МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Гергель В.П.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| « |  | » |  | 2017 г. |

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Модели и методы решения задач динамики и устойчивости**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**бакалавриат**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

**01.03.02 Прикладная математика и информатика**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

**Математическое моделирование и вычислительная математика**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

**бакалавр**

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2017г.

**1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП**

Курс «Модели и методы решения задач динамики и устойчивости» относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) ОПОП бакалавриата по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Математическое моделирование и вычислительная математика».

Для изучения и освоения дисциплины нужны первоначальные знания из курсов «Математическая физика», «Математическое моделирование», «Численные методы», «Теоретическая механика», «Теория упругости», «Модели механики деформируемого твердого тела». Знания и умения, приобретенные студентами в результате изучения дисциплины, будут использованы при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ, связанных с численными методами и математическим моделированием задач статики и динамики элементов конструкций.

**Целью освоения дисциплины является**:

овладение математическими моделями и методами решения задач динамики и устойчивости стержневых элементов конструкций, позволяющими выпускнику успешно работать в научной и производственной сферах деятельности с применением современных компьютерных технологий.

1. **Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Формируемые компетенции** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций** |
| ПК-1 способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям *завершающий этап* | **ЗНАТЬ**  Знание методов сбора, обработки и интерпретации данных современных научных исследований  **УМЕТЬ**  Умение формировать выводы по научным исследованиям  **ВЛАДЕТЬ**  Опыт формирования выводов по научным исследованиям |
| ПК-2  способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат *завершающий этап* | **ЗНАТЬ**  Знания и понимание современного математического аппарата, методов его совершенствования  **УМЕТЬ**  Умение применять современный математический аппарат  **ВЛАДЕТЬ**  Опыт применения и совершенствования современного математического аппарата |

1. **Структура и содержание дисциплины «Модели и методы решения задач динамики и устойчивости»**

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, всего 72 часа:

21 час составляет контактная работа обучающегося с преподавателем, из которых

20 часов – занятия лекционного типа,

1 час – промежуточная аттестация,

51 час составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,**  **форма промежуточной аттестации по дисциплине** | **Всего**  **(часы)** | в том числе | | | | | | | |
| **контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы**  из них | | | | | **Самостоятельная**  **работа студента**  **часы** | | |
| **Занятия лекционного типа** | **Занятия семинарского типа** | **Лабораторные** | **Консультации индивидуальные** | **Всего**  **контактных часов** | **СРС** | **Мероприятия контроля СРС** | **Всего**  **СРС** |
| 1. Основные понятия. История вопроса | 6 | 2 |  | 2 |  | 4 | 2 |  |  |
| 1. Устойчивость упругого стержня по Эйлеру. | 6 | 2 |  | 2 |  | 4 | 2 |  |  |
| 1. Равновесные формы стержня | 6 | 2 |  | 2 |  |  |  |  |  |
| 1. Критерии и методы решения задач | 6 | 2 |  | 2 |  | 4 | 2 |  |  |
| 1. Метод Ритца | 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1. Метод Тимошенко. Метод Бубнова-Галеркина. | 8 | 2 | 2 | 2 |  | 6 | 2 |  |  |
| 1. Динамический критерий устойчивости | 6 | 2 |  | 2 |  | 4 | 2 |  |  |
| 1. Устойчивость стержней за пределами упругости | 10 | 4 |  | 2 |  | 6 | 4 |  |  |
| 1. Выпучивание стержня при нагрузке | 10 | 4 |  | 2 |  | 6 | 4 |  |  |
| 1. Устойчивость при температурных воздействиях | 6 | 2 |  | 2 |  | 4 | 2 |  |  |
| 1. Упругая устойчивость. Бифуркации. | 8 | 2 | 2 | 2 |  | 6 | 2 |  |  |
| 1. Классификация динамических задач | 6 | 2 |  | 2 |  | 4 | 2 |  |  |
| 1. Устойчивость кольца при динамическом нагружении | 6 | 2 |  | 2 |  | 4 | 2 |  |  |
| 1. Упругие волны и устойчивость | 12 | 4 | 2 | 2 |  | 8 | 4 |  |  |
| 1. Устойчивость упруго-плапстических стержней | 6 | 2 |  | 2 |  | 4 | 2 |  |  |
| **Итого за семестр 1** |  | 36 | 6 | 30 |  |  | 36 |  |  |
| **Подготовка к промежуточной аттестации** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Промежуточная аттестация. экзамен** с учетом текущей успеваемости (балльно-рейтинговая система). **Экзамен** в традиционной форме, включающий выполнение заданий, направленных на проверку формирования компетенции ПК-3. |  | экзамен |  |  |  |  |  |  |  |

