

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 13

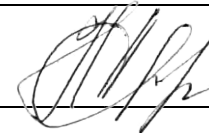
УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

К.Т.Н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

Н.А. Овчинникова



(инициалы, фамилия)

(подпись)

«27» января 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Динамика и модели упругих объектов»

(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	24.05.06
Наименование направления подготовки/ специальности	Системы управления летательными аппаратами
Наименование направленности/ специализации	Приборы систем управления летательных аппаратов
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

ст. преподаватель
(должность, уч. степень, звание)


(подпись, дата)

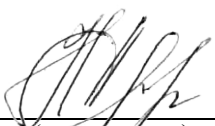
Н.И. Ускова
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 13

«27» января 2026 г, протокол № 4

Заведующий кафедрой № 13

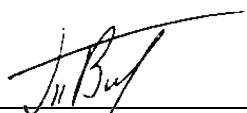
К.Т.Н., доц.
(уч. степень, звание)


(подпись, дата)

Н.А. Овчинникова
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №1 по методической работе

доц., К.Т.Н.
(должность, уч. степень, звание)


(подпись, дата)

В.Е. Таратун
(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Динамика и модели упругих объектов» входит в образовательную программу высшего образования – программу специалитета по направлению подготовки/специальности 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами» направленности/специализации «Приборы систем управления летательных аппаратов». Дисциплина реализуется кафедрой «№13».

Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности»

ОПК-2 «Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности»

ОПК-5 «Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач»

ОПК-7 «Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения»

ПК-6 «Способен формировать новые направления научных исследований и опытно- конструкторских разработок»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами теории упругости; динамикой систем с одной и многими степенями свободы; приближенными методами расчета. Особое внимание уделяется применению полученных знаний к задачам по моделированию упругих колебаний корпуса летательных аппаратов, динамике систем с большими перемещениями и использованию современных программных средств (MATLAB/Simulink, MathCAD).

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета (7 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Динамика и модели упругих объектов» является формирование у обучающихся системных знаний в области математического моделирования динамического поведения упругих механических систем. Дисциплина направлена на развитие компетенций, необходимых для решения инженерных задач профессиональной деятельности, связанных с анализом и прогнозированием колебательных процессов в конструкциях летательных аппаратов.

1.1. Дисциплина является факультативной дисциплиной по специальности образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности	ОПК-1.У.3 уметь проводить моделирование в профессиональной деятельности
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-2 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.У.1 уметь применять программные средства для решения типовых задач профессиональной деятельности
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной	ОПК-5.3.1 знать принципы и методы создания физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов для решения инженерных задач в области авиационной и ракетно-космической техники ОПК-5.У.1 уметь разрабатывать физические и математические модели процессов, явлений и объектов в области

	сфере деятельности, для решения инженерных задач	авиационной и ракетно-космической техники ОПК-5.В.1 иметь навыки решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники на основе исследования моделей процессов, явлений и объектов
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-7 Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения	ОПК-7.3.1 знать математическое описание элементов и систем управления летательными аппаратами ОПК-7.У.1 уметь проводить динамические расчеты систем управления летательных аппаратов и создавать математические модели их движения ОПК-7.В.1 владеть навыками исследования динамики систем управления летательных аппаратов
Профессиональные компетенции	ПК-6 Способен формировать новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок	ПК-6.3.1 знать современные тенденции развития приборов и систем ориентации, стабилизации и навигации летательных аппаратов и техники в целом ПК-6.У.1 уметь на основе новых знаний формировать новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок ПК-6.В.1 владеть современными методами аналитического анализа, математического и имитационного моделирования, постановки экспериментальных исследований

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

– «Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра»,

- «Математика. Математический анализ»,
- «Математика. Теория вероятностей и математическая статистика»,
- «Физика»,
- «Материаловедение»,
- «Теоретическая механика»,
- «Прикладная механика»,
- «Надежность приборов и систем»,
- «Введение в информационные технологии»,
- «Динамика полета летательных аппаратов»,
- «Аэродинамика и динамика полета»,
- «Учебная ознакомительная практика»,
- «Учебная практика научно-исследовательская работа».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	2/ 72	2/ 72
Из них часов практической подготовки	3	3
Аудиторные занятия, всего час.	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	38	38
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Зачет,	Зачет,

