

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Воткинский филиал
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)



УТВЕРЖДАЮ

Директор

И.А. Давыдов

29 марта 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине: **Динамика конструкций летательного аппарата**

для специальности: 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов. Специализация – Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива

форма обучения: очная

Общая трудоемкость дисциплины составляет: 2 зачетных единиц(ы)

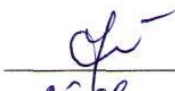
Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		7			
Контактные занятия (всего)	32	32			
В том числе		-	-	-	-
Лекции	16	16			
Практические занятия (ПЗ)	8	8			
Семинары (С)	-	-			
Лабораторные работы (ЛР)	8	8			
Самостоятельная работа (всего)	40	40			
В том числе	-	-			
Курсовой проект (работа)	-	-			
Расчетно-графические работы	-	-			
Реферат	-	-			
Другие виды самостоятельной работы					
Вид промежуточной аттестации: зачет					
Общая трудоемкость	часы	72	72		
	з.е.	2	2		

Кафедра «Ракетостроение»

Составитель: Уразбахтин Федор Асхатович, доктор технических наук, профессор


Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО по специальности 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов. Специализация – Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива №1517 от 01.12.2016 г. и утверждена на заседании кафедры.

Протокол от 24 августа, 2018 г. №1

Заведующий кафедрой «Ракетостроение»  /Ф.А.Уразбахтин
25.08. 2018 г.


СОГЛАСОВАНО

Председатель учебно-методической комиссии по УГСН «24.05.01 – «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов (уровень специалитета)», специализация – Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»

 Уразбахтин Ф.А.
27.08.2018 г.

Количество часов рабочей программы соответствует количеству часов рабочего учебного плана по специальности 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, специализация – Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива

Ведущий специалист учебной части
ВФ ФГБОУ имени М.Т. Калашникова

 Соловьева Л.Н.
27.08 2018 г.

Название дисциплины		Динамика конструкций летательного аппарата				
Номер	83	Академический год		2018/2019	семестр	7
кафедра	Ракето-строение	Программа	24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива».			
Составитель	Уразбахтин Федор Асхатович, д.т.н., профессор					
Цели и задачи дисциплины, основные темы	<p>Целью преподавания дисциплины является изучение: основных моделей и закономерностей колебательных явлений и процессов, их приложение к узлам и агрегатам ракет; общих методов исследования; особенностей проявления колебаний в элементах ракетной техники.</p> <p>Задачи дисциплины:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирование у студентов знаний, умений, навыков и компетенций в области оценки динамических свойств ракетных конструкций; - показать способы распознавания в сложных процессах, возникающих в конкретных задачах техники, колебательные явления и свести исходную проблему к анализу этих моделей; - достичь понимания студентами основных колебательных явлений на моделях и системах (ударное демпфирование, виброизоляция); - научить пользоваться основными методами расчета. <p>Знание: физической картины возникновения колебательных процессов; методов расчета собственных частот при колебаниях, вызванных различными внешними возмущениями; методики анализа колебательных процессов в элементах ракетной техники.</p> <p>Умение: составлять математическую модель колебаний изучаемого объекта; определять собственные частоты в элементах ракетной техники; вычислять характеристики колебаний типовых элементов ракеты.</p> <p>Навыки: составления и решения математических уравнений, описывающих колебательные процессы; применения методов расчета динамических характеристик при колебаниях элементов ракетной техники; вычисления динамических характеристик при колебаниях узлов и агрегатов ракетной техники; проведения компьютерного моделирования колебательных процессов; анализа колебательных процессов в элементах ракетной техники.</p> <p>Лекции (основные темы): Колебания систем с одной степенью свободы. Методы решения задач о собственных колебаниях механических систем. Расчет колебаний конструкций и элементов ракетной техники. Ударное демпфирование колебаний. Виброизоляция. Расчет элементов и частей ракеты на удар.</p> <p>Практические занятия: Расчет колебаний элементов ракеты. Определение характеристик демпфирования колебаний. Расчет параметров виброизоляции.</p> <p>Лабораторные работы: Колебания элементов ракеты с расчетной схемой систем с одной степенью свободы. Методы расчета частот колебаний ракеты как жесткого тела. Расчет элементов и частей ракеты на колебания и удар.</p>					
Основная литература	<p>1. Применение метода синтеза форм для расчета колебаний космического летательного аппарата [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсу «Динамика конструкций космических летательных аппаратов» / С. Н. Дмитриев, И. Ю. Калугин, О. Н. Тушев. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2009. — 16 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31347.html. 2. Нестационарные колебания слоистых упругих и вязкоупругих пластин и пологих сферических и цилиндрических оболочек [Электронный ресурс]: монография / О. А. Егорычев, О. О. Егорычев, О. И. Поддаева. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 263 с. — 978-5-7264-1174-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/40188.html.</p>					
Технические средства	стандартно оборудованная лекционная аудитория, компьютерный класс					
Компетенции	<i>Приобретаются студентами при освоении модуля</i>					
Общекультурные	-					
Профессиональные	<p>ОПК-2. Понимание роли математических и естественнонаучных наук и способность к приобретению новых математических и естественнонаучных знаний, с использованием современных образовательных и информационных технологий, способность использовать в профессиональной деятельности знания и методы, полученные при изучении математических и естественнонаучных дисциплин (модулей). ПК-1. Способность работать в информационно-коммуникационном пространстве, проводить твердотельное компьютерное моделирование, прочностные, динамические и тепловые расчеты с использованием программных средств общего назначения. ПК-3. Способность разрабатывать с использованием технологий на базе системного подхода последовательность решения поставленной задачи, определять внешний облик изделий, состав и объемно-массовые характеристики приборов, систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс, а также состав, структуру, объемно-компоновочные схемы объектов наземного ракетно-космического комплекса (в том числе объектов наземного комплекса управления).</p>					
Зачетных единиц	2	Форма проведения занятий	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
		Всего часов		16	8	8
Виды контроля	Диф.зач	КП/КР	Условие зачета дисциплины	Получение оценки «зачтено»	Форма проведения самостоятельной работы	Выполнение расчетно-графических работ, подготовка к лекциям и практическим занятиям, зачету
	/зач/экз	нет				
Перечень дисциплин, знание которых необходимо для изучения дисциплины	Математический анализ, Обыкновенные дифференциальные уравнения, Линейная алгебра, Аналитическая геометрия, Вариационные методы, Высшая математика; Физика; Программирование на языках высокого уровня, Теоретическая механика, Теория машин и механизмов, Соппротивление материалов, Строительная механика.					

