

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям



О.Г. Прохоренко

2023 г.

Регистрационный № УД- 12914/уч.

Компьютерная механика

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 03 02 Механика и математическое моделирование

Минск, 2023 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 03 02-2021, типового учебного плана №G31-1-025/пр.-тип от 30.06.2021 г., учебных планов БГУ: №G31-1-029/уч. от 30.06.2021 г., №G31-1-209/уч. от 22.03.2022 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Лопатин Сергей Николаевич – старший преподаватель кафедры теоретической и прикладной механики механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

РЕЦЕНЗЕНТ:

Чигарев Виталий Анатольевич – доцент кафедры теоретической механики и механика материалов Белорусского национального технического университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теоретической и прикладной механики механико-математического факультета БГУ
(протокол № 10 от 19.05.2023)

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 9 от 29.06.2023)

Зав.кафедрой _____

М.А. Журавков

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В настоящее время средства вычислительной техники, компьютеры и программные комплексы (пакеты программ) стали неотъемлемой частью работы механика-исследователя и механика-прикладника. Решение прикладных задач всех разделов механики не представляется возможным без использования современных вычислительных инструментов.

Проблемы и задачи актуальных фундаментальных и прикладных исследований, а также инженерных расчетов, связанных с изучением поведения и состояния сложных механических систем и конструкций, невозможно эффективно решать без интенсивного использования компьютерных технологий. Причем, последние охватывают различные аспекты компьютерного моделирования: от формулировки и постановки модельных задач до вычислений, интерпретаций и анализа результатов расчетов, а также верификации данных экспериментальных исследований.

Сегодня практически все производственные предприятия, научно-исследовательские и проектные организации, конструкторские бюро и технологические компании имеют или разрабатывают автоматизированные компьютерные системы для эффективного решения задач организации. В наши дни компьютерное моделирование физических процессов активно применяется в машиностроении, судостроении, авиастроении, промышленном и гражданском строительстве, биоинженерии, геотехнике и других высокотехнологичных и наукоемких отраслях промышленности. Так, например, классические концепции механики сплошных и дискретных сред совместно с современными вычислительными программными комплексами используются для расчётов прочности, устойчивости и долговечности различных механических систем.

С развитием науки и техники узкоспециальные знания довольно быстро устаревают. В связи с этим, для решения возникающих принципиально новых актуальных прикладных задач научные работники и инженеры должны не только обладать хорошей подготовкой в области фундаментальных наук и иметь высокую способность к самообразованию, но и владеть современными вычислительными средствами и информационными технологиями. Это требует постоянного всестороннего совершенствования вузовского образования. В области прикладной механики наиболее популярными вычислительными средствами являются системы автоматизированного проектирования (САПР) и конечно-элементные программные комплексы, которые изучаются в данном курсе. Наиболее перспективный путь лежит именно в повышении значимости общенаучных и прикладных дисциплин в учебных планах подготовки будущих научных работников и инженеров, в совершенствовании преподавания таких фундаментальных дисциплин, как физика, математика и механика, их компьютерных приложений.

Цели и задачи учебной дисциплины «Компьютерная механика»

Цель дисциплины: обучить студентов автоматизированному проектированию инженерных систем при помощи современных САПР типа CAD и

компьютерному моделированию и физических процессов при помощи САПР типа САЕ. Изучение данного предмета предусматривает также ознакомление с численными методами решения задач механики технических систем, положенными в основу прикладных систем автоматизированного инженерного анализа, а также обучение методам инженерного анализа механических систем.

Образовательная цель: изучение основ метода конечных элементов и его использование в теоретической механике, сопротивлении материалов и механике сплошных сред, а также изучение инструментов и методов компьютерного моделирования в механике.

Развивающая цель: освоение и апробация приемов компьютерного моделирования и численных методов применительно к исследованиям механических процессов в сплошных средах.

