

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Елкин А.И.
« 20 04 2022 г. »



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«СИСТЕМЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА (САЕ-СИСТЕМЫ)»

(наименование дисциплины)

28.03.02 «Наноинженерия»

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Инженерные нанотехнологии в машиностроении

(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир

2022

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства |
|--|--|--|---|
| | Индикатор достижения компетенции | Результаты обучения по дисциплине | |
| ПК-2. Способен разрабатывать рекомендации по использованию результатов исследований для реального сектора экономики. | <p>ПК-2.1. Знает классы материалов и наноструктурированных материалов и области их применения.</p> <p>ПК-2.2. Умеет выполнять научные исследования и эксперименты с изделиями из наноструктурированных материалов.</p> <p>ПК-2.3. Владеет навыками разработки рекомендаций по использованию результатов исследований наноструктурированных материалов для реального сектора экономики.</p> | <p>Знает классы наноструктурированных материалов и области их применения.</p> <p>Умеет выполнять научные исследования и численные эксперименты с изделиями из наноструктурированных материалов.</p> <p>Владеет навыками разработки рекомендаций по использованию результатов численных исследований наноструктурированных материалов для реального сектора экономики.</p> | Индивидуальное практико-ориентированное задание, контрольные и тестовые вопросы |
| ПК-4. Способен проектировать изделия из наноструктурированных композитных материалов | <p>ПК-4.1. Знает опыт ведущих организаций при проектировании изделий из наноструктурированных композитных материалов.</p> <p>ПК-4.2. Умеет разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты изделий из наноструктурированных композитных материалов.</p> <p>ПК-4.3. Владеет навыками разработки проектной документации опытного образца (опытной партии) изделий из наноструктурированных композитных материалов.</p> | <p>Знает опыт ведущих организаций при проектировании изделий из наноструктурированных композитных материалов.</p> <p>Умеет моделировать состояние изделий из наноструктурированных композитных материалов при разработке эскизных, технических и рабочих проектов изделий из наноструктурированных композитных материалов.</p> <p>Владеет навыками работы в современных САЕ-комплексах и комплексах компьютерной математики при разработке проектной документации опытного образца (опытной партии) изделий из наноструктурированных композитных материалов.</p> | Индивидуальное практико-ориентированное задание, контрольные и тестовые вопросы |

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

5 семестр: общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 часов.

| № п/п | Раздел (тема) дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Контактная работа обучающихся с педагогическим работником | | | | | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|---|---------|-----------------|---|----------------------|---------------------|---------------------------------|----------|------------------------|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | в форме практической подготовки | СРП | | |
| | Теплонапряженное состояние конструкций | | | 6 | 6 | - | 1 | 9 | 30 | |
| 1 | Обзор и возможности современных CAE-систем. Использование CAE-систем для моделирования процессов и решения прикладных инженерно-технических задач. Типы конечных элементов и основные требования к расчетным моделям. | 5 | 1-2 | 2 | 2 | - | | 3 | 10 | Рейтинг контроль № 1 |
| 2 | Решение стационарной и нестационарной задач теплопроводности методом конечных элементов с использованием современных CAE-систем. | 5 | 3-4 | 2 | 2 | - | 1 | 3 | 10 | |
| 3 | Использование современных CAE-систем при решении задач термоупругости. | 5 | 5-6 | 2 | 2 | - | | 3 | 10 | |
| | Нелинейный конструкционный анализ | | | 6 | 6 | - | 1 | 9 | 30 | |
| 4 | Особенности моделирования контактного взаимодействия при решении задач теории упругости современными CAE-системами. | 5 | 7-8 | 2 | 2 | - | 1 | 3 | 10 | Рейтинг контроль № 2 |
| 5 | Использование современных CAE-систем при решении задач упругопластичности. | 5 | 9-10 | 2 | 2 | - | | 3 | 10 | |
| 6 | Использование современных CAE-систем при модальном и гармоническом анализе конструкций. | 5 | 11-12 | 2 | 2 | - | | 3 | 10 | |
| | Механика жидкости и газа | | | 6 | 6 | - | | 9 | 30 | |
| 7 | Использование современных CAE-систем при решении задач гидромеханики, газовой динамики. | 5 | 13-14 | 2 | 2 | - | | 3 | 10 | Рейтинг контроль № 3 |