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является изучение: основных моделей и закономерностей колебательных явлений и процессов, их приложение к узлам и агрегатам ракет; общих методов исследования; особенностей проявления колебаний в элементах ракетной техники.

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов знаний, умений, навыков и компетенций в области оценки динамических свойств ракетных конструкций;
- показать способы распознавания в сложных процессах, возникающих в конкретных задачах техники, колебательные явления и свести исходную проблему к анализу этих моделей;
- достичь понимания студентами основных колебательных явлений на моделях и системах (ударное демпфирование, виброизоляция);
- научить пользоваться основными методами расчета.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- физическую картину возникновения колебательных процессов;
- методы расчета собственных частот при колебаниях, вызванных различными внешними возмущениями;
- методику анализа колебательных процессов в элементах ракетной техники;

уметь:

- составлять математическую модель колебаний изучаемого объекта;
- определять собственные частоты в элементах ракетной техники;
- вычислять характеристики колебаний типовых элементов ракеты;

владеть навыками:

- составления и решения математических уравнений, описывающих колебательные процессы;
- применения методов расчета динамических характеристик при колебаниях элементов ракетной техники;
- вычисления динамических характеристик при колебаниях узлов и агрегатов ракетной техники;
- проведения компьютерного моделирования колебательных процессов;
- анализа колебательных процессов в элементах ракетной техники.

2. Место дисциплины в структуре ООП:

2.1. Дисциплина «Теория колебаний» относится к вариативной части дисциплин по выбору Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП ВО.

2.2. Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Математический анализ, Обыкновенные дифференциальные уравнения, Линейная алгебра, Аналитическая геометрия, Вариационные методы, Высшая математика; Физика; Программирование на языках высокого уровня, Теоретическая механика, Теория машин и механизмов, Соппротивление материалов, Строительная механика.

