

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»)



Рабочая программа

По дисциплине: **Теория колебаний**

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. (уровень специалитета) №1517 от 01.12.2016 г. и утверждена на заседании кафедры.

Протокол от 20 апреля 2019 г. №8__

Заведующий кафедрой «Ракетостроение»

 /Ф.А.Уразбахтин

22 апреля 2019 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.
24 апреля 2019 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.

25 апреля 2019 г.

Название дисциплины		Теория колебаний					
Номер	83		Академический год		2019/2020	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 Ф.А., д.т.н., профессор						
Цели и задачи дисциплины, основные темы	Целью преподавания дисциплины является изучение: основных моделей и закономерностей колебательных явлений и процессов, их приложение к конкретным техническим ситуациям; общих методов исследования подобных явлений, независимо от их конкретной природы; особенностей проявления колебаний в элементах ракетной техники. Задачи: формирование у студентов знаний, умений, навыков и компетенций в области оценки динамических свойств ракетных конструкций; показать студентам, как можно распознавать в сложных процессах, возникающих в конкретных задачах техники, основные (элементарные) колебательные явления и свести исходную проблему к анализу этих моделей; достичь понимания студентами основных колебательных процессов на простых моделях и системах (резонанс, устойчивость, параметрические колебания, автоколебания); научить пользоваться основными методами расчета. Знания: физической картины возникновения колебательных процессов; методов расчета собственных частот при свободных и вынужденных колебаниях, вызванных различными внешними возмущениями; методик анализа колебательных процессов в элементах ракетной техники. Умения: составлять математическую модель колебаний изучаемого объекта; определять собственные частоты систем с одной степенью свободы; находить частотные спектры систем с распределенными параметрами; вычислять амплитуды вынужденных колебаний. Навыки: составления и решения математических уравнений колебательных процессов; применения методов расчета динамических характеристик при свободных колебаниях систем; вычисления динамических характеристик при вынужденных колебаниях систем; проведения компьютерного моделирования колебательных процессов; анализа колебательных процессов в элементах ракетной техники. Лекции (основные темы): Основные понятия и определения. Свободные колебания. Вынужденные колебания. Параметрические колебания и автоколебания. Колебания ракеты как системы с распределенными параметрами. Колебания элементов ракетной техники. Практические занятия: Параметрические колебания и автоколебания. Колебания ракеты как системы с распределенными параметрами. Лабораторные работы: Свободные колебания. Вынужденные колебания. Колебания элементов ракетной техники.						
Основная литература	1. Семенихина Д. В. Компьютерный лабораторный практикум по теории колебаний. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. текстовые данные. — Таганрог: Южный федеральный университет, 2015. — 84 с. — 978-5-9275-1815-9. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/68216.html. 2. 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.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2009. -16 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31347.						
Технические средства	стандартно оборудованная лекционная аудитория, компьютерный класс						
Компетенции	Приобретаются студентами при освоении модуля						
Общекультурные	-						
Профессиональные	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 CALS-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).						
Зачетных единиц	2	Форма проведения занятий	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
		Всего часов	16	8	8	40	
Виды контроля	Диф.зач /зач/ экз	КП/КР	Условие зачета дисциплины	Получение оценки «зачтено»	Форма проведения самостоятельной работы	Выполнение расчетно-графических работ, подготовка к лекциям и практическим занятиям, зачету	
формы	зачет	нет					
Перечень модулей, знание которых необходимо для изучения модуля	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, Сопротивление материалов, Строительная механика.						

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является изучение: основных моделей и закономерностей колебательных явлений и процессов, их приложение к конкретным техническим ситуациям; общих методов исследования подобных явлений, независимо от их конкретной природы; 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 студентам, как можно распознавать в сложных процессах, возникающих в конкретных задачах техники, основные (элементарные) колебательные явления и свести исходную проблему к анализу этих моделей;
- достичь понимания студентами основных колебательных явлений на простых моделях и системах (резонанс, устойчивость, параметрические колебания, автоколебания);
- научить пользоваться основными методами расчета.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

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

уметь:

- составлять математическую модель колебаний изучаемого объекта;
- определять собственные частоты систем с одной степенью свободы;
- находить частотные спектры систем с распределенными параметрами;
- вычислять амплитуды вынужденных колебаний;

владеть навыками:

- составления и решения математических уравнений колебательных процессов;
- применения методов расчета динамических характеристик при свободных колебаниях систем;
- вычисления динамических характеристик при вынужденных колебаниях систем;
- проведения компьютерного моделирования колебательных процессов;
- анализа колебательных процессов в элементах ракетной техники.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО:

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, Сопротивление материалов, Строительная механика.