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|---|-------|----|----|---|--|----|----|-------------------|
| | Особенности решения при ламинарном и турбулентном течениях жидкости. | | | | | | | | | |
| 8 | Использование современных САЕ-систем при решении задач гидродинамики течений со свободными границами. | 5 | 15-16 | 2 | 2 | - | | 3 | 10 | |
| 9 | Использование современных САЕ-систем при решении задач обтекания тел потоком жидкости или газа. | 5 | 17-18 | 2 | 2 | - | | 3 | 10 | |
| Всего за 5 семестр | | | | 18 | 18 | - | | 27 | 90 | Экзамен (27часов) |
| Наличие в дисциплине КП/КР | | | | | | | | | | |
| Итого по дисциплине | | | | 18 | 18 | - | | 27 | 90 | Экзамен (27часов) |

Тематический план форма обучения – очная

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Теплонапряженное состояние конструкций.

Тема 1.1. Обзор и возможности современных САЕ-систем.

Содержание темы:

Использование САЕ-систем для моделирования процессов и решения прикладных инженерно-технических задач. Типы конечных элементов и их полиномы. Функции формы для различных типов конечных элементов. Основные принципы создания конечно-элементных моделей.

Тема 1.2. Решение стационарной и нестационарной задач теплопроводности методом конечных элементов с использованием современных САЕ-систем.

Содержание темы:

Закон Фурье, дать определение коэффициенту теплопроводности, температурному полю, температурному градиенту. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Граничные условия теплообмена. Вариационная постановка задачи теплопроводности и ее численная реализация методом конечных элементов.

Тема 1.3. Использование современных САЕ-систем при решении задач термоупругости.

Содержание темы:

Понятие и постановка краевой задачи в механике твердого деформируемого тела. Вариационная постановка задачи теории упругости и ее численная реализация методом конечных элементов. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений одномерного двухузлового конечного элемента. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений двумерного трехузлового конечного элемента. Конечно-элементная схема решения задачи термоупругости. Кинематические граничные условия и их влияние на точность результатов.

Раздел 2. Нелинейный конструкционный анализ.

Тема 2.1. Особенности моделирования контактного взаимодействия при решении задач теории упругости современными САЕ-системами.

Содержание темы:

Возможные расчетные схемы при моделировании контактного взаимодействия тел в рамках решения задач термоупругости методом конечных элементов.

Тема 2.2. Использование современных САЕ-систем при решении задач упругопластичности.

Содержание темы:

Модели упругопластического деформирования, используемые в конечно-элементном прочностном анализе, области применения. Деформационная теория пластичности, ее реализация при конечно-элементном прочностном анализе.

Тема 2.3. Использование современных САЕ-систем при модальном и гармоническом анализе конструкций.

Содержание темы:

Расчетные схемы при решении задач модального анализа методом конечных элементов. Расчетные схемы при решении задач гармонического анализа методом конечных элементов.

Раздел 3. Механика жидкости и газа.

Тема 3.1. Использование современных САЕ-систем при решении задач гидромеханики, газовой динамики.

Содержание темы:

Особенности решения задач гидромеханики в современных САЕ-системах при ламинарном и турбулентном течениях жидкости. Особенности использования динамических сеток в задачах вычислительной гидродинамики.

Тема 3.2. Использование современных САЕ-систем при решении задач гидродинамики течений со свободными границами.

Содержание темы:

Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов для течений с открытыми границами.

Тема 3.3. Использование современных САЕ-систем при решении задач обтекания тел потоком жидкости или газа.

Содержание темы:

Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов при обтекании тел потоком несжимаемой жидкости. Особенности решения задач газовой динамики методом конечных элементов при сверхзвуковых скоростях течения потока.

Содержание практических занятий по дисциплине

Раздел 1. Теплонапряженное состояние конструкций.

Тема 1.1. Обзор и возможности современных САЕ-систем.

Содержание практических занятий:

Знакомство с возможностями, структурой и интерфейсом современного САЕ - комплекса.