2.3. Для изучения дисциплины студент должен:

знать:

- в объеме дисциплин математического цикла (математический анализ, обыкновенные дифференциальные уравнения, линейная алгебра, аналитическая геометрия, вариационные методы, высшая математика) - основы математического анализа, понятие производной, методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и с частными производными, основы векторного анализа;
- разделы механика, колебания и волны в физике – понятие о массе, скорости, перемещении, колебательные процессы;

- программирование на языках высокого уровня в информатике;
- разделы кинематика и динамика в теоретической механике – понятие о силе, перемещении, скорости, ускорении, законы и теоремы кинематического движения материальной точки, механической системы и твердого тела, а также теоремы и законы динамики материальной точки и тела;
- раздел динамика машин в теории машин и механизмов;
- разделы – растяжение, сжатие, изгиб стержней и стержневых систем в курсе сопротивление материалов;
- динамическое нагружение конструкций, пластины и оболочки в курсе строительной механики;

уметь:

- применять знания и методы, полученные при изучении дисциплин математического и естественно-научного цикла;
- проявлять настойчивость в преодолении трудностей и познании природных явлений;
- проводить компьютерное моделирование с использованием программных средств общего назначения.
- соотносить математические приемы и методы к решению прикладных задач;

владеть:

- приемами получения информации в среде Интернет и самостоятельной работы с литературными источниками;
- основами умственного труда (запоминать, анализировать, оценивать);
- приемами анализа состояния ракетно-космической техники.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

3.1. Знания, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Знания
1.	Физической картины возникновения колебательных процессов.
2.	Методов расчета собственных частот при колебаниях, вызванных различными внешними возмущениями.
3.	Методики анализа колебательных процессов в элементах ракетной техники.

3.2. Умения, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№п/п	Умения
1.	Составлять математическую модель колебаний изучаемого объекта.
2.	Определять собственные частоты в элементах ракетной техники.
3.	Вычислять характеристики колебаний типовых элементов ракеты.

3.3. Навыки, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Навыки
1.	Составления и решения математических уравнений, описывающих колебательные процессы.
2.	Применения методов расчета динамических характеристик при свободных колебаниях элементов ракетной техники.
3.	Вычисления динамических характеристик при колебаниях узлов и агрегатов ракетной техники.
4.	Проведения компьютерного моделирования колебательных процессов.
5.	Анализа колебательных процессов в элементах ракетной техники.

3.4. Компетенции, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

Компетенции	Знания (№№ из 3.1)	Умения (№№ из 3.2)	Навыки (№№ из 3.3)
ОПК-2. Понимание роли математических и естественнонаучных наук и способность к приобретению новых математических и естественнонаучных знаний, с использованием современных образовательных и информационных технологий, способность использовать в профессиональной деятельности знания и методы, полученные при изучении математических и естественнонаучных дисциплин (модулей).	1,3	1,3	3,4
ПК-1. Способность работать в информационно-коммуникационном пространстве, проводить твердотельное компьютерное моделирование, прочностные, динамические и тепловые расчеты с использованием программных средств общего назначения.	2,3	2,3	2,4
ПК-3. Способность разрабатывать с использованием технологий на базе системного подхода последовательность решения поставленной задачи, определять внешний облик изделий, состав и объемно-массовые характеристики приборов, систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс, а также состав, структуру, объемно-компоновочные схемы объектов наземного ракетно-космического комплекса (в том числе объектов наземного комплекса управления).	1,2	2,3	1,2,4

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лек	прак	лаб	СРС	
1.	Колебания систем с одной степенью свободы	7	1 2	2		2		
2.	Методы решения задач о собственных колебаниях механических систем	7	3 4 5	2 2		2	8	Выдача РГР-1
3.	Расчет колебаний конструкций и элементов ракетной техники	7	6 7 8	2 2	2		8	
4.	Ударное демпфирование колебаний	7	9 10 11	2 2	2		8	Контрольная работа 1 Прием РГР-1 1 аттестация (8неделя)
5.	Виброизоляция	7	12 13	2	2		8	Выдача РГР-2
6.	Расчет элементов и частей ракеты на удар	7	14 15 16	2		2 2	6	Контрольная работа 2 Прием РГР-2