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП/КР (час)	СР (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Основы теории упругости	6	4			10

Тема 1.1. Основные понятия и гипотезы механики деформируемого твердого тела. Тензор деформации. Тензор напряжений.	2	1			2
Тема 1.2. Закон Гука. Упругие потенциалы. Термодинамика упругой деформации.	2	1			4
Тема 1.3. Уравнения равновесия изотропных и анизотропных тел. Основные уравнения теории упругости.	2	2			4
Раздел 2. Динамика упругих систем с одной степенью свободы	4	4			8
Тема 2.1. Свободные колебания консервативных систем. Частота и период колебаний.	2	2			4
Тема 2.2. Свободные колебания с затуханием. Логарифмический декремент. Модель Фохта.	1	1			2
Тема 2.3. Вынужденные колебания. Импульсная переходная функция. Передаточная функция. АЧХ и ФЧХ. Резонанс.	1	1			2
Раздел 3. Динамика упругих систем со многими степенями свободы	5	5			10
Тема 3.1. Уравнения движения систем со многими степенями свободы. Матрицы масс, жесткости и демпфирования.	1	1			2
Тема 3.2. Свободные колебания. Собственные значения и собственные формы. Ортогональность форм. Метод итераций.	2	2			4
Тема 3.3. Вынужденные колебания. Разложение по собственным формам. Динамическая матрица податливости.	2	2			4
Раздел 4. Динамика стержней и пластин	2	4			10
Тема 4.1. Уравнения Эйлера-Бернулли для изгибных колебаний стержней. Свободные и вынужденные колебания балок.	1	2			6
Тема 4.2. Крутильные и продольные колебания стержней. Колебания пластин.	1	2			4
Итого в семестре:	17	17			38
Итого	17	17	0	0	38

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1	Основы теории упругости
Тема 1.1	Основные понятия и гипотезы механики деформируемого твердого тела. Предмет механики деформируемого твердого тела. Гипотеза сплошности. Принцип макроскопической определенности. Принцип напряжений Эйлера и Коши.

	Понятие о напряженном и деформированном состоянии в точке. Тензор деформации (линейный и нелинейный). Геометрический смысл компонент тензора деформации. Тензор напряжений. Нормальные и касательные напряжения. Главные напряжения и главные оси. Девиатор и шаровая часть тензоров.
Тема 1.2	Закон Гука. Упругие потенциалы. Термодинамика упругой деформации. Обобщенный закон Гука. Упругие потенциалы. Понятие об упругой энергии. Термодинамические потенциалы для упругих сред. Изотермические и адиабатические модули упругости. Тепловое расширение.
Тема 1.3	Уравнения равновесия изотропных и анизотропных тел. Основные уравнения теории упругости. Уравнения равновесия в напряжениях (уравнения Навье-Стокса). Соотношения Коши. Уравнения совместности деформаций (Сен-Венана). Уравнения Ляме в перемещениях. Уравнения Бельтрами-Митчела в напряжениях. Постановка краевых задач. Принцип Сен-Венана.
Раздел 2	Динамика упругих систем с одной степенью свободы
Тема 2.1	Свободные колебания консервативных систем. Уравнение движения. Определение частоты и периода свободных колебаний. Приведенная масса. Энергетический метод Релея. Примеры расчета (балки, рамы).
Тема 2.2	Свободные колебания с затуханием. Силы неупругого сопротивления. Модель Фохта (скорректированная). Логарифмический декремент колебаний. Коэффициент потерь. Частотно-независимые модели внутреннего трения.
Тема 2.3	Вынужденные колебания. Импульсная переходная функция (функция Грина). Интеграл Дюамеля. Передаточная функция. Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазово-частотная (ФЧХ) характеристики. Динамический коэффициент. Резонанс. Переход через резонанс. Примеры расчета.
Раздел 3	Динамика упругих систем со многими степенями свободы
Тема 3.1	Уравнения движения систем со многими степенями свободы. Матрицы масс, жесткости и демпфирования. Уравнения движения в матричной форме. Метод сил и метод перемещений. Матрица податливости системы.
Тема 3.2	Свободные колебания. Собственные значения и собственные формы. Частотное уравнение. Собственные частоты и собственные формы колебаний. Свойство ортогональности собственных форм. Нормировка собственных форм. Парциальная матрица системы. Метод итераций для определения собственных значений и векторов. Способ разложения по собственным формам.
Тема 3.3	Вынужденные колебания. Разложение по собственным