2.3. Для изучения дисциплины студент должен:

знать

- в объеме дисциплин математического цикла (математический анализ, обыкновенный 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 математических и естественно-научных дисциплин;
- 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 свободных и вынужденных колебаниях, вызванными 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 систем с одной степенью свободы.
3.	Находить частотные спектры систем с распределенными параметрами.
4.	Вычислять амплитуды вынужденных колебаний.

3.3. Навыки, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Навыки
1.	Составления и решения математических уравнений колебательных процессов.
2.	Применения методов расчета динамических характеристик при свободных колебаниях систем.
3.	Вычисления динамических характеристик при вынужденных колебаниях систем.
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).	1,2	1,2,4	1,3
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	1,2,3	1,2,4
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).	1,3	2,3,4	2,3,5

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.	Основные понятия и определения.	7	1 2	2				
2.	Свободные колебания.	7	3 4	2	2		16	Выдача РГР-1
3.	Вынужденные колебания.	7	5 6	2		2		
4.	Параметрические колебания и автоколебания.	7	7 8	2	2			Контрольная работа 1 Прием РГР-1 1 аттестация (8неделя)
5.	Колебания ракеты как системы с распределенными параметрами.	7	9 10 11 12 13 14	2 2 2	2	2 2	12	Выдача РГР-2

6.	Колебания элементов ракетной техники.	7	15 16	2	2	2	10	Контрольная работа 2 Прием РГР-2 2 аттестация (16неделя)
	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.	Основные понятия и определения. Способы образования механических моделей с конечным числом степеней свободы. Классификация сил, действующих при колебаниях. Классификация колебаний. Методы получения дифференциальных уравнений движения.	3 1 1 2	1 4 2,3 2,4	5 3 4 5
2.	Свободные колебания. Общие сведения о свободных колебаниях. Свободные колебания системы с одной степенью свободы без трения. Свободные колебания с одной степенью свободы при наличии трения. Свободные колебания систем с конечным числом степеней свободы.	1 2,3 2,3 2,3	1 2 2 2	1,5 2,3 2,3 2,3
3.	Вынужденные колебания. Системы с одной степенью свободы. Системы с одной степенью свободы при действии сил неупругого сопротивления. Системы с конечным числом степеней свободы. Стержневые системы с конечным числом степеней свободы при гармоническом нагружении. Крутильные колебания валов.	1 1,2 1,2 3 3	1 2 3 3,4 3,4	1 2 2,3 4,5 4,5
4.	Параметрические колебания и автоколебания. Уравнение Матье. Случай периодического изменения жесткости. Случай периодического изменения параметрических нагрузок. Маятник с колеблющейся точкой подвеса. Общие положения и примеры автоколебательных систем. Флаттер крыла в воздушном потоке.	1,2 2,3 2 2,3 3	1 2 3 4 4	1 2 3 4 5
5.	Колебания ракеты как системы с распределенными параметрами Свободные продольные колебания корпуса ракеты. Влияние вязкого трения. Свободные крутильные колебания. Свободные изгибные колебания корпуса ракеты. Колебания, вызываемые подвижной нагрузкой. Приближенные методы расчета колебаний. Вынужденные продольные колебания корпуса ракеты. Вынужденные изгибные колебания корпуса ракеты.	2,3 1 2,3 2,3 3 2 3 3	1,3 2 1,3 1,4 3,4 2 2,4 2,3	1,2,4 5 1,2,4 4,5 4 1,4 4,5 3,5

6.	Колебания элементов ракетной техники			
	Колебания круговых колец.	2,3	2,4	5,3
	Уравнения движения пластины постоянной толщины.	1,2	1,3	1,2
	Прямоугольная пластина постоянной толщины.	3	1,3	1,2
	Круглая пластина постоянной толщины.	3	2,4	3,4
	Методы Рэлея-Ритца к определению частот собственных колебаний пластинок	3	4,3	3,4
	Колебания оболочек.	3	1,3	5
	Основы расчета виброизоляции.			
	Автоматическая балансировка вращающихся стержней.	1	2,3	4,5
	Понятие о динамическом гасителе колебаний	1	1	1,4
	Расчет колебаний при ударе.	2	2	2,5

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

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование темы лабораторной работы и их содержание	Трудоемкость (час)
1	3.	Вынужденные колебания.	2
2	2.	Свободные колебания.	2
3	6.	Колебания элементов ракетной техники	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)
	2.	Свободные колебания.	2
1	4.	Параметрические колебания и автоколебания.	2
2	5.	Колебания ракеты как системы с распределенными параметрами.	2
3	6.	Колебания элементов ракетной техники	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

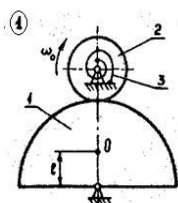
5.2. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля).

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) «Теория колебаний».