							2 аттестация (16 неделя)
	ЗАЧЕТ		17			2	Вопросы к зачету
	Всего			16	8	8	40

4.2. Содержание разделов курса

№ п/п	Раздел дисциплины	Знания (номер из 3.1)	Умения (номер из 3.2)	Навыки (номер из 3.3)
1.	Колебания систем с одной степенью свободы. Классификация сил, действующих при колебаниях. Методы получения дифференциальных уравнений движения. Свободные колебания системы с одной степенью свободы. Системы с одной степенью свободы при действии сил неупругого сопротивления.	1 2,3 1 1	1 2 1 1	1 2 3 3
2.	Методы решения задач о собственных колебаниях механических систем Приближенные формулы для оценки низшей собственной частоты. Метод Рэлея-Ритца. Метод последовательных приближений. Методы прогонки и начальных параметров.	2 3 2 2,3	1 2 2 2,3	1 3 4 4
3.	Расчет колебаний конструкций и элементов ракетной техники Расчет ракеты как системы «твердое тело - упругий стержень». Продольные колебания корпуса ракеты. Поперечные колебания корпуса ракеты. Расчет частот собственных колебаний твердого тела на пружинах. Расчет колебаний груза, укрепленного на конце кронштейна. Расчет систем с распределенными параметрами (продольные колебания). Расчет систем с распределенными параметрами (поперечные колебания).	1 3 3 2 2 3 3	1 2 2 3 2 2 3	1 4 4 3 3 3 3
4.	Ударное демпфирование колебаний Схемы ударных демпферов. Демпфирование изгибных колебаний шарнирно закрепленных по концам стержней. Демпфирование колебаний вертикальных консольных стержней по первому и второму тонам. Демпфирование высокочастотных колебаний консольного стержня с сосредоточенным грузом на конце.	1 1 1 1	1 1 1 1	1 2 2 3

5.	Виброизоляция			
	Общие принципы виброизоляции двигательных установок от корпуса летательного аппарата.	1	1	1
	Расчет частот собственных трехсвязных колебаний силовых установок.	2	2	2
	Расчет частот колебаний.	2	2	3
	Определение моментов инерции двигателей.	2	2	3
		3	3	4
6.	Расчет элементов и частей ракеты на колебания и удар			
	Колебания кругового кольца.	1,3	1,3	1,3,4
	Колебания мембран	1,3	1,3	1,3,4
	Колебания пластин.	1,3	1,3	1,3,4
	Колебания грузов на пружинах.	1,3	1,3	1,3,4
	Примеры расчетов на удар.	1,3	1,3	1,3,4
	Колебания гладких цилиндрических оболочек.	1,3	1,3	1,3,4
	Колебания оребренных цилиндрических оболочек.	1,3	1,3	1,3,4
	Колебания гладких конических оболочек.	1,3	1,3	1,3,4
Колебания оребренных конических оболочек.	1,3	1,3	1,3,4	

4.3. Наименование тем лабораторных работ, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование темы лабораторных работ	Трудоемкость (час)
1	1.	Колебания элементов ракеты с расчетной схемой - система с одной степенью свободы.	2
2	2.	Методы расчета частот колебаний ракеты как жесткого тела.	2
3	6.	Расчет элементов и частей ракеты на колебания и удар	4
	Всего		8

4.4. Наименование тем практических занятий, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование темы практического занятия	Трудоемкость (час)
1	3.	Расчет колебаний элементов ракеты.	4
2	4.	Определение характеристик демпфирования колебаний.	2
3	5.	Расчет параметров виброизоляции.	2
	Всего		8

5. Содержание самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

5.1. Содержание самостоятельной работы студентов.

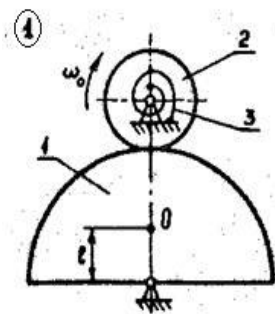
№ раздела	Наименование тем	Трудоемкость (час.)
1	Колебания механических систем с одной степенью свободы	16
5	Продольные колебания ракеты с расчетной схемой жесткой балки	12
6	Поперечные колебания ракеты с расчетной схемой жесткой балки	12

5.2. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля).

Оценочные средства, используемые для текущего контроля успеваемости студентов и их промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля), их виды и формы, требования к ним и шкалы оценивания приведены в Приложении к РПД «Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) «Динамика конструкций летательного аппарата».