	формам. Представление решения в виде разложения по собственным формам. Нормальные координаты. Динамическая матрица податливости. Расчет вынужденных колебаний при гармоническом и произвольном воздействии. Резонанс и антирезонанс. Динамическое гашение колебаний.
Раздел 4	Динамика стержней и пластин
Тема 4.1	Уравнения Эйлера-Бернулли для изгибных колебаний стержней. Дифференциальное уравнение изгибных колебаний стержня. Свободные колебания балок с различными граничными условиями. Определение собственных частот и форм колебаний. Вынужденные колебания балок.
Тема 4.2	Крутильные и продольные колебания стержней. Колебания пластин. Крутильные колебания стержней. Продольные колебания стержней. Уравнение колебаний пластин. Изгибные колебания пластин. Приближенные методы расчета (метод Релея, метод Ритца).

Примечание: лекционные занятия проводятся с использованием мультимедийных презентаций, демонстрацией расчетных схем, графиков и результатов компьютерного моделирования в среде MATLAB/Simulink или Engee.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7					
1	Расчет напряженно-деформированного состояния стержневых систем. Определение перемещений с использованием интеграла Мора.	Решение задач, работа в малых группах	2		1
2	Определение собственной частоты и периода колебаний системы с одной степенью свободы. Расчет на прочность при динамических нагрузках.	Решение задач, разбор примеров	2		2
3	Построение АЧХ и ФЧХ для системы с одной степенью свободы. Определение резонансных амплитуд.	Решение задач, использование ЭВМ	2		2

4	Определение собственных частот и форм колебаний системы с двумя и тремя степенями свободы. Метод итераций.	Решение задач, работа с матрицами	2		3
5	Расчет вынужденных колебаний системы с несколькими степенями свободы методом разложения по собственным формам.	Решение задач, использование ЭВМ	2		3
6	Расчет изгибных колебаний балок. Определение частот и форм колебаний для различных граничных условий.	Решение задач, разбор примеров	2		4
7	Применение метода конечных элементов для расчета колебаний упругих систем.	Лабораторная работа в компьютерном классе	2		4
8	Расчет динамических характеристик упругих элементов летательных аппаратов.	Решение комплексных задач	3		1-4
Всего			17		

Примечание: практические занятия 3, 5 и 7 проводятся с использованием программных комплексов MATLAB/Simulink или Engee, MathCAD для численного моделирования.

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	14	14
Курсовое проектирование (КП, КР)		

Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)	8	8
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	6	6
Домашнее задание (ДЗ)	4	4
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	6	6
Всего:	38	38

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. — М.: Наука, 1987. — 248 с.	
	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. — М.: Наука, 1988. — 216 с.	
https://vntr.ru/lib/VulfsonII.pdf	Вульфсон И. И. Краткий курс теории механических колебаний / И. И. Вульфсон— Библиотека ВНТР. — М.: ВНТР, 2017. — 241 с.	
https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/68501/1/978-5-7996-2541-2_2019.pdf?ysclid=mta6j0apn7214745385	Теория упругости: основные положения : учеб. пособие / В. В. Стружанов, Н. В. Бурмашева ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 204 с. □	
https://togudv.ru/media/filer_public/2013/04/10/4-6_volokov-plotnikov_2007.pdf?ysclid=mta6kk6osf467971650	Волков А. С., Плотников Ю.Г. Динамические расчеты упругих систем: Учебное пособие. – Хабаровск: ДВГУПС, 2007. – 95 с.	
	Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. — М.: Машиностроение, 1985. — 472 с.	
	Бидерман В.Л. Теория механических	