Задачи учебной дисциплины:

- а) сформировать у студентов представление о методах численного решения задач теоретической механики, сопротивления материалов и механики сплошных сред;
- б) выработать у студентов навыки расчета напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов;
- в) сформировать у студентов навыки анализа численных результатов решения задач теоретической механики, сопротивления материалов и механики сплошных сред;
- г) научить студентов применять современные информационные технологии к решению прикладных и исследовательских задач теоретической механики, сопротивления материалов и механики сплошных сред.

Место учебной дисциплины. В системе подготовки специалиста с высшим образованием учебная дисциплина относится **к модулю** «Численные методы. Пакеты прикладных программ» компонента учреждения высшего образования.

Учебная программа составлена с учетом межпредметных **связей** по дисциплинам: «Теоретическая механика» и «Сопротивление материалов и основы строительной механики». Она также служит средством формирования у будущих специалистов необходимых творческих навыков к построению математических моделей происходящих в природе и технике процессов, а также помогает совершенствованию способностей к научным обобщениям и выводам.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Компьютерная механика» должно обеспечить формирование следующих **специализированных компетенций:**

СК-1. Осуществлять обоснованный выбор рациональной численной методики для решения типовых задач механики, проводить её реализацию с использованием современных программных средств компьютерных вычислений, оценивать корректность полученных результатов и анализировать возможности альтернативных подходов.

СК-2. Использовать основные методы математического и компьютерного моделирования разнообразных процессов и явлений механики.

В результате изучения дисциплины «Компьютерная механика» обучающийся должен:

знать:

- а численные методы решения различных типов задач механики технических систем, положенные в основу прикладных систем автоматизированного инженерного анализа (CAE);
- основы метода конечных элементов (МКЭ) и особенности его программной реализации;
- основные принципы компьютерного моделирования механических систем и физических процессов, а также этапы решения соответствующих задач;
- основные математические модели, описывающие механическое поведение сплошных сред при различных условиях;
- алгоритмы, методы, принципы создания компьютерных моделей и порядок решения задач в пакетах компьютерной механики (на примере ANSYS, Solid Works и Femap);

уметь:

- проектировать детали, элементы и узлы машин и механизмов, а также более сложные многокомпонентные механические системы при помощи современных САПР;
- составлять матрицу жесткости и формировать систему разрешающих уравнений для определения напряженно-деформированного состояния;
- использовать пакеты прикладных систем автоматизированного инженерного анализа ANSYS, SolidWorks и Femap для решения задач теории упругости, пластичности, вязкоупругости, кинематики, динамики технических систем и анализа физических процессов, происходящих в этих системах;
- решать задачи о прочности, устойчивости и долговечности механических систем при помощи современных CAE пакетов;
- выполнять полный цикл компьютерного моделирования процессов механики, начиная с постановки задачи и построения компьютерной модели механической системы, заканчивая заданием корректных граничных условий, производением численных расчётов и анализом полученных результатов, а также уметь делать корректные выводы о состоянии рассматриваемых систем и давать рекомендации по их оптимизации.

владеть:

- методами построения расчетных моделей;
- навыками анализа механических процессов, протекающих в сплошных средах.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 5-6 семестрах. Всего на изучение учебной дисциплины «Компьютерная механика» отведено:

– в очной форме получения высшего образования: 228 часов, в том числе 138 аудиторных часов, из них:

- 5 семестр - 70 аудиторных часов, из них: лекции – 26 часов, лабораторные занятия – 40 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудовое количество учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

- 6 семестр - 68 аудиторных часов, из них: лекции – 26 часов, лабораторные занятия – 36 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов.

Трудовое количество учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема I. Введение в компьютерную механику

Основные понятия и определения. Взаимосвязь виртуального моделирования, проектирования и производства. История развития компьютерного моделирования. Обзор программ компьютерного моделирования и компьютерной механики. Основные технологии компьютерного моделирования: CAD/CAE/CAM (CAx technologies).

Тема II. Программный комплекс Solidworks

Интерфейс САПР Solidworks. Решения задач сопротивления материалов при помощи Solidworks. Решение задачи о расчёте НДС и прочности трёхмерной детали при помощи Solidworks.