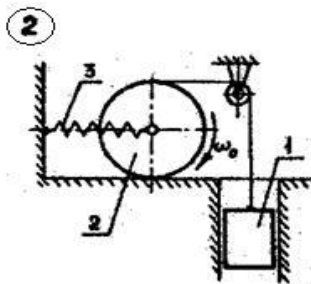
5.3. Примерные варианты заданий для расчетно-графических работ

Расчетно-графическая работа 1. Малые колебания механических систем с одной степенью свободы



Вариант 1. Механизм, состоит из полукруглого зубчатого сектора 1, шестерни 2 и спиральной пружины 3. Пружина не деформирована, когда центр тяжести точка 0 сектора находится на вертикали, проходящей через оси вращения сектора и шестерни. Сектор и шестерня являются однородными дисками. Масса сектора $m_1 = 8,00$ кг, радиус сектора $R = 0,30$ м, масса шестерни $m_2 = 2,00$ кг, радиус шестерни $r = 0,10$ м, жесткость пружины $C = 11,760 \frac{H \cdot м}{рад}$, расстояние до центра тяжести сектора - $l = \frac{4}{3 \cdot \pi} R \approx 0,125 м$.

Составить дифференциальное уравнение движения системы и найти амплитуду малых угловых колебаний сектора, если шестерне сообщили в положении равновесия угловую скорость $\omega_0 = 10,00 \frac{1}{с}$.



Вариант 2. Груз 1 подвешен на нити, намотанной на однородный цилиндрический каток 2, который может катиться по горизонтальной плоскости без скольжения.

Составить дифференциальное уравнение движения системы, найти период и амплитуду колебаний груза, если в положении равновесия катку сообщена угловая скорость $\omega_0 = 0,207 \frac{1}{с}$. Масса груза $m_1 = 6,80$

кг, масса катка $m_2 = 8,00$ кг, статическое удлинение пружины 3, $\Delta = 8,62$ см, радиус катка $R = 0,30$ м.

Расчетно-графическая работа 2. Определение частот и форм колебаний механических систем с распределенными параметрами

Вариант 1. Определить основную частоту и форму продольных колебаний одноступенчатой ракеты во время старта. Распределение масс и жесткости на растяжение-сжатие по длине задано таблицей. Отсчет координат производится от начала головной части.

$x, м$	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0
$M, кг$		2000	2000	300	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
$EF, Н \times 10^9$		0,5	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5

Вариант 2. Определить основную частоту и форму изгибных колебаний одноступенчатой ракеты при транспортировке. Распределение масс и жесткости на изгиб-сжатие по длине задано таблицей. Отсчет координат производится от начала головной части.

$x, м$	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0
$M, кг$	1020	1020	5102	255	2551	255	255	255	4337	5102	255	255	2216	1531	000
$EI_x, Н \cdot м^2 \times 10^9$	0,3	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,9	0,9	0,9	1,2	1,2	1,2	1,5	0

6. Рекомендуемые образовательные технологии

Технология	Кол-во ауд. часов при изучении модуля
1. Иллюстративный материал, представленный в слайдах.	8
Всего (удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (% от аудиторных часов))	8(25,0%)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

№ п/п	Наименование книги	Год издания
1.	Применение метода синтеза форм для расчета колебаний космического летательного аппарата [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсу «Динамика конструкций космических летательных аппаратов» / С. Н. Дмитриев, И. Ю. Калугин, О. Н. Тушев. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2009. — 16 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31347.html	2009
2.	Нестационарные колебания слоистых упругих и вязкоупругих пластин и пологих сферических и цилиндрических оболочек [Электронный ресурс]: монография / О. А. Егорычев, О. О. Егорычев, О. И. Поддаева. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 263 с. — 978-5-7264-1174-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/40188.html	2015

б) дополнительная литература:

№ п/п	Наименование книги	Год издания
1.	Соколов, В. Г. Собственные колебания тонкостенной тороидальной оболочки с учётом протекающей жидкости [Электронный ресурс]: монография / В. Г. Соколов, А. В. Березнев, Ю. В. Огороднова. — Электрон. текстовые данные. — Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2017. — 79 с. — 978-5-9961-1425-2. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/83728.html	

в) перечень информационных технологий программного обеспечения и информационных справочных систем:

1. Microsoft Office 2016.
2. KMPlayer.

г) методические указания:

1. Уразбахтин Ф.А. Малые колебания механических систем с одной степенью свободы. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2012. – 28с.
2. Изучение собственных колебаний струны [Электронный ресурс]: методические указания / Л. И. Баландина, А. М. Кириллов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. — 16 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30979.html>.
3. Семенихина Д. В. Компьютерный лабораторный практикум по теории колебаний. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособи. — Электрон. текстовые данные. — Таганрог: Южный федеральный университет, 2015. — 84 с. — 978-5-9275-1815-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68216.htm>.
4. Власов Ю. Л. Малые колебания системы с одной степенью свободы [Электронный ресурс]: методические указания к расчетно-графической работе по дисциплине «Прикладные задачи динамики твердого тела». — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2004. — 21 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/51550.html>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

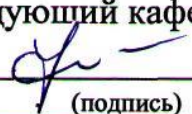
№ п/п	Наименование оборудования учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования
1.	Аудитория №314. Учебная мультимедийная аудитория. Оборудование: Парты, стол преподавателя, доска аудиторная, проектор, компьютер.
2.	Аудитория №219. Именная лаборатория конструирования и проектирования ракет АО «Воткинский завод». Оборудование: Парты, стол преподавателя, доска аудиторная. Ноутбук. Компьютеры - 13 шт. Телевизор. Стенд (наглядное пособие).
3.	Аудитория №106. Лаборатория сопротивления материалов и испытания элементов ракетной техники. Оборудование: Установка для деформации балки. Образцы из алюминия для испытаний. Тензостанция "Топаз". Вольтметр В7-27А-1.
4.	Аудитория для самостоятельной работы обучающегося - читальный зал Воткинского филиала ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»

**ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ
НА УЧЕБНЫЙ ГОД**

Рабочая программа дисциплины утверждена на ведение учебного процесса в учебном году

Учебный год	«Согласовано»: заведующий кафедрой, ответственной за РПД (подпись, дата):
2018-2019	<i>Изменений нет</i> <i>У</i> - Уразбахтин Ф.Ф. 25.08.2018г.
2019-2020	<i>Изменений нет</i> <i>У</i> - Уразбахтин Ф.Ф. 26.08.2019г.
2020-2021	
2021-2022	
2022-2023	
2023-2024	
2024-2025	

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Воткинский филиал
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)
Кафедра «Ракетостроение»
(наименование кафедры)

	УТВЕРЖДЕН на заседании кафедры «24» августа 2018 г., протокол № 1 Заведующий кафедрой  Уразбахтин Ф.А. (подпись)
--	--

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ДИНАМИКА КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА
(наименование дисциплины)

24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов.

Специализация – РАКЕТЫ С РАКЕТНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ТВЕРДОГО
ТОПЛИВА

(наименование профиля/специализации/магистерской программы)

Специалист

Квалификация (степень) выпускника

Воткинск 2018

Содержание

Раздел	Стр.
Содержание	2
Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Динамика конструкций летательного аппарата»	3
1. Зачетно-экзаменационные материалы	3
2. Комплекты оценочных средств	4
3. Темы для самостоятельной работы	5
4. Критерии формирования оценок на зачете	6

Паспорт
фонда оценочных средств по дисциплине

«ДИНАМИКА КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА»

(наименование дисциплины)

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Колебания систем с одной степенью свободы	ОПК-2, ПК-1, ПК-3	
2	Методы решения задач о собственных колебаниях механических систем	ОПК-2, ПК-1, ПК-3	
3	Расчет колебаний конструкций и элементов ракетной техники	ОПК-2, ПК-1, ПК-3	Собеседование по вопросам по лекционному материалу
4	Ударное демпфирование колебаний	ОПК-2, ПК-1, ПК-3	
5	Виброизоляция	ОПК-2, ПК-1, ПК-3	Темы для самостоятельной работы
6	Расчет элементов и частей ракеты на удар	ОПК-2, ПК-1, ПК-3	Собеседование по вопросам по лекционному материалу

* Наименование темы (раздела) или тем (разделов) берется из рабочей программы дисциплины.

1. Зачетно-экзаменационные материалы

Перечень контрольных вопросов для проверки остаточных знаний и для проведения зачета.