	колебаний. — М.: Высш. шк., 1980. — 408 с.	
--	--	--

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://www.youtube.com/c/IntuitiveMath	Образовательный канал по математике и механике
https://habr.com/ru/company/ods/blog/	Статьи по численным методам и моделированию
https://www.mathworks.com/	Официальный сайт MATLAB/Simulink
https://engee.com/helpcenter/stable/ru/index.html	Документация Engee

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Операционная система Windows
2	Пакет инженерных расчетов MATLAB/Simulink
3	Пакет символьных вычислений MathCAD
4	Пакет Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint)

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
1	Справочная система MathWorks
2	Справочная система MathCAD
3	ЭБС «Лань»
4	ЭБС «Юрайт»
5	ЭБС ГУАП

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием (проектор, экран, компьютер)	
2	Компьютерный класс с установленным ПО MATLAB/Simulink и MathCAD	

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов; Задачи.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения;

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	– затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий^{**}.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий^{**}.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
1	Сформулируйте основные гипотезы и принципы механики деформируемого твердого тела.	ОПК-5.3.1
2	Дайте определение тензора деформации и тензора напряжений. Раскройте их физический и геометрический смысл.	ОПК-5.3.1
3	Запишите обобщенный закон Гука для изотропного тела. Поясните смысл постоянных Ламе.	ОПК-5.3.1
4	Выведите уравнения равновесия упругого тела (уравнения Навье-Стокса).	ОПК-5.У.1
5	Запишите уравнения Ляме в перемещениях. Какие задачи решаются с их помощью?	ОПК-5.У.1
6	В чем заключается принцип Сен-Венана? Приведите примеры его применения.	ОПК-5.3.1
7	Составьте дифференциальное уравнение свободных колебаний системы с одной степенью свободы. Получите выражение для собственной частоты.	ОПК-7.3.1

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
8	Что такое логарифмический декремент колебаний? Как он связан с коэффициентом потерь?	ОПК-7.3.1
9	Запишите решение уравнения вынужденных колебаний для гармонического воздействия. Что такое АЧХ и ФЧХ?	ОПК-7.У.1
10	Объясните явление резонанса. Как влияет затухание на резонансную амплитуду?	ОПК-7.3.1
11	Как определяется число степеней свободы упругой системы? Приведите примеры.	ОПК-5.3.1
12	Запишите уравнения движения системы со многими степенями свободы в матричной форме.	ОПК-7.3.1
13	Что такое собственные значения и собственные формы колебаний? Сформулируйте свойство ортогональности.	ОПК-7.3.1
14	В чем суть метода разложения по собственным формам при расчете вынужденных колебаний?	ОПК-7.У.1
15	Что такое динамическая матрица податливости? Как она используется в расчетах?	ОПК-7.У.1
16	Запишите уравнение Эйлера-Бернулли для изгибных колебаний стержня.	ОПК-7.3.1
17	Как определяются собственные частоты и формы колебаний балки с различными граничными условиями?	ОПК-7.У.1
18	Опишите метод Релея для определения первой собственной частоты.	ОПК-7.В.1
19	В чем состоит метод конечных элементов применительно к расчетам колебаний?	ОПК-2.У.1
20	Приведите примеры динамических моделей упругих элементов летательных аппаратов.	ПК-6.3.1
21	Как учитываются упругие колебания корпуса при моделировании движения летательного аппарата?	ОПК-7.У.1
22	Объясните метод итераций для нахождения собственных частот и форм колебаний.	ОПК-7.В.1
23	Что такое парциальная матрица системы и для чего она	ОПК-7.3.1