Тема III. Геометрическое моделирование. Математические модели компьютерной графики

Элементарные геометрические объекты. Двумерные преобразования. Пространственные преобразования и проекции. Плоские кривые. Пространственные кривые. Сплайны (кубические сплайны и В-сплайны). Кривые Безье. Поверхности. Кусочное представление поверхностей. Поверхности Безье. Твердые тела и примитивы.

Тема IV. Методы геометрического моделирования в САПР

Моделирование 1D, 2D и 3D механических систем. Проволочное моделирование. Поверхностное моделирование. Твердотельное моделирование. Моделирование ансамблей и сборок.

Тема V. Этапы компьютерного моделирования процессов механики

Выбор корректных математических моделей для описания механического поведения материалов и задание соответствующих физико-механических свойств. Создание геометрической модели исследуемого объекта. Конечно-элементная сетка и некоторые особенности ее построения. Типы граничных условий и способы их задания. Формирование системы разрешающих уравнений и ее решение. Постпроцессинг.

Тема VI. Математические основы метода конечных элементов (МКЭ)

Численные методы решения задач механики и МКЭ. Основные положения МКЭ. Основные понятия и определения метода конечных элементов. Узлы и

элементы. Конечно-элементная сетка. Степени свободы. Матрица жесткости элемента. Дискретизация. Преобразование координат. Система разрешающих уравнений. Статические уравнения равновесия. Решение задач механики при помощи МКЭ и основанных на нем CAE систем.

Тема VII. Программный комплекс ANSYS

Интерфейс программного комплекса ANSYS Workbench. Решения задач сопротивления материалов при помощи ANSYS Workbench. Решение задачи о расчёте НДС и прочности трёхмерной детали при помощи ANSYS Workbench.

Тема VIII. Типы конечных элементов (КЭ)

Стержневой конечный элемент и его матрица жесткости. Балочный конечный элемент и его матрица жесткости. Использование одномерных КЭ при расчете ферм и рам. Трехузловой и четырехузловой конечные элементы. Степени свободы. Характеристики элемента. Функции формы. Матрица жесткости элемента. Узловые силы. Объемные силы. Система разрешающих уравнений. Анализ плоского напряженного состояния. Шестиузловой треугольный конечный элемент и его характеристики. Возьмиузловой четырехугольный конечный элемент и его характеристики. Формирование матриц жесткости. Тетраэдральный элемент и его характеристики. Элемент в виде прямоугольной призмы. Функции формы трехмерного КЭ. Исследование трехмерного напряженно-деформированного состояния.

Тема IX. Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений и их систем

Метод простых итераций. Метод Ньютона. Системы нелинейных алгебраических уравнений. Матрица Якоби. Метод Зейделя для систем нелинейных уравнений. Метод Ньютона-Рафсона. Теорема о сходимости метода Ньютона-Рафсона.

Тема X. Язык программирования APDL

Основы классического программного комплекса ANSYS Mechanical. Интерфес пользователя. Язык программирования APDL. Основные команды языка APDL. Препроцессинг и постпроцессинг. Примеры решения задач.

Тема XI. Метод конечных элементов в динамических задачах механики деформируемого твердого тела

Дискретизация в нестационарных задачах. Решение задач с упругим демпфированием. Матрица масс и матрица демпфирования. Решение задач о плоском напряженном и плоском деформированном состоянии. Примеры.

Тема XII. Типы задач компьютерной механики и методы их решения

Статистические задачи прочности деталей, конструкций и других механических систем. Упругие, упругопластические и вязкоупругие постановки задач компьютерной механики. Контактные задачи. Задачи на расчёт собственных колебаний и потери устойчивости. Задачи теплопроводности. Сопряженные задачи. Термомеханические задачи. Преднагруженный модальный анализ. Задачи кинематики и динамики.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия: перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов						Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия	семинарские занятия	лабораторные занятия	иное	Количество часов УСР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5 семестр								
1	Введение в компьютерную механику Основные понятия и определения. Взаимосвязь виртуального моделирования, проектирования и производства. История развития компьютерного моделирования. Обзор программ компьютерного моделирования и компьютерной механики. Основные технологии компьютерного моделирования: CAD/CAE/CAM (CAx technologies).	2						Вопросы для самопроверки, устный опрос
2	Программный комплекс Solidworks Интерфейс САПР Solidworks. Решения задач сопротивления материалов при помощи Solidworks. Решение задачи о расчёте НДС и прочности трёхмерной детали при помощи Solidworks.	6			10		2	Устный опрос, отчет по лабораторной работе с устной защитой