5.3. Примерные варианты заданий для расчетно-графических работ

Расчетно-графическая работа 1.

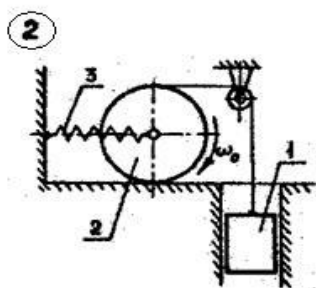
Малые колебания механических систем с одной степенью свободы



Вариант 1. Механизм, состоит из полукруглого зубчатого сектора 1, шестерни 2 и спиральной пружины 3. Пружина не деформирована, когда центр тяжести точка O 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 катушку 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	2,0	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.	Семенихина Д. В. Компьютерный лабораторный практикум по теории колебаний. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие. —	2015

	Электрон. текстовые данные. — Таганрог: Южный федеральный университет, 2015. — 84 с. — 978-5-9275-1815-9. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/68216.html	
2.	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.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2009. -16 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31347.html .	2006

б) дополнительная литература:

№ п/п	Наименование книги	Год издания
1.	Теория колебаний и волн [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / И. Р. Рябухов, Ю. М. Шапаренко. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2002. — 40 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/14917.html	2002

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.

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	Изменений нет <i>У</i> - Уразбахтин Ф.Ф. 25.08.2018 г.
2019-2020	Изменений нет <i>У</i> - Уразбахтин Ф.Ф. 26.08.2019 г.
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

« 20 » 04 2019 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой

 Уразбахтин Ф.А.
(подпись)

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ

(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 2019

Содержание

Раздел	Стр.
Содержание	2
Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Теория колебаний»	3
1. Зачетно-экзаменационные материалы	4
2. Комплекты оценочных средств	5
3. Темы для самостоятельной работы	7
4. Критерии формирования оценок на зачете	

Паспорт
фонда оценочных средств по дисциплине
ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ
(наименование дисциплины)

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия и определения.	ОПК-2, ПК-1, ПК-3	
2	Свободные колебания.	ОПК-2, ПК-1, ПК-3	
3	Вынужденные колебания.	ОПК-2, ПК-1, ПК-3	
4	Параметрические колебания и автоколебания.	ОПК-2, ПК-1, ПК-3	Собеседование по вопросам по лекционному материалу
5	Колебания ракеты как системы с распределенными параметрами.	ОПК-2, ПК-1, ПК-3	Темы для самостоятельной работы
6	Колебания элементов ракетной техники.	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. Определение собственной частоты и формы колебательной системы без трения.
7. Фазовый портрет колебаний с одной степенью свободы.
8. Определение динамических характеристик колебательных систем с вязким трением.
9. Способы составления дифференциальных уравнений колебаний систем с конечным числом степеней свободы.
10. Свободные колебания систем с конечным числом степеней свободы.
11. Кратные и нулевые корни частотного уравнения при колебаниях систем с конечным числом степеней свободы.
12. Влияние трения при свободных колебаниях систем с конечным числом степеней свободы.
13. Свободные поперечные колебания многомассовых стержней.
14. Силовое возбуждение колебаний.
15. Вынужденные колебания при действии гармонических сил.
16. Определение вынужденных колебаний при действии периодических импульсов.
17. Влияние вязкого трения при вынужденных колебаниях систем с одной степенью свободы.
18. Вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы.
19. Дифференциальное уравнение параметрических колебаний. Уравнение Матье.
20. Параметрический резонанс и способы его подавления.
21. Маятник с колеблющейся точкой подвеса.
23. Флаттер и борьба с флаттером.
24. Дифференциальное уравнение автоколебаний.
25. Флаттер крыла в воздушном потоке.
26. Вывод дифференциального уравнения свободных продольных колебаний ракеты (в виде стержня).
27. Формы и частоты свободных продольных колебаний ракеты (в виде стержня) при различных граничных условиях.
28. Вывод дифференциального уравнения свободных крутильных колебаний стержня.
29. Определение частот свободных колебаний валов.
30. Вывод дифференциального уравнения свободных изгибных колебаний ракеты (в виде стержня).
31. Формы и частоты свободных изгибных колебаний ракеты (в виде стержня) при различных граничных условиях.
32. Определение частот изгибных колебаний стержня с постоянной продольной силой.
33. Влияние вязкого трения на частоты продольных колебаний стержня.
34. Теорема и метод Рэлея.
35. Метод Ритца.
36. Формула Донкерлея.
37. Метод начальных параметров.
38. Метод последовательных приближений.
39. Дифференциальное уравнение продольных колебаний стержней при действии сосредоточенной гармонической силы.
40. Формы и частоты продольных колебаний стержней при действии сосредоточенной гармонической силы.
41. Дифференциальное уравнение изгибных колебаний стержней при действии сосредоточенной гармонической силы.
42. Формы и частоты изгибных колебаний стержней при действии сосредоточенной гармонической силы.
43. Вывод дифференциального уравнения колебаний в плоскости кольца.
44. Частоты собственных колебаний в плоскости кольца.
45. Вывод дифференциального уравнения колебаний перпендикулярно плоскости кольца.
46. Частоты собственных колебаний перпендикулярно плоскости кольца.
47. Уравнение движения пластины постоянной толщины.