1. **Образовательные технологии**

**Лекции** проводятся с использованием компьютера и проекционной техники. Во время лекции проводится интерактивный опрос для контроля понимания текущего материала.

**Практические занятия(лабораторные)** проводятся в аудитории и состоят в коллективной разработке под руководством преподавателя моделей динамики и устойчивости стержневых конструкций и выборе методов их решения.

**Семинар** состоит в обсуждении под руководством преподавателя подготовленных студентами сообщений по рекомендованной дополнительной литературе и выбору наиболее точных методов расчета стержневых конструкций

**Самостоятельная работа** состоит в изучении лекций по математическим моделям и методам решения задач динамики и устойчивости стержневых конструкций, индивидуальной подготовке студентов к практическим занятиям и семинарам, построению моделей динамики и устойчивости стержневых конструкций на домашнем или кафедральном компьютере.

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

Контроль качества подготовки студентов осуществляется путем проверки теоретических знаний и практических навыков посредством

1. Интерактивного опроса на лекционных занятиях.
2. Промежуточных контрольных работ.
3. Проверки текущих заданий на семинарских и практических занятиях.
4. Защиты курсовых работ и выпускных квалификационных работ на степень бакалавра.
5. Зачёта в конце 8 семестра

Примеры контрольных вопросов и заданий для текущего контроля:

1. Пределы применимости формулы Эйлера.
2. Может ли стержень нести нагрузку выше критической?
3. Условия сходимости метода Ритца.
4. Какой критерий устойчивости необходим для анализа поведения неконсервативной системы?
5. Получить формулу Эйлера для сжатого стержня шарнирно опертого на одном конце и жестко защемленного на другом. То же для стержня жестко защемленного по обоим концам.

Примеры тем самостоятельных работ:

1. Постановка задачи устойчивости по Эйлеру сжатых пластин при различных видах граничных условий
2. Постановка задачи устойчивости по Эйлеру цилиндрических оболочек при продольном сжатии и различных видах граничных условий
3. Постановка задачи устойчивости по Эйлеру сферических оболочек при различных граничных условиях и действии внешнего давления
4. Численное моделирование одномерных волновых задач.
5. Вариационно-разностный метод решения обобщенных осесимметричных задач динамики сплошных сред и элементов конструкций.
   1. **Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов, практические задания для проведения текущего контроля**

**Вопросы для контроля:**

1. Устойчивость «в малом» по Эйлеру. Постановка задачи. Что мы имеем в результате её решения? Границы применимости.
2. Закритическое поведение упругих стержней. Постановка задачи и реузльтаты решения. Выводы.
3. Вариационный принцип Лагранжа применительно к задачам устойчивости. Какие уравнения из этого принципа следуют?
4. Энергетический критерий устойчивости упругих систем. Откуда он следует?
5. Вариационный метод Ритца в задачах упругой устойчивости. Формулировка и сходимость.
6. Метод Тимошенко. Чем он отличается от метода Ритца?
7. Неопределенные множители Лагранжа и штрафные функции функционала энергии в методе Ритца.
8. Метод Бубнова-Галеркина. Как он соотносится с методом Ритца? Когда результаты, полученные этими методами, совпадают?
9. Динамический критерий устойчивости. Что следует из него применительно к консервативным системам?
10. Устойчивость консервативных систем. Различия в характере потери устойчивости консервативных и неконсервативных систем.
11. Сопряженные операторы и их связь с консервативностью. Пример для стержня с консервативной и неконсервативной силой.
12. Динамические задачи устойчивости упругих элементов и их классификация.
13. Задача о параметрическом возбуждении поперечных колебаний стержня. Как определить границы областей неустойчивости?
14. Как вводятся в уравнение динамики силы линейной вязкости и как они влияют на границы областей неустойчивости?
15. Распространение монохроматических волн в упругих средах. Какими уравнениями описываются? Дисперсионный анализ. Фазовая и групповая скорости. Нормальная и аномальная дисперсии волн.
16. Виды волн в безграничной сплошной изотропной упругой среде. Скорость их распространения.
17. Волны Рэлэя. Скорость их распространения в сравнении с другими типами волн. Постановка задачи и схема решения.
18. Продольные волны растяжения-сжатия в стержнях. Их скорость в сравнении.
19. Волны кручения в стержнях. Их скорость в сравнении.
20. Изгибные волны в стержнях по модели типа Кирхгоффа(техническая теория). Дисперсия волн. Групповая скорость.
21. Изгибные волны по модели типа Тимошенко. Виды Волн. Границы применения приближенных теорий.
22. Устойчивость упруго-пластических стержней. Концепция Энгессера(касательно-модульная сила) и Кармана(приведенно-модульная сила). Связь с продольным изгибом стержня.
23. Постановка задач устойчивости упругих оболочек и пластин «по Эйлеру».
24. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**
    1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

При текущей и промежуточной аттестации успеваемости по дисциплине проводится оценка сформированности следующих компонентов компетенций: знания, умения, способности мотивации. Индикаторы (дескрипторы) сформированности компетенций, которые используются при контроле текущей успеваемости и промежуточной аттестации, размещены в таблице. Во время текущего контроля успеваемости проводится оценка знаний, умений, способностей и мотивации.

ПК-1 - способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Планируемые результаты обучения**\*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения (дескрипторы)** | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ЗНАТЬ: методов сбора, обработки и интерпретации данных современных научных исследований | Отсутствие знаний или фрагментарное применение положений специализированных разделов теории и методов решения задач динамики и устойчивости тонкостенных конструкций | В целом успешное, но не систематическое применение положений специализированных разделов  теории и методов решения задач динамики и устойчивости тонкостенных конструкций | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение положений специализированных разделов теории и методов решения задач динамики и устойчивости тонкостенных конструкций | Успешное и систематическое применение положений специализированных разделов теории теории и методов решения задач динамики и устойчивости тонкостенных конструкций |
| УМЕТЬ: формировать выводы по научным исследованиям | Отсутствие умений или частично освоенное умение формулировать и решать прикладные задачи динамики и устойчивости тонкостенных конструкций | В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение формулировать и решать прикладные задачи динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение формулировать и решать прикладные задачи динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. | Сформированное умение формулировать и решать прикладные задачи динамики и устойчивости тонкостенных конструкций |
| ВЛАДЕТЬ: опытом формирования выводов по научным исследованиям | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки владения понятиями теории и методов динамики и устойчивости тонкостенных конструкций | Общие, но не структурированные навыки владения понятиями теории и методов динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки владения понятиями теории и методов динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. | Сформированные систематические навыки владения понятиями теории и методов динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. |

ПК-2 - способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Планируемые результаты обучения**\*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | **Критерии оценивания результатов обучения (дескрипторы)** | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ЗНАТЬ: современный математический аппарат, методы его совершенствования | Отсутствие знаний или фрагментарное применение положений специализированных разделов теории и методов решения задач динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. | В целом успешное, но не систематическое применение положений специализированных разделов теории и методов решения задач динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение положений специализированных разделов теории и методов решения задач динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. | Успешное и систематическое применение положений специализированных разделов теории и методов решения задач динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. |
| УМЕТЬ: применять современный математический аппарат | Отсутствие умений или частично освоенное умение формулировать и решать прикладные задачи динамики и устойчивости тонкостенных конструкций | В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение формулировать и решать прикладные задачи динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение формулировать и решать прикладные задачи динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. | Сформированное умение формулировать и решать прикладные задачи динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. |
| ВЛАДЕТЬ: опытом применения и совершенствования современного математического аппарата | Отсутствие знаний или фрагментарные навыки владения понятиями теории и методов динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. | Общие, но не структурированные навыки владения понятиями теории и методов динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки владения понятиями теории и методов динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. | Сформированные систематические навыки владения понятиями теории и методов динамики и устойчивости тонкостенных конструкций. |