3	Геометрическое моделирование. Математические модели компьютерной графики Элементарные геометрические объекты. Двумерные преобразования. Пространственные преобразования и проекции. Плоские кривые. Пространственные кривые. Сплаины (кубические сплайны и В-сплайны). Кривые Безье. Поверхности. Кусочное представление поверхностей. Поверхности Безье. Твердые тела и примитивы.	4			8			Вопросы для самопроверки, устный опрос, решение задач
4	Методы геометрического моделирования в САПР Моделирование 1D, 2D и 3D механических систем. Проволочное моделирование. Поверхностное моделирование. Твердотельное моделирование. Моделирование ансамблей и сборок.	4			6			Вопросы для самопроверки, устный опрос, решение задач
5	Этапы компьютерного моделирования процессов механики Выбор корректных математических моделей для описания механического поведения материалов и задание соответствующих физико-механических свойств. Создание геометрической модели исследуемого объекта. Конечно-элементная сетка и некоторые особенности ее построения. Типы граничных условий и способы их задания. Формирование системы разрешающих уравнений и ее решение. Постпроцессинг.	4			10		2	Вопросы для самопроверки, устный опрос, решение задач, отчет по лабораторной работе с устной защитой
6	Математические основы метода конечных элементов Численные методы решения задач механики и МКЭ. Основные положения МКЭ. Основные понятия и определения метода конечных элементов. Узлы и элементы. Конечно-элементная	6			6			Вопросы для самопроверки, устный опрос, решение задач

	сетка. Степени свободы. Матрица жесткости элемента. Дискретизация. Преобразование координат. Система разрешающих уравнений. Статические уравнения равновесия. Решение задач механики при помощи МКЭ и основанных на нем САЕ систем.							
6 семестр								
7	Программный комплекс ANSYS Интерфейс программного комплекса ANSYS Workbench. Решение задач сопротивления материалов при помощи ANSYS Workbench. Решение задачи о расчёте НДС и прочности трёхмерной детали при помощи ANSYS Workbench.	4			6			
8	Типы конечных элементов (КЭ) Стержневой конечный элемент и его матрица жесткости. Балочный конечный элемент и его матрица жесткости. Использование одномерных КЭ при расчете ферм и рам. Трёхузловой и четырёхузловой конечные элементы. Степени свободы. Характеристики элемента. Функции формы. Матрица жесткости элемента. Узловые силы. Объемные силы. Система разрешающих уравнений. Анализ плоского напряженного состояния. Шестиузловой треугольный конечный элемент и его характеристики. Возьмиузловой четырёхугольный конечный элемент и его характеристики. Формирование матриц жесткости. Тетраэдральный элемент и его характеристики. Элемент в виде прямоугольной призмы.	4			6		2	Вопросы для самопроверки, устный опрос, решение задач, отчет по лабораторной работе с устной защитой

	Функции формы трехмерного КЭ. Исследование трехмерного напряженно-деформированного состояния.							
9	Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений и их систем Метод простых итераций. Метод Ньютона. Системы нелинейных алгебраических уравнений. Матрица Якоби. Метод Зейделя для систем нелинейных уравнений. Метод Ньютона-Рафсона. Теорема о сходимости метода Ньютона-Рафсона.	4			4			Вопросы для самопроверки, устный опрос, решение задач, отчет по индивидуальному заданию с устной защитой
10	Язык программирования APDL Основы классического программного комплекса ANSYS Mechanical. Интерфес пользователя. Язык программирования APDL. Основные команды языка APDL. Препроцессинг и постпроцессинг. Примеры решения задач.	4			8		2	Вопросы для самопроверки, устный опрос, решение задач, отчет по лабораторной работе с устной защитой; отчет по индивидуальному заданию с устной защитой
11	Метод конечных элементов в динамических задачах механики деформируемого твердого тела	4			4			Вопросы для самопроверки, устный опрос, решение задач,