Тема 1.2. Решение стационарной и нестационарной задач теплопроводности методом конечных элементов с использованием современных САЕ-систем.

Содержание практических занятий:

Способы задания временных параметров, начальных и граничных условий при решении нестационарной задачи теплопроводности в современном САЕ – комплексе.

Тема 1.3. Использование современных САЕ-систем при решении задач термоупругости.

Содержание практических занятий:

Расчет изменения напряженно-деформированного состояния конструкции на основе результатов решения нестационарной задачи теплопроводности методом конечных элементов в современном САЕ – комплексе.

Раздел 2. Нелинейный конструкционный анализ.

Тема 2.1. Особенности моделирования контактного взаимодействия при решении задач теории упругости современными САЕ-системами.

Содержание практических занятий:

Задание условий контакта деталей в узлах при решении задач механического взаимодействия методом конечных элементов в современном САЕ – комплексе.

Тема 2.2. Использование современных САЕ-систем при решении задач упругопластичности.

Содержание практических занятий:

Расчет напряженно-деформированного состояния конструкции методом конечных элементов при нелинейной постановке задачи в современном САЕ – комплексе.

Тема 2.3. Использование современных САЕ-систем при модальном и гармоническом анализе конструкций.

Содержание практических занятий:

Определение собственных и вынужденных колебаний конструкции методом конечных элементов в современном САЕ – комплексе.

Раздел 3. Механика жидкости и газа.

Тема 3.1. Использование современных САЕ-систем при решении задач гидромеханики, газовой динамики.

Содержание практических занятий:

Решение задачи динамики движения жидкости в канале переменного сечения методом конечных элементов в условиях ламинарного и турбулентного потоков в современном САЕ – комплексе.

Тема 3.2. Использование современных САЕ-систем при решении задач гидродинамики течений со свободными границами.

Содержание практических занятий:

Решение задачи гидродинамики течений со свободными границами в современном САЕ – комплексе.

Тема 3.3. Использование современных САЕ-систем при решении задач обтекания тел потоком жидкости или газа.

Содержание практических занятий:

Решение задачи обтекания тела потоком жидкости или газа в современном САЕ – комплексе.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Вопросы для рейтинг-контроля №1

1. Действия над матрицами (сложение, умножение, транспонирование и т.д.).
2. Дифференцирование матричных соотношений.
3. Матричная форма записи тензорных величин.
4. Методы решения линейных систем
5. Дифференциальное уравнение теплопроводности
6. Закон Фурье, дать определение коэффициенту теплопроводности, температурному полю, температурному градиенту.
7. Вариационная постановка задачи теплопроводности и ее численная реализация методом конечных элементов.
8. Расчетные схемы при моделировании контактного взаимодействия тел в рамках решения задач теплопроводности методом конечных элементов.
9. Граничные условия теплообмена.
10. Понятие и постановка краевой задачи в механике твердого деформируемого тела
11. Вариационная постановка задачи теории упругости и ее численная реализация методом конечных элементов.
12. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений одномерного двухузлового конечного элемента.
13. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений двумерного трехузлового конечного элемента.
14. Конечно-элементная схема решения задачи термоупругости
15. Кинематические граничные условия и их влияние на точность результатов.

Вопросы для рейтинг-контроля №2

1. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов.
2. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при подвижном контакте с трением.
3. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при соединениях с натягом.
4. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при температурных деформациях (в условиях возможного размыкания контакта).
5. Модели упругопластического деформирования, используемые в конечно-элементном прочностном анализе, области применения.

6. Деформационная теория пластичности, ее реализация при конечно-элементном прочностном анализе.
7. Теория течения, ее реализация при конечно-элементном прочностном анализе.
8. Особенности решения задач термопластичности при конечно-элементном прочностном анализе.
9. Расчетные схемы при решении задач модального анализа методом конечных элементов.
10. Расчетные схемы при решении задач гармонического анализа методом конечных элементов.
11. Возможности современных САЕ-комплексов по решению задач нестационарной нелинейной динамики.
12. Возможности современных САЕ-комплексов по решению задач механики разрушения

