


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 27.09.2023 11:15:39
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский политехнический университет


УТВЕРЖДАЮ
Декан транспортного факультета
/П. Итурралде/
« 29 » 05 2020 г.

Рабочая программа дисциплины
Программные комплексы инженерного анализа в механике

Направление подготовки

15.03.03 Прикладная механика

Профиль подготовки (образовательная программа)

«Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности»

Квалификация (степень) выпускника
бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва 2020

1 Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Целью изучения дисциплины «Программные комплексы инженерного анализа в механике» является:

– формирование знаний о современном программном обеспечении инженерного исследования конструкций машин, численных алгоритмах, реализованных в программном обеспечении, методах моделирования сложных конструкций для анализа динамических свойств объекта (для определения частот и форм собственных колебаний, моделирования процессов при ударном нагружении, исследования установившихся вынужденных колебаний и др. задач динамики), освоение предназначенного для этого универсального программного обеспечения;

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению 15.03.03 «Прикладная механика».

1.2 Задачи дисциплины

Задачами дисциплины «Программные комплексы инженерного анализа в механике» являются:

- ознакомление студентов с широко применяемыми современными программными комплексами, позволяющими выполнять динамический анализ сложных конструкций;

– изучение эффективных и высокопроизводительных численных алгоритмов, используемых в современных вычислительных комплексах для анализа динамики машин (для определения частот и форм собственных колебаний, моделирования процессов в конструкции при ударном нагружении, исследования установившихся вынужденных колебаний и др. задач динамики).

- знакомство с основами расчетного моделирования конструкций мобильных машин с использованием универсальных программ метода конечных элементов и универсальных программ трехмерного автоматизированного проектирования.

2 Место дисциплины в структуре основных образовательных программ

Дисциплина «Программные комплексы инженерного анализа в механике» относится к базовой части профессионального цикла основных образовательных программ (ООП) по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика».

Предшествующими курсами, на которых базируется дисциплина «Программные комплексы инженерного анализа в механике» являются:

- дифференциальные уравнения и комплексный анализ ;
- физика;
- сопротивление материалов;
- строительная механика;

- прикладная теория колебаний;
- теория упругости;
- детали машин и основы конструирования;
- вычислительная механика.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен обладать следующими профессиональными (ПК) компетенциями:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-4	<p>Готовность выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • возможности современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин • теоретические основы высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей; • использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний. <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для

		динамического анализа конструкций машин.
ПК-11	Способность проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания технологий и выполнения многовариантных расчетов.	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • теоретические основы высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • составлять динамические расчетные модели для о динамического анализа конструкций машин; • проводить динамические расчеты типовых конструктивных элементов машин на ЭВМ; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками использования современного программного обеспечения динамического анализа конструкций машин.

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единицы, т.е. 216 академических часов (из них 136 часов – самостоятельная работа студентов).

Дисциплина читается на четвертом курсе в **седьмом и восьмом семестрах**.

В седьмом семестре:

Проводятся семинары – 18 часов, лабораторные работы – 18 часов, самостоятельная работа студентов – 72 часа, форма контроля – зачет.

В восьмом семестре:

Проводятся семинары - 11 часов, лабораторные работы – 33 часа, самостоятельная работа студентов – 64 часа, форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Программные комплексы инженерного анализа в механике» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины.

Тема 1. Введение.

Обзор задач динамики машин, для решения которых привлекаются современные высокопроизводительные вычислительные компьютерные

системы и современное программное обеспечение. Возможности современного программного обеспечения для анализа динамических характеристик конструкций мобильных машин. Демонстрация результатов расчетных исследований реальных конструкций.

Обзор эффективных и производительных численных алгоритмов, реализуемых в программных комплексах для решения задач динамики машин.

Основные сведения из теории колебаний. Обзор динамических задач, эффективно решаемых методом конечных элементов. Элементы матричной алгебры (стандартная и обобщенная задачи на собственные значения).

Тема 2. Метод конечных элементов как основа для формулировки вычислительных процедур динамического анализа конструкций.