	Дискретизация в нестационарных задачах. Решение задач с упругим демпфированием. Матрица масс и матрица демпфирования. Решение задач о плоском напряженном и плоском деформированном состоянии. Примеры.							отчет по лабораторной работе с устной защитой
12	Типы задач компьютерной механики и методы их решения Статистические задачи прочности деталей, конструкций и других механических систем. Упругие, упругопластические и вязкоупругие постановки задач компьютерной механики. Контактные задачи. Задачи на расчёт собственных колебаний и потери устойчивости. Задачи теплопроводности. Сопряженные задачи. Термомеханические задачи. Преднагруженный модальный анализ. Задачи кинематики и динамики.	6			8		2	Вопросы для самопроверки, устный опрос, решение задач, отчет по лабораторной работе с устной защитой; отчет по индивидуальному заданию с устной защитой
	Всего	52			76		10	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Компьютерная механика : динамический и кинематический анализ механических систем : курс лекций / С. А. Гляков [и др.] ; под ред. М. А. Журавкова. - Минск : БГУ, 2006. - 376 с.
2. Босяков, С. М. Кинематическое и динамическое моделирование механических систем : учеб.-метод. пособие для студ., обуч. по спец. 1-31 03 02 "Механика" / С. М. Босяков, Д. Г. Медведев, А. А. Царева. - Минск: БГУ, 2011. - 260 с.
3. Электронная библиотека механики и физики. Лекции по ANSYS с примерами решения задач [Электронный ресурс] : курс лекций для студентов механико-математического факультета, обучающихся по специальности 1-31 03 02 "Механика (по направлениям)" : в 5 ч. / А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк, А. И. Кравчук. - Минск : БГУ, 2013. –
Ч. 1. - URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/43440>.
Ч. 2. - URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/43443>.
Ч. 3. - URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/43444>.
Ч. 4. - URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/43445>.
Ч. 5. - URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/43446>.

Перечень дополнительной литературы

1. Lyu Y. The finite element method: element solutions. – 6th edition. – Singapore: Springer, 2022. – 194 p.
2. Ghaboussi J., Wu X.S. Numerical methods in computational mechanics. – CRC Press, 2017. – 313 p.
3. Chang K.-H. Product Design Modeling using CAD/CAE, Academic Press, 2014. – 438 p.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Диагностика результатов учебной деятельности по дисциплине «Компьютерная механика» проводится, как правило, во время аудиторных занятий. Для диагностики используются:

- вопросы для самопроверки;
- устный опрос;
- решение задач;
- отчеты по индивидуальным заданиям с устной защитой;
- отчеты по лабораторным работам с устной защитой.

Оценка за ответы на лекциях (опрос) и лабораторных занятиях включает в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Для студентов, пропустивших контрольные мероприятия или получивших неудовлетворительную отметку, решение о повторном проведении контрольного мероприятия выносится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в Белорусском государственном университете.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Компьютерная механика» учебным планом предусмотрен **зачет и экзамен**.

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации:

Формирование отметки за текущую аттестацию:

- вопросы для самопроверки – 20%;
- устный опрос – 20%;
- решение задач – 20%;
- отчеты по индивидуальным заданиям с устной защитой – 20%;
- отчеты по лабораторным работам с устной защитой – 20%.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей аттестации (рейтинговой системы оценки знаний) – 40 % и экзаменационной отметки – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 2. Программный комплекс Solidworks. (2 ч)

Задание. Построить эпюры внутренних усилий в многопролетной балке при помощи возможностей САПР SolidWorks. Задание включает в себя создание компьютерных моделей балок различной геометрии, а также построение эпюр поперечных сил, изгибающих моментов, прогибов и напряжений для полученных балок.