1. Степени свободы. Способы образования механических моделей.
2. Общая характеристика сил, действующих при колебаниях.
3. Классификации колебаний.
4. Методы составления дифференциальных уравнений колебаний.
5. Характеристики собственных колебаний.
6. Приближенные формулы для оценки низшей собственной частоты.
7. Метод Рэлея-Ритца.
8. Метод последовательных приближений.
9. Методы прогонки и начальных параметров.
10. Колебания системы «твердое тело - упругий стержень».
11. Продольные колебания корпуса ракеты.
12. Поперечные колебания корпуса ракеты.
13. Расчет частот собственных колебаний твердого тела на пружинах.
14. Расчет колебаний груза, укрепленного на конце кронштейна.
15. Расчет систем с распределенными параметрами (продольные колебания).
16. Расчет систем с распределенными параметрами (поперечные колебания).

* * *

17. Схемы ударных демпферов.
18. Демпфирование изгибных колебаний шарнирно закрепленных по концам стержней.
19. Демпфирование колебаний вертикальных консольных стержней по первому и второму тонам.
20. Демпфирование высокочастотных колебаний консольного стержня с сосредоточенным грузом на конце.
21. Принципы виброизоляции двигательных установок от корпуса летательного аппарата.
22. Расчет частот собственных трехсвязных колебаний силовых установок.
23. Расчет частот колебаний.
24. Определение моментов инерции двигателей.
25. Колебания кругового кольца.
26. Колебания мембран
27. Колебания пластин.
28. Колебания грузов на пружинах.
29. Колебания гладких цилиндрических оболочек.
30. Колебания ребренных цилиндрических оболочек.
31. Колебания гладких конических оболочек.
32. Колебания ребренных конических оболочек.

2. Комплекты оценочных средств

2.1. Вопросы к собеседованию по лекционному материалу на темы «*Колебания систем с одной степенью свободы. Методы решения задач о собственных колебаниях механических систем. Расчет колебаний конструкций и элементов ракетной техники*»:

- Степени свободы. Способы образования механических моделей.
- Общая характеристика сил, действующих при колебаниях.
- Классификации колебаний.
- Методы составления дифференциальных уравнений колебаний.
- Характеристики собственных колебаний.
- Приближенные формулы для оценки низшей собственной частоты.
- Метод Рэлея-Ритца.
- Метод последовательных приближений.
- Методы прогонки и начальных параметров.

- Колебания системы «твердое тело - упругий стержень».
- Продольные колебания корпуса ракеты.
- Поперечные колебания корпуса ракеты.
- Расчет частот собственных колебаний твердого тела на пружинах.
- Расчет колебаний груза, укрепленного на конце кронштейна.
- Расчет систем с распределенными параметрами (продольные колебания).
- Расчет систем с распределенными параметрами (поперечные колебания).

На собеседовании задается три вопроса. Критерии формирования оценок по результатам собеседования:

- **«неудовлетворительно»** - обучающийся не ответил правильно ни на один вопрос;
- **«удовлетворительно»** - обучающийся развернуто и правильно ответил на один вопрос.
- **«хорошо»** - обучающийся развернуто и правильно ответил на два вопроса.
- **«отлично»** - обучающийся развернуто и правильно ответил на три вопроса.

2.2. Вопросы к собеседованию по лекционному материалу на темы: «Ударное демпфирование колебаний. Виброизоляция. Расчет элементов и частей ракеты на удар»:

- Схемы ударных демпферов.
- Демпфирование изгибных колебаний шарнирно закрепленных по концам стержней.
- Демпфирование колебаний вертикальных консольных стержней по первому и второму тонам.
- Демпфирование высокочастотных колебаний консольного стержня с сосредоточенным грузом на конце.
- Принципы виброизоляции двигательных установок от корпуса летательного аппарата.
- Расчет частот собственных трехсвязных колебаний силовых установок.
- Расчет частот колебаний.
- Определение моментов инерции двигателей.
- Колебания кругового кольца.
- Колебания мембран
- Колебания пластин.
- Колебания грузов на пружинах.
- Колебания гладких цилиндрических оболочек.
- Колебания ребренных цилиндрических оболочек.
- Колебания гладких конических оболочек.
- Колебания ребренных конических оболочек.