Вопросы для рейтинг-контроля №3

1. Методы дискретизации уравнений движения вязкой жидкости и граничных условий.
2. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса.
3. Системы уравнений для вязкой несжимаемой жидкости. Начальные и граничные условия.
4. Системы уравнений для вязкой сжимаемой жидкости. Начальные и граничные условия.
5. Моделирование ламинарного движения несжимаемой вязкой жидкости
6. Моделирование турбулентного движения несжимаемой вязкой жидкости
7. Основные модели турбулентности в CFD пакетах
8. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.
9. Моделирование обтекания тела потоком вязкой несжимаемой жидкости.
10. Моделирование внешнего сжимаемого течения.
11. Моделирование периодического течения и теплопереноса (пример решения задачи расчета решетки теплообменника).
12. Моделирование течений со свободными границами.
13. Дискретизация расчетных областей. Методы и алгоритмы дискретизации
14. Расчетная схема при решении задач гидродинамики для течений с открытыми границами.
15. Расчетная схема для решения задач гидродинамики при обтекании тел потоком несжимаемой жидкости.
16. Расчетная схема для решения задач моделирования внешнего сжимаемого течения.
17. Особенности использования динамических сеток в задачах вычислительной гидродинамики.
18. Особенности решения сопряженных задач гидро(газо)динамики, теплового и механического нагружения.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.

Вопросы к экзамену

1. Основная концепция конечно-элементного анализа, локальная аппроксимация расчетной области.
2. Основные правила построения конечно-элементных моделей.
3. Одномерные конечные элементы, их интерполяционные полиномы и функции формы.
4. Двумерные трехузловые конечные элементы, их интерполяционные полиномы и функции формы.
5. Двумерные четырехузловые конечные элементы, их интерполяционные полиномы и функции формы.
6. Трехмерные конечные элементы, их интерполяционные полиномы и функции формы.
7. Интерполирование векторных величин при дискретизации одномерными, двумерными и трехмерными конечными элементами
8. Локальные системы координат (L- координаты) для одномерных конечных элементов.
9. Локальные системы координат (L- координаты) для двумерных конечных элементов.
10. Локальные системы координат (L- координаты) для трехмерных конечных элементов.
11. Свойства интерполяционных полиномов (сходимость, непрерывность)
12. Интерполяционные полиномы скалярных величин для дискретизованной области
13. Интерполяционные полиномы векторных величин для дискретизованной области
14. Алгоритм решения стационарных задач теории поля методом конечных элементов.

15. Алгоритм решения нестационарных задач теории поля методом конечных элементов.
16. Аппроксимация расчетных областей и объемов с криволинейными границами. Одномерные конечные элементы высоких порядков и их полиномы.
17. Аппроксимация расчетных областей и объемов с криволинейными границами. Двумерные конечные элементы высоких порядков и их полиномы.
18. Дифференциальное уравнение теплопроводности
19. Закон Фурье, дать определение коэффициенту теплопроводности, температурному полю, температурному градиенту.
20. Вариационная постановка задачи теплопроводности и ее численная реализация методом конечных элементов.
21. Расчетные схемы при моделировании контактного взаимодействия тел в рамках решения задач теплопроводности методом конечных элементов.
22. Граничные условия теплообмена.
23. Понятие и постановка краевой задачи в механике твердого деформируемого тела
24. Вариационная постановка задачи теории упругости и ее численная реализация методом конечных элементов.
25. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений одномерного двухузлового конечного элемента.
26. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений двумерного трехузлового конечного элемента.
27. Конечно-элементная схема решения задачи термоупругости.
28. Кинематические граничные условия и их влияние на точность результатов.
29. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов.
30. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при подвижном контакте с трением.
31. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при соединениях с натягом.
32. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при температурных деформациях (в условиях возможного размыкания контакта).
33. Модели упругопластического деформирования, используемые в конечно-элементном прочностном анализе, области применения.
34. Деформационная теория пластичности, ее реализация при конечно-элементном прочностном анализе.
35. Теория течения, ее реализация при конечно-элементном прочностном анализе.
36. Особенности решения задач термопластичности при конечно-элементном прочностном анализе.
37. Расчетные схемы при решении задач модального анализа методом конечных элементов.
38. Расчетные схемы при решении задач гармонического анализа методом конечных элементов.
39. Возможности современных САЕ-комплексов по решению задач нестационарной нелинейной динамики.
40. Методы дискретизации уравнений движения вязкой жидкости и граничных условий.
41. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса.
42. Моделирование ламинарного движения несжимаемой вязкой жидкости
43. Моделирование турбулентного движения несжимаемой вязкой жидкости
44. Основные модели турбулентности в CFD пакетах
45. Моделирование обтекания тела потоком вязкой несжимаемой жидкости.
46. Моделирование внешнего сжимаемого течения.
47. Моделирование течений со свободными границами.
48. Дискретизация расчетных областей. Методы и алгоритмы дискретизации
49. Расчетная схема при решении задач гидродинамики для течений с открытыми границами.
50. Расчетная схема для решения задач гидродинамики при обтекании тел потоком несжимаемой жидкости.
51. Расчетная схема для решения задач моделирования внешнего сжимаемого течения.
52. Особенности использования динамических сеток в задачах вычислительной гидродинамики.