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	используется?	
24	Опишите подход к моделированию упругих стержневых систем с большими перемещениями.	ПК-6.3.1
25	Как осуществляется дискретизация непрерывных моделей упругих систем?	ОПК-2.У.1
26	В чем отличие плоского напряженного и плоского деформированного состояний?	ОПК-5.3.1
27	Как определяются внутренние усилия при динамическом расчете рам и ферм?	ОПК-7.В.1
28	Какие существуют методы учета затухания колебаний в инженерных расчетах?	ОПК-7.3.1

Примеры задач для проведения зачета

Задача 1. Определить частоту свободных колебаний балки с одной степенью свободы. Балка длиной $l = 4$ м, жесткость $EI = 10^5$ Н·м², сосредоточенная масса $m = 500$ кг расположена посередине пролета. Балка шарнирно оперта. Массой балки пренебречь.

Задача 2. Для системы с одной степенью свободы ($m = 100$ кг, $k = 10^4$ Н/м, коэффициент потерь $\gamma = 0,02$) определить: а) собственную частоту без учета затухания; б) частоту затухающих колебаний; в) логарифмический декремент.

Задача 3. Определить первую собственную частоту колебаний балки с двумя массами ($m_1 = 200$ кг при $x = l/3$, $m_2 = 300$ кг при $x = 2l/3$, $l = 6$ м, $EI = 2 \cdot 10^5$ Н·м²). Использовать метод Донкерлея.

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала .

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- См. таблицу 4.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах *(не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

1. Обучающийся должен иметь при себе калькулятор и необходимые справочные материалы.
2. Для занятий с использованием ЭВМ необходимо владеть базовыми навыками работы в MATLAB/Simulink и MathCAD (осваиваются в процессе выполнения заданий).
3. Задачи решаются с подробным обоснованием каждого этапа расчета.

Методические указания по выполнению расчетов:

- При расчете частот и форм колебаний использовать метод итераций или метод разложения по собственным формам.
- Для проверки результатов применять энергетический метод Релея.
- При использовании численных методов обязательно проводить анализ сходимости решения (по материалам статьи Русских С.В. о нелинейной динамике).

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ *(не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

11.5. Методические указания для обучающихся по выполнению курсового проекта/ курсовой работы *(не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению расчетно-графических и реферативных работ.

Рекомендации по изучению теоретического материала:

1. Изучение каждого раздела начинать с ознакомления с основными определениями и понятиями.
2. Обращать внимание на физический смысл математических выкладок.
3. Для закрепления материала решать типовые задачи из учебных пособий.
4. Использовать возможности виртуальных лабораторий и симуляторов (например, в MATLAB/Simulink).

Примерный перечень тем для рефератов:

1. Сравнительный анализ моделей диссипации в задачах динамики упругих систем (на основе материалов Вульфсона И.И. и других источников).
2. Применение метода конечных элементов для расчета колебаний стержневых систем.
3. Нелинейная динамика упругих конструкций с большими перемещениями (по материалам статей по космической технике).
4. Методы приближенного расчета собственных частот колебаний (по материалам Волкова А.С., Плотникова Ю.Г.).
5. Моделирование упругих колебаний корпуса летательного аппарата (по материалам статей Ромадова С.В. и др.).
6. Применение матриц перехода для расчета колебаний приводов машин (по материалам Вульфсона И.И.).
7. Динамическое гашение колебаний в механических системах.
8. Современные подходы к моделированию упругих систем в аэрокосмической технике.

Темы для рефератов (дополнительно):

1. Современные методы идентификации параметров упругих систем.
2. Применение теории упругости в задачах аэрокосмической техники.
3. Нелинейные эффекты при динамическом деформировании конструкций.
4. Сравнительный анализ аналитических и численных методов расчета колебаний

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Требования и методы проведения текущего контроля:

1. *Контроль посещаемости и активности* на лекциях и практических занятиях.
2. *Выполнение домашних заданий* — решение задач по темам практических занятий (не менее 4 заданий в семестре).
3. *Реферативная работа* — подготовка реферата по выбранной теме с обязательным представлением презентации.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– зачет — это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются обучающиеся, полностью выполнившие учебный план, предусмотренный рабочей программой дисциплины, по всем видам учебных занятий. Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой