gif |
| 5 | http://mybiblioteka.su/mylektsiiru/baza6/2384696386502.files/image170.png | 6 | http://i.ytimg.com/vi/gv1r5-XjQZc/maxresdefault.jpg |
| 7 | http://kompasuroki.ucoz.ru/_ph/1/2/742753131.jpg?1449012950 | 8 | http://cadinstructor.org/wp-content/uploads/2014/07/r127_pr.png |
| 9 | http://refy.ru/images/34/1394742180_107.png | 10 | http://forum.ascon.ru/index.php?PHPSESSID=7rrbo17ngca4hj78ufrh5tvht0&action=dlattach;topic=22417.0;attach=36137;image |
| 11 | http://saprblog.ru/wp-content/uploads/2015/02/detal-inv.jpg | 12 | http://4ertim.com/sites/default/files/sssssss.png |
| 13 | http://uchebilka.ru/pars_docs/refs/97/96625/96625_html_ma3e1fb6.png | 14 | http://www.ukrboard.com.ua/imgs/board/6/750866-1.jpg |
| 15 | http://haidarovg.narod.ru/2007/god9/godzad9/image011_1.png | 16 | http://www.csoft.ru/1280x900/assets/images/soft/autodesk-inventor/img_03.jpg |
| 17 | http://img.autosovet.ru/general/18/150595.jpg | 18 | http://www.e-reading.club/illustrations/127/127274-i_707.png |
| 19 | http://veselowa.ru/wp-content/uploads/2013/12/model.png | 20 | http://veselowa.ru/wp-content/uploads/2014/03/telo-vrashheniya1.png |

1. Указывается количество экземпляров в библиотеке ННГУ. Если издание доступно в электронном виде (указана ссылка), указывается буква «Э». [↑](#footnote-ref-1)
2. Указывается буква «Л», если программное обеспечение – лицензионное, или «С» – в свободном доступе. [↑](#footnote-ref-2)