53. Особенности решения сопряженных задач гидро(газо)динамики, теплового и механического нагружения.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу.

Самостоятельная работа студентов направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает в себя:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашнего задания;
- опережающую самостоятельную работу;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку к контрольным работам.

Темы, выносимые на самостоятельную работу:

Перечень научных проблем и направлений научных исследований:

- Методы решения задач механики разрушения методом конечных элементов, реализованные в современных САЕ - системах;
- Методы решения задач механики сплошных сред с подвижными границами методом конечных элементов, реализованные в современных САЕ - системах;

Темы индивидуальных заданий:

Проектирование 3D сборки и проведение термпрочностного анализа с использованием современных САЕ - систем.

Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- Основные теоретические аспекты метода конечных элементов;
- Расчет больших деформаций методом конечных элементов в современных САЕ - системах;
- Решение сопряженных задач методом конечных элементов в современных САЕ - системах.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

| Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство | Год издания | КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ |
|--|-------------|---|
| | | Наличие в электронном каталоге ЭБС |
| 1 | 2 | 3 |
| Основная литература | | |
| 1. Солдаткин, А. В. Введение в метод конечных элементов : учебное пособие / А. В. Солдаткин, Е. С. Баранова. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2020. — 123 с. — ISBN 978-5-907324-05-3. | 2020 | Текст электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/172238 |
| 2. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации [Электронный ресурс] / Алямовский А.А. - М.: ДМК Пресс | 2015 | http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970601402.htm 1 |
| 3. Решение задач теории упругости методом конечных элементов [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / А.В. Котович, И.В. Станкевич. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана | 2012 | http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703835678.htm 1 |
| 4. Радин, В. П. Метод конечных элементов в динамических задачах сопротивления материалов : учебное пособие / В. П. Радин, Ю. Н. Самогин, В. П. Чирков. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. — 316 с. — ISBN 978-5-9221-1485-1. | 2012 | Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/59668 |
| 5. Даутов, Р. З. Программная реализация метода конечных элементов в MATLAB : учебное пособие / Р. З. Даутов. — Казань : КФУ, 2014. — 106 с. — ISBN 978-5-00019-313-6. | 2013 | Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/72805 |
| Дополнительная литература | | |
| 1. Присекин В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел [Электронный ресурс]: учебник/ Присекин В.Л., Расторгуев Г.И. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, | 2010. | http://www.iprbookshop.ru/45417 .— ЭБС «IPRbooks» |
| 2. Решение задач механики сплошной среды в программном комплексе ANSYS[Электронный ресурс]: Метод. указания / М.В. Мурашов. С.Д. Панин. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана | 2009 | http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0343.html |
| 3. Самогин, Ю. Н. Метод конечных элементов в динамических расчетах турбомашин : учебное пособие / Ю. Н. Самогин, С. А. Серков, В. П. Чирков ; под редакцией В. П. Чиркова. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2016. — 212 с. — ISBN 978-5-9221-1681-7. | 2009 | Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/91149 |
| 4. Интерфейс и генерирование сетки в ANSYS Workbench [Электронный ресурс]: Учеб. пособие по курсу "Геометрическое моделирование в САПР" / Е.Ю. Верхотуркин, В.Н. Пашенко, В.Б. Пясецкий. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана | 2013 | http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703836910.htm 1. |

6.2 Периодические издания:

1. Журнал «CADFEM REVIEW» / Научно-технический журнал от компании КАДФЕМ.
2. Журнал «ANSYS Advantage. Русская редакция»/ Инженерно-технический журнал, официальное печатное издание компании ANSYS, Inc.