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

• уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;

• уровень понимания студентами изученного материала

• способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Итоговая отчетность - зачет

|  |  |
| --- | --- |
| **Шкала оценок в соответствии со стандартом** | **Описание оценки** |
| зачтено | Студент может объяснить алгоритм решения практической задачи, демонстрирует навыки использования современных методов математического моделирования |
| незачтено | Студент показывает неудовлетворительное знание схемы решения практической задачи, отсутствие навыков использования современных методов математического моделирования |

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

* - индивидуальное собеседование,
* - письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

* - практические контрольные задания, включающих несколько вопросов по темам курса.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

**ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. При какой геометрии арки под действием внешнего давления необходимо проводить анализ устойчивости с учетом деформации средней линии и когда можно не учитывать растяжимость нейтральной оси?
2. Какую характеристику элемента конструкции мы можем определить в результате решения задачи в геометрически нелинейной постановке?
3. Как оценить устойчивое и неустойчивое состояние равновесия?
4. Как различаются критические нагрузки и соответствующие им формы потери устойчивости цилиндрических оболочек при продольном сжатии?
5. Каковы условия применимости теории пологих оболочек при исследовании задач устойчивости оболочек?
6. Сформулировать постановку задачи устойчивости по Эйлеру сжатых пластин при различных видах граничных условий
7. Сформулировать постановку задачи устойчивости по Эйлеру цилиндрических оболочек при продольном сжатии и различных видах граничных условий.
8. Сформулировать постановку задачи устойчивости по Эйлеру сферических оболочек при различных граничных условиях и действии внешнего давления.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

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

а) основная литература:

1. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. М.: Наука, 1967. (3 экз.) <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Volmir1967ru.djvu>

2. Баженов В.Г., Чекмарев Д.Т. Решение задач нестационарной динамики пластин и оболочек вариационно-разностным методом: Учебное пособие. Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2000. (19 экз.) <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=50713&DB=1>

3. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле/Пер. с англ. Корнейчука Л.Г. под ред. Григолюка Э.И. М.: Машиностроение, 1985 (1967 11 экз.)

б) дополнительная литература

1. Абросимов Н.А., Баженов В.Г. Нелинейные задачи динамики композитных конструкций. Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2002 (4 экз.) <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=57764&DB=1>

2. Болотин В.В. Динамическая устойчивость упругих систем. М.:Гостехиздат, 1956 (2 экз.)

3. Болотин В.В. Неконсервативные задачи теории упругой устойчивости. М.:Физматгиз, 1961. (3 экз.) <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Bolotin1961ru.djvu>

4. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем. М.: Наука, 1967. (2 экз.) (1979 – 2 экз., 1987 – 3 экз.)

5. Вибрации в технике. Справочник в 6 томах/ Под ред. Болотина В.В. Т.1 М.: Машиностроение, 1978. (3 экз.)

6. Клюшников В.Д. Устойчивость упруго-пластических конструкций. М.:Изд-во МГУ, 1980 (2 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Программы:

Пакет прикладных программ, позволяющий описывать напряженно-деформированное состояние сплошных тел при импульсных и ударных воздействиях в одномерной постановке.

Оригинальные сертифицированные средства компьютерного моделирования процессов динамического деформирования сложных конструктивных элементов в двумерной и трехмерной постановках: «Динамика-2» и «Динамика-3» (сертификаты соответствия №РОСС RU.ME20.HOO113 и №РОСС RU.ME20.HOO338 Госстандарта России)

Сертифицированный программный комплекс ANSYS, приобретенный ННГУ им. Н.И. Лобачевского в рамках национального проекта "Образование"

Интернет-ресурсы:

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебная аудитория. Учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде, в электронных библиотеках и на кафедре численного и функционального анализа.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ОПОП ВО по направлению 01.03.02 Прикладная математика и информатика (профилю «Математическое моделирование и вычислительная математика»).

Автор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ д.ф.-м.н., профессор Баженов В.Г.

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

Заведующий кафедрой ТКЭМ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ д.ф.-м.н., проф. Игумнов Л.А

Программа одобрена методической комиссией Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского

от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_\_\_\_.