Использование вариационных принципов механики для вывода основных соотношений метода конечных элементов применительно к задачам динамики конструкций. Матрицы жесткости, масс, демпфирования конечно-элементной модели. Структура и свойства матриц системы уравнений МКЭ. Типы конечных элементов, используемые при решении задач динамики. Вывод соотношений для матриц жесткости, масс и демпфирования для конечных элементов.

Тема 3. Определение частот и форм собственных колебаний. Базовые численные методы

Задача определения частот и форм собственных колебаний конструкции как задача на собственные значения. Стандартная и обобщенная проблемы на собственные значения. Классификация задач на собственные значения, исходя из размерности системы.

Использование сдвигов матриц в проблеме на собственные значения. Анализ спектра собственных колебаний с помощью LDL^T разложения.

Методы линейной алгебры для решения малой задачи на собственные значения. Сведение обобщенной проблемы на собственные значения к стандартной форме. Метод вращений Якоби, трехдиагонализация Гивенса, QL алгоритм.

Тема 4. Методы решения задачи на собственные значения большой размерности

Методы решения обобщенной проблемы на собственные значения большой размерности с разреженными симметричными матрицами. Метод обратных итераций. Метод итераций подпространства для определения частот и форм собственных колебаний конструкции, моделируемой методом конечных элементов. Алгоритм Ланцоша для определения частот и форм собственных колебаний конструкции, моделируемой методом конечных элементов. Квазистатическая задача расчета свободных и кинематически изменяемых систем. Нулевые тона колебаний.

Тема 5. Исследование неустановившихся динамических процессов

Исследование нестационарных динамических процессов с помощью интегрирования по времени уравнений равновесия конечно-элементной системы. Методы прямого интегрирования. Метод Ньюмарка (Newmark) прямого интегрирования динамических уравнений.

Метод Хоуболта (Houbolt) для прямого интегрирования по времени динамических уравнений равновесия. Обзор других методов прямого интегрирования. Их сходимость и устойчивость, сравнительные характеристики.

Интегрирование по времени динамических уравнений равновесия с использованием разложения по собственным формам колебаний. Интеграл Дюамеля. Погрешности методов разложения и способы повышения их сходимости. Сравнение с прямыми методами. Анализ спектров удара.

Тема 6. Расчет установившихся вынужденных колебаний

Алгоритмы расчета установившихся вынужденных колебаний. Силовое и кинематическое возбуждение. Получение амплитудно-частотных, фазо-частотных характеристик конструкции. Прямые методы расчета и методы расчета с разложением по собственным тонам колебаний. Повышение сходимости разложения.

Тема 7. Пути повышения точности расчетного динамического анализа

Преимущества и недостатки различных расчетных подходов при выполнении динамических исследований конструкций машин. Погрешности, возникающие при расчетах динамики машин методом конечных элементов. Пути повышения точности выполняемого методом конечных элементов расчетного анализа динамики машин.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Программные комплексы инженерного анализа в механике» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- подготовка к выполнению лабораторных работ в лабораториях вуза;
- защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов курсового проекта;
- подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;
- проведение мастер-классов экспертов и специалистов в области численных методов и прикладной механики.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка к выполнению лабораторных работ и их защита.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита курсового проекта.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в приложении 2.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ПК-4	Готовность выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний
ПК-11	Способность проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания технологий и выполнения многовариантных расчетов.

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ПК-4 – Готовность выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний

Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
<p>знать: возможности современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин; теоретические основы высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний в области возможностей современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин или теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполные знания в области возможностей современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин или теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин. Допускаются значительные</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичные знания в области возможностей современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин или теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин, но допускаются</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полные знания в области возможностей современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин или теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин, свободно оперирует приобре-</p>

	динамического анализа конструкций машин.	ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	тенными знаниями.
уметь: представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей; использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей или использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей или использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний. Допускаются значительные	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей или использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний. Умения освоены, но допускаются	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рам, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей или использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет

		ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для динамического анализа конструкций машин.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для динамического анализа конструкций машин.	Обучающийся не в полной мере владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для динамического анализа конструкций машин. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для динамического анализа конструкций машин. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для динамического анализа конструкций машин. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

ПК-11 – Способность проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания технологий и выполнения многовариантных расчетов.