6.3 Интернет-ресурсы

| <i>Название портала</i> | <i>ссылка</i> |
|--|--|
| Учебно-методический комплекс дисциплины размещен на образовательном сервере ВлГУ. Персональный доступ каждого студента к материалам осуществляется не позднее первой недели изучения дисциплины. | https://cs.cdo.vlsu.ru |
| Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования | http://elibrary.ru/defaultx.asp |
| «Единое окно» доступа к образовательным ресурсам | http://window.edu.ru/ |
| Междисциплинарное обучение | http://www.nano-obr.ru/ |
| Статьи о машиностроении | http://machineguide.ru/ |
| Портал отраслевой информации о машиностроении | http://www.mashportal.ru/ |
| Ресурс о машиностроении | http://www.i-mash.ru/ |
| Техническая литература по машиностроению | http://www.mirstan.ru/index.php?page=tech |
| Библиотека технической литературы | http://window.edu.ru/library?p_rubr=2.2.75.11.34 |
| Инженерные решения из различных областей проектирования | http://chertezhi.ru/ www.all-library.com/ansys/ www.cadferm-cis.ru https://cae.urfu.ru/ru/ |
| Все о машиностроении | http://dlja-mashinostroitelja.info/ |
| Союз машиностроителей России | http://www.soyuzmash.ru/ |
| Информационно-аналитический сайт по материалам зарубежной печати о современных технологиях и инструментах для металлообработки | http://www.stankoinform.ru/index.htm |

Учебно-методические издания

1. Иванченко А.Б. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Системы конечно-элементного анализа» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Иванченко А.Б.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2021. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
2. Иванченко А.Б. Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Системы конечно-элементного анализа» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Иванченко А.Б.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2021. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
3. Иванченко А.Б. Оценочные средства по дисциплине «Системы конечно-элементного анализа» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Иванченко А.Б.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2021. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- 1) Портал Центр дистанционного обучения ВлГУ [электронный ресурс] / - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

2) Раздел официального сайта ВлГУ, содержащий описание образовательной программы [электронный ресурс] / - Режим доступа: Образовательная программа Образовательная программа 28.03.02 «Наноинженерия» <http://op.vlsu.ru/index.php?id=169>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретические занятия, проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием. Практические занятия проводятся в компьютерных классах, связанных с суперкомпьютером «СКИФ МОНОМАХ» производительностью 4,7 Т-Флопс. Перечень используемого лицензионного программного обеспечения: академические версии CAD/CAM/CAE-систем ANSYS, Solid-Works Simulation, программный комплекс компьютерной математики MATLAB.

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

8.1. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

8.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ОВЗ

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видео-техникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов с нарушениями зрения предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеомониторов для удаленного просмотра.

При обучении студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9.3. Требования к фонду оценочных средств для лиц с ОВЗ

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице 1.

Таблица 1 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

| Категории студентов | Виды дополнительных оценочных средств | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|--|---|--|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные лабораторные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные лабораторные, самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показателям | Тесты, письменные лабораторные, самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

8.4. Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы.

Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.


Рабочую программу составил ИВАНЧЕНКО А.Б., к.т.н., доцент 
(ФИО, должность, подпись)


Рецензент (представитель работодателя):
Главный инженер ООО «КИТ»

Степенькин А.В.

(место работы, должность, ФИО, подпись)



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Технология машиностроения»
Протокол № 1 от 31.08.2022 года
Заведующий кафедрой МОРОЗОВ В.В., д.т.н., профессор 
(ФИО, должность, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.02 «Наноинженерия»
Протокол № 1 от 31.08.2022 года
Председатель комиссии МОРОЗОВ В.В., д.т.н., профессор 
(ФИО, должность, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____