Форма контроля – устный опрос.

Тема 5. Этапы компьютерного моделирования процессов механики. (2 ч)

Задание. Анализ НДС трёхмерных деталей с использованием упругопластических моделей поведения материала при помощи возможностей программного комплекса Solidworks. Создание твердотельной модели трёхмерной детали, а также расчёт НДС полученной детали под действием статических нагрузок. Сравнительный анализ результатов в упругой и упругопластической постановке.

Форма контроля – устный опрос, решение задач.

Тема 8. Типы конечных элементов (КЭ) (2 ч)

Задание. Составить матрицу жёсткости для двухузлового, трехузлового, четырёхузлового и шестиузлового конечных элементов.

Форма контроля – устный опрос, решение задач.

Тема 10. Язык программирования APDL. (2 ч)

Задание. Анализ плоского напряженного состояния деталей в статической упругой постановке при помощи возможностей программного комплекса ANSYS Mechanical APDL. Индивидуальное задание включает в себя создание твердотельной модели плоской детали, а также расчёт НДС полученной детали под действием статических нагрузок с использованием возможностей ANSYS Mechanical APDL.

Форма контроля – устный опрос, решение задач.

Тема 12. Типы задач компьютерной механики и методы их решения (2 ч)

Задание. Решить задачу Герца при помощи программного комплекса ANSYS Workbench.

Форма контроля – устный опрос, решение задач.

Примерная тематика лабораторных заданий

Тема 6. Математические основы метода конечных элементов.

Базовые элементы моделирования и интерфейс пользователя программного комплекса ANSYS. Рабочие плоскости. Создание ключевых точек, линий, кривых. Основы твердотельного моделирования механических систем. Создание простых одно- и двумерных CAD моделей. Основы языка APDL. Базовые команды APDL. Пример построения эпюр балки коробчатого сечения при помощи интерфейса пользователя и APDL кода.

Форма контроля – отчет по лабораторной работе с устной защитой.

Тема 7. Программный комплекс ANSYS.

Решение базовых задач механики, таких как построение эпюр балок, анализе прочности детали, контактная задача и динамические задачи.

Форма контроля – отчет по лабораторной работе с устной защитой.

Тема 12. Типы задач компьютерной механики и методы их решения.

Основы теплофизики. Граничные условия в задачах теплофизики. Особенности рращения задач теплофизики при помощи МКЭ. Пример решения задачи теплофизики для трехмерной механической системы. Пример решения связанной задачи «механика-теплофизика». Примеры решения задач на собственные колебания, потерю устойчивости, контактных задач, задач кинематики и динамики. Модальный анализ и анализ потери устойчивости сложных механических систем.

Форма контроля – отчет по лабораторной работе с устной защитой.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержание образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- использование процедур, способов оценивания, фиксирующих формирование профессиональных компетенций.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

1. Самостоятельная работа в процессе работа с литературой.

Просмотрите конспект сразу после занятий. Пометьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания.

Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу.

Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.

Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

2. Самостоятельная работа по составлению конспекта.

1. Соберите литературу по теме. Изучите тот источник, где она изложена наиболее полно и на современном уровне.

2. По этому источнику составьте подробный план с указанием страниц книги, относящихся к определенному пункту плана.

3. Изучите другие источники. Если в них встречается материал по уже имеющемуся пункту плана, запишите в плане и новый источник с указанием страниц. Если же в другом источнике материал раскрывает тему с другой стороны, добавьте еще пункт плана.

4. Проанализировав всю литературу, собранную по теме, вы получите окончательный план, по которому можно писать конспект, объединяя по пунктам материал из разных источников.

5. Отредактируйте составленный вами конспект, внимательно прочтите его и подумайте: - удовлетворяет ли вас его общий план; - хорошо ли воспринимается смысловая, логическая связь между отдельными элементами содержания;

6. Прежде чем переписывать конспект начисто, исправьте все недочеты.