Показатель

Критерии оценивания

	2	3	4	5
<p>знать: теоретические основы высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполные знания теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичные знания теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полные знания теоретических основ высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>
<p>Уметь: составлять динамические расчетные модели для динамического анализа конструкций машин; проводить динамические расчеты типовых конструктивных элементов машин на ЭВМ.</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: составлять динамические расчетные модели для динамического анализа конструкций машин; или проводить динамические расчеты типовых конструктивных элементов машин на ЭВМ.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: составлять динамические расчетные модели для динамического анализа конструкций машин; или проводить динамические расчеты типовых конструктивных элементов машин</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: составлять динамические расчетные модели для динамического анализа конструкций машин; или проводить динамические расчеты типовых конструктивных элементов машин</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: составлять динамические расчетные модели для динамического анализа конструкций машин; или проводить динамические расчеты типовых конструктивных элементов машин на ЭВМ.</p>

		<p>на ЭВМ.</p> <p>Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>на ЭВМ.</p> <p>Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p>владеть: навыками использования современного программного обеспечения динамического анализа конструкций машин.</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками использования современного программного обеспечения динамического анализа конструкций машин.</p>	<p>Обучающийся не в полной мере владеет навыками использования современного программного обеспечения динамического анализа конструкций машин.</p> <p>Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>Обучающийся частично владеет навыками использования современного программного обеспечения динамического анализа конструкций машин.</p> <p>Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет навыками использования современного программного обеспечения динамического анализа конструкций машин.</p> <p>Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».,

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей

программой по дисциплине «Программные комплексы инженерного анализа в механике»: прошли промежуточный контроль, выполнили лабораторные работы.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков по предмету. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует значительные ошибки, проявляет недостаточность знаний, умений и владения навыками по нескольким темам предмета. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении умений и навыков в новых ситуациях.

Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
---------------------	---

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Валишвили, Н. В. Сопротивление материалов и конструкций: учебник для вузов / Н. В. Валишвили, С. С. Гаврюшин. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 429 с.

URL: <https://urait.ru/bcode/433489>

2. Гателюк, О. В. Численные методы: учебное пособие для вузов / О. В. Гателюк, Ш. К. Исмаилов, Н. В. Манюкова. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 140 с. URL: <https://urait.ru/bcode/452912>

б) дополнительная литература:

1. Рейзлин, В. И. Математическое моделирование: учебное пособие для магистратуры / В. И. Рейзлин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 126 с.

URL: <https://urait.ru/bcode/434020>

2. Тухфатуллин, Б. А. Численные методы расчета строительных конструкций. Метод конечных элементов: учебное пособие для академического бакалавриата / Б. А. Тухфатуллин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 157 с.

URL: <https://urait.ru/bcode/442338>

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение:

- универсальная программа метода конечных элементов, применяемая на предприятиях машиностроения;
- универсальная программа 3-D проектирования, применяемая на предприятиях машиностроения;
- офисное программное обеспечение.

Интернет-ресурсы не предусмотрены.

Материально-техническое обеспечение дисциплины.

•Аудитория для лекционных и практических занятий общего фонда: столы учебные со скамьями, аудиторная доска, настенный проекционный экран. Рабочее место преподавателя: стол, стул.

•Компьютерный класс : столы, стулья, маркерная доска, компьютеры с прикладным тематическим программным обеспечением, подвесной проектор с интерактивной доской. Рабочее место преподавателя: стол, стул, компьютер.

Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

1. Систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
2. Углубление и расширение теоретической подготовки;
3. Формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
4. Развитие познавательных способностей и активности студентов, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
5. Использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на практических занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных, практических занятиях и лабораторных работах. Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

На основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных терминов, положений и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения разделов дисциплины. Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более

плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать, перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

Методические рекомендации для преподавателя

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – лекционные, практические и лабораторные занятия и консультирование. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомиться с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только четко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать

собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категоричный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Экзамен или зачет по дисциплине проводится в форме письменного экзамена с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе вопросов, сформулированных в зачетных или экзаменационных билетах. В билет вносится два теоретических и один практический вопрос из различных разделов дисциплины для более полной проверки знаний студентов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель принимающий зачет или экзамен лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Структура и содержание дисциплины «Программные комплексы инженерного анализа в механике» по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика» (бакалавр)

п/п	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
	Седьмой семестр														
1.1	Тема 1. Введение	7	1-2		2		6								
1.2	Лабораторные работы «Знакомство с универсальным программным обеспечением для динамического анализа»	7	1-2			2	6								
1.3	Тема 2. Метод конечных элементов как основа для формулировки вычислительных процедур динамического анализа конструкций.	7	3-6		4		12								
1.4	Лабораторные работы «Тема 2»	7	3-6			4	12								
1.5	Тема 3. Определение частот и форм собственных колебаний. Базовые численные методы.	7	7-12		6		18								
1.6	Лабораторные работы «Тема 3»	7	7-12			6	18								
1.7	Тема 4. Методы решения задачи на собственные значения	7	13-18		6		18								

	большой размерности														
1.8	Лабораторные работы «Тема 4».	7	13-18			6	18								
	Форма аттестации									+					Э
	Всего часов по дисциплине в седьмом семестре				18	18	72								
	Восьмой семестр														
2.1	Тема 5. Исследование неустановившихся динамических процессов.	8	1-3		4		12								
2.2	Лабораторные работы «Тема 5»	8	1-3			12	12								
2.3	Тема 6. Расчет установившихся вынужденных колебаний.	8	4-6		4		12								
2.4	Лабораторные работы «Тема 6»	8	4-6			12	12								
2.5	Тема 7. Пути повышения точности расчетного динамического анализа	8	7-8		3		8								
2.6	Лабораторные работы «Тема 7»	8	7-8			9	8								
	Форма аттестации														Э
	Часов по дисциплине в восьмом семестре				11	33	64								
	Всего часов по дисциплине в седьмом и восьмом семестрах				29	51	136								

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Кафедра: **Динамика, прочность машин и сопротивление материалов**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Программные комплексы инженерного анализа в механике»

**Направление подготовки:
15.03.03. Прикладная механика**

**Квалификация (степень) выпускника:
Бакалавр**

Форма обучения: очная

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

Составитель:

Русанов О.А.

Москва, 2020 год

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Программные комплексы инженерного анализа в механике					
ФГОС ВО 3					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства	Степени уровней освоения компетенций
ИН-ДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				

<p>ПК-4</p>	<p>Готовность выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • возможности современного программного обеспечения и высокопроизводительных вычислительных систем для выполнения динамического анализа сложных конструкций машин • теоретические основы высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • представлять отдельные конструктивные элементы машин (в частности - рамы, кузовов, деталей двигателей) в виде расчетных динамических моделей; • использовать современное программное обеспечение для определения частот и форм собственных колебаний сложных конструкций, моделирования ударных процессов, исследования установившихся вынужденных колебаний. <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для динамического анализа конструкций машин. 	<p>Самостоятельная работа, лекции, практические занятия, лабораторные работы</p>	<p>УО</p>	<p>Базовый уровень:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способен использовать современное программное обеспечение для расчета конструкций машин в целом и отдельных конструктивных элементов машин (рам, кузовов, деталей двигателей). <p>Воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля.</p> <p>Повышенный уровень:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способен самостоятельно использовать современное программное обеспечение для расчета конструкций машин в целом и отдельных конструктивных элементов машин (рамы, кузовов, деталей двигателей); - способен самостоятельно выполнять анализ напряженно деформированного состояния и прочности деталей и узлов машин. <p>практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к семинарам, к выступлению с докладом</p>
--------------------	---	---	--	-----------	---