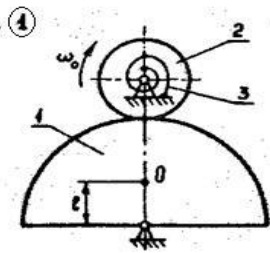
На собеседовании задается три вопроса. Критерии формирования оценок по результатам собеседования:

- **«неудовлетворительно»** - обучающийся не ответил правильно ни на один вопрос;
- **«удовлетворительно»** - обучающийся развернуто и правильно ответил на один вопрос.
- **«хорошо»** - обучающийся развернуто и правильно ответил на два вопроса.
- **«отлично»** - обучающийся развернуто и правильно ответил на три вопроса.

3. Темы для самостоятельной работы

Варианты заданий для самостоятельной работы: выполнение расчетно-графической работы

1. *Расчетно-графическая работа 1.* Малые колебания механических систем с одной степенью свободы.



Вариант задания: Механизм, состоит из полукруглого зубчатого сектора 1, шестерни 2 и спиральной пружины 3. Пружина не деформирована, когда центр тяжести точка O сектора находится на вертикали, проходящей через оси вращения сектора и шестерни. Сектор и шестерня являются однородными дисками. Масса сектора $m_1 = 8,00 \text{ кг}$, радиус сектора $R = 0,30 \text{ м}$, масса шестерни $m_2 = 2,00 \text{ кг}$, радиус шестерни $r = 0,10 \text{ м}$, жесткость пружины $C = 11,760 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}$, расстояние до центра тяжести сектора -

$$l = \frac{4}{3 \cdot \pi} R \approx 0,125 \text{ м}.$$

Составить дифференциальное уравнение движения системы и найти амплитуду малых угловых колебаний сектора, если шестерне сообщили в положении равновесия угловую скорость $\omega_0 = 10,00 \frac{1}{\text{с}}$.

2. *Расчетно-графическая работа 2.* Определение частот и форм колебаний механических систем с распределенными параметрами.

Вариант задания: определить основную частоту и форму продольных колебаний одноступенчатой ракеты во время старта. Распределение масс и жесткости на растяжение-сжатие по длине задано таблицей. Отсчет координат производится от начала головной части.

$x, \text{ м}$	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0
$M, \text{ кг} \times 10^2$		20	20	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5
$EF, \text{ Н} \times 10^9$	0,5	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0

4. Критерии формирования оценок на зачете

Допущенным к зачету считается обучающийся:

- имеющий конспект 100% лекций;
- выполнивший все лабораторные задания;
- получивший «удовлетворительно» и выше оценки на собеседованиях;
- выполнивший расчетно-графические работы.

На зачет задается три вопроса. Оценки «Зачтено» заслуживает обучающийся, который развернуто и правильно ответил на два вопроса или ответил на три вопроса с небольшими погрешностями или наводящими вопросами.

5. Методика организации текущего контроля

Вид обучения	Номер контрольной точки (КТ)	Темы лекций, практические занятия, лабораторные работы рабочей программы, подлежащие контролю (номер из 4.1)						Форма и методы контроля КТ	Номер раздела с РП примерными заданиями	Максимальный балл по каждой форме контроля
		1	2	3	4	5	6			
1	2	3	4	5	6	7		4	5	6
Лекции	1А	*	*	*	*			Письменно конт.раб.1	6.1	30
	2А					*	*	Письменно конт.раб.2	6.1	30
	3А	*	*	*	*	*	*	Устно доп. вопросы	6.3	10
Практические занятия (семинары)	1А		*	*	*			Работа на занятии Устно доп. вопросы	4.3	5
	2А					*	*	Работа на занятии Устно доп. вопросы	4.3	5
	3А		*	*	*	*	*	Устно доп. вопросы	4.3	5
Лабораторные занятия	1А									
	2А									
	3А									
Самостоятельная работа	1А		*	*	*			Выполнение РГР-1.	6.2	5
		*	*	*	*			Задания к темам лекций и практическим занятиям.	6.1	
	2А					*	*	Выполнение РГР-2.	6.2	5
						*	*	Задания к темам лекций и практическим занятиям.	6.1	
Посещение занятий	1А	*	*	*	*				-	5
	2А					*	*		-	5
Зачет	В конце семестра	*	*	*	*	*	*	Собеседование	6.3	
Всего баллов									90/100	

Обозначения, используемые в таблице:

1А, 2А,3А– 1, 2,3 контрольная точка (аттестация)