3. Подготовка к лабораторным занятиям

Назначение лабораторных занятий - углубление и проработка теоретического материала предмета путем регулярной и планомерной самостоятельной работы студентов на протяжении изучения дисциплины. Непосредственное проведение лабораторного занятия предполагает: решение задач и упражнений по образцу; проведение анализа результатов; систематизацию материала и подготовка отчета о проведенной работе.

Инструкция:

Изучите нормативные документы, обязательную и дополнительную литературу по рассматриваемому вопросу.

прочтите конспект лекции по теме ,

Внимательно изучите порядок выполнения индивидуальной практической работы или алгоритм, представленный преподавателем.

Следуйте строго алгоритму выполнения индивидуальной практической работы .

4. Подготовка к зачету и экзамену

Внимательно прочитайте материал по конспекту, составленному на учебном занятии.

Прочитайте тот же материал по учебнику, учебному пособию.

Постарайтесь разобраться с непонятными, в частности новыми терминами. Часто незнание терминологии мешает студентам воспринимать материал на занятиях на должном уровне.

Ответьте на контрольные вопросы для самопроверки, имеющиеся в учебнике.

Кратко перескажите содержание изученного материала «своими словами».

Заучите «рабочие определения» основных понятий, законов.

Освоив теоретический материал, приступайте к выполнению заданий, упражнений; решению задач, расчетов по индивидуальным заданиям и т.д.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Основные понятия компьютерной механики.
2. CAD/CAE/CAM технологии. Типы задач компьютерной механики.
3. Создание геометрических моделей в CAD системах.
4. Математические основы геометрических элементов и преобразований.
5. Основные элементы интерфейса систем автоматизированного инженерного анализа ANSYS Workbench и SolidWorks.
6. Математические основы метода конечных элементов.
7. Типы конечно-элементного анализа и соответствующие системы разрешающих уравнений для задач компьютерной механики.
8. Основные этапы решения задач компьютерной механики с использованием систем автоматизированного проектирования и анализа.
9. Типы граничных условий в задачах компьютерной механики.
10. Типы конечных элементов.
11. Правила генерации сеток и сеточная сходимость.
12. Статический прочностной анализ механических систем.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Основные понятия компьютерной механики.
2. CAD/CAE/CAM технологии. Типы задач компьютерной механики.
3. Создание геометрических моделей в CAD системах.
4. Математические основы геометрических элементов и преобразований.
5. Основные элементы интерфейса систем автоматизированного инженерного анализа ANSYS Workbench и SolidWorks.
6. Математические основы метода конечных элементов.
7. Типы конечно-элементного анализа и соответствующие системы разрешающих уравнений для задач компьютерной механики.
8. Основные этапы решения задач компьютерной механики с использованием систем автоматизированного проектирования и анализа.

9. Типы граничных условий в задачах компьютерной механики.
10. Типы конечных элементов.
11. Правила генерации сеток и сеточная сходимость.
12. Статический прочностной анализ механических систем. Начальные данные и искомые величины.
13. Построение эпюр поперечных сил, изгибающих моментов и прогибов для балок.
14. Основные этапы и особенности решения задачи, начальные данные.
15. Основные сведения из теории напряженно-деформируемого состояния.
16. Математические модели механического поведения материалов. Диаграмма деформирования материала.
17. Упругость и пластичность.
18. Статический прочностной анализ механических систем.
19. Теории прочности, критерии прочности, запас прочности.
20. Основные этапы решения задач компьютерной механики с использованием систем автоматизированного проектирования и анализа.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
Отсутствует			

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**
на _____ / _____ учебный год

№№ ПП	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № 10 от 19 мая 2023 г.)

Заведующий кафедрой

д-р физ.-мат. наук,

профессор

(степень, звание)

(подпись)

М.А.Журавков

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

д-р физ.-мат. наук,

доцент

(степень, звание)

(подпись)

С.М.Босяков

(И.О.Фамилия)