ПК-11	<p>Способность проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания технологий и выполнения многовариантных расчетов.</p>	<p>знать: теоретические основы высокопроизводительных численных алгоритмов динамического анализа конструкций машин.</p> <p>уметь: составлять динамические расчетные модели для о динамического анализа конструкций машин; проводить динамические расчеты типовых конструктивных элементов машин на ЭВМ;</p> <p>владеть: навыками использования современного программного обеспечения динамического анализа конструкций машин.</p>	Самостоятельная работа, лекции, практические занятия, лабораторные работы	УО	<p>Базовый уровень: - способен выполнять теоретические исследования путем проведения расчетов методом конечных элементов напряженно-деформированного и теплового состояний конструктивных элементов машин (рам, кузовов, деталей двигателей).</p> <p>Воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля.</p> <p>Повышенный уровень: - способен <i>самостоятельно</i> выполнять теоретические исследования путем проведения расчетов методом конечных элементов напряженно-деформированного и теплового состояний конструктивных элементов машин (рам, кузовов, деталей двигателей).</p> <p>практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к семинарам, к выступлению с докладом</p>
-------	---	--	---	----	--

**Перечень оценочных средств по дисциплине
«Программные комплексы инженерного анализа в механике»**

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ

Кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»

Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике

Направление - 15.03.03. Прикладная механика

**Вопросы для контроля знаний по дисциплине
«Программные комплексы инженерного анализа в механике» (Курс 4 семестр 7**

1. Уравнение динамического равновесия системы с одной степенью свободы без затухания и при наличии вязкого демпфирования.
2. Собственные колебания системы с одной степенью свободы без затухания.
3. Собственные колебания системы с одной степенью свободы при наличии вязкого демпфирования.
4. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы без затухания и при наличии вязкого демпфирования. Частотные характеристики системы.
5. Матричное уравнение динамического равновесия конечно-элементной системы. Основные матрицы. (На примере стержневого элемента)
6. Логарифмический декремент колебаний. Добротность системы.
7. Уравнение динамического равновесия для модели МКЭ на основе треугольных элементов плоского напряженного состояния
8. Матрица масс системы МКЭ. Согласованная и несогласованная матрицы масс в МКЭ.
9. Приблизительный учет затухания в системе МКЭ методом пропорционального демпфирования.
10. Прямые методы интегрирования по времени уравнений динамического равновесия МКЭ. Метод центральных разностей. Его преимущества и недостатки.
11. Метод Ньюмарка (Newmark) – прямой метод интегрирования по времени уравнений динамики.
12. Метод Хоуболта (Houbolt) – прямой метод интегрирования по времени уравнений динамики.
13. Расчет установившихся вынужденных колебаний в МКЭ прямым методом
14. Формулировка задачи определения частот и форм собственных колебаний конструкции с помощью МКЭ
15. Проблема на собственные значения в стандартной и обобщенной форме в задачах МКЭ.
16. Приведение обобщенной проблемы на собственные значения к стандартной форме
17. Свойство ортогональности собственных форм колебаний.
18. Отношение Релея. Свойства отношения Релея
19. Использование сдвигов для определения частот собственных колебаний в заданном диапазоне
20. Метод вращений Якоби для решения стандартной проблемы на собственные значения

21. Метод обратных итераций для определения частот и форм собственных колебаний конструкции с помощью МКЭ. Преимущества и недостатки.
22. Метод одновременных итераций для определения частот и форм собственных колебаний конструкции с помощью МКЭ.
23. Решение систем линейных алгебраических уравнений в МКЭ с помощью метода LDL^T разложения.
24. Анализ распределения собственных частот колебаний с помощью метода деления спектра, основанного на LDL^T разложении.
25. Решение систем линейных алгебраических уравнений в МКЭ с помощью метода сопряженных градиентов.
26. Основные понятия о спектре удара. Область применения. Методы расчета спектра удара.
27. Нулевые тона колебаний. Физический смысл. Использование при решении квазистатической задачи.
28. Погрешности методов динамического расчета, основанных на разложении по тонам собственных колебаний.
29. Матрицы жесткости и масс стержневого конечного элемента
30. Особенности решения квазистатической задачи. Учет инерционных сил.
31. Особенности динамического расчета конструкций при кинематическом возбуждении.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»

Дисциплина - Программные комплексы инженерного анализа в механике

Направление - 15.03.03. Прикладная механика Курс 4, семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Матричное уравнение динамического равновесия конечно-элементной системы. Основные матрицы. (На примере стержневого элемента)
2. Приблизительный учет затухания в системе МКЭ методом пропорционального демпфирования.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2020 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/