48. Колебания пластины, шарнирно-опертой по противоположным сторонам.
49. Определение форм и частот колебаний круглой пластины постоянной толщины.
50. Определение частот собственных колебаний пластинок приближенными методами.
51. Определение частот собственных колебаний оболочек по формуле Рэлея.
52. Колебания оболочек без растяжения срединной поверхности.
53. Уравнения движения оболочек.
54. Определение коэффициента виброизоляции.
55. Балансировка вращающихся валов. Критическая скорость вращения.
56. Динамический гаситель колебаний.

2. Комплекты оценочных средств

2.1. Вопросы к собеседованию по лекционному материалу на темы: *Основные понятия и определения. Свободные колебания. Вынужденные колебания. Параметрические колебания и автоколебания:*

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. Определение собственной частоты и формы колебательной системы без трения.
7. Фазовый портрет колебаний с одной степенью свободы.
8. Определение динамических характеристик колебательных систем с вязким трением.
9. Способы составления дифференциальных уравнений колебаний систем с конечным числом степеней свободы.
10. Свободные колебания систем с конечным числом степеней свободы.
11. Кратные и нулевые корни частотного уравнения при колебаниях систем с конечным числом степеней свободы.
12. Влияние трения при свободных колебаниях систем с конечным числом степеней свободы;
- Свободные поперечные колебания многомассовых стержней.
13. Силовое возбуждение колебаний.
14. Вынужденные колебания при действии гармонических сил.
15. Определение вынужденных колебаний при действии периодических импульсов.
16. Влияние вязкого трения при вынужденных колебаниях систем с одной степенью свободы.
17. Вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы.
18. Дифференциальное уравнение параметрических колебаний. Уравнение Матье.
19. Параметрический резонанс и способы его подавления.
20. Маятник с колеблющейся точкой подвеса.
21. Флаттер и борьба с флаттером.
22. Дифференциальное уравнение автоколебаний.
23. Флаттер крыла в воздушном потоке.

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: Колебания ракеты как системы с распределенными параметрами. Колебания элементов ракетной техники:

1. Вывод дифференциального уравнения свободных продольных колебаний ракеты (в виде стержня).
2. Формы и частоты свободных продольных колебаний ракеты (в виде стержня) при различных граничных условиях.
3. Вывод дифференциального уравнения свободных крутильных колебаний стержня;
4. Определение частот свободных колебаний валов.

5. Вывод дифференциального уравнения свободных изгибных колебаний ракеты (в виде стержня).
6. Формы и частоты свободных изгибных колебаний ракеты (в виде стержня) при различных граничных условиях.
7. Определение частот изгибных колебаний стержня с постоянной продольной силой.
8. Влияние вязкого трения на частоты продольных колебаний стержня.
9. Теорема и метод Рэлея.
10. Метод Ритца.
11. Формула Донкерлея.
12. Метод начальных параметров.
13. Метод последовательных приближений.
14. Дифференциальное уравнение продольных колебаний стержней при действии сосредоточенной гармонической силы.
15. Формы и частоты продольных колебаний стержней при действии сосредоточенной гармонической силы.
16. Дифференциальное уравнение изгибных колебаний стержней при действии сосредоточенной гармонической силы.
17. Формы и частоты изгибных колебаний стержней при действии сосредоточенной гармонической силы.
18. Вывод дифференциального уравнения колебаний в плоскости кольца.
19. Частоты собственных колебаний в плоскости кольца.
20. Вывод дифференциального уравнения колебаний перпендикулярно плоскости кольца.
21. Частоты собственных колебаний перпендикулярно плоскости кольца.
22. Уравнение движения пластины постоянной толщины.
23. Колебания пластины, шарнирно-опертой по противоположным сторонам.
24. Определение форм и частот колебаний круглой пластины постоянной толщины.
25. Определение частот собственных колебаний пластинок приближенными методами.
26. Определение частот собственных колебаний оболочек по формуле Рэлея.
27. Колебания оболочек без растяжения срединной поверхности.
28. Уравнения движения оболочек.
29. Определение коэффициента виброизоляции.
30. Балансировка вращающихся валов. Критическая скорость вращения.
31. Динамический гаситель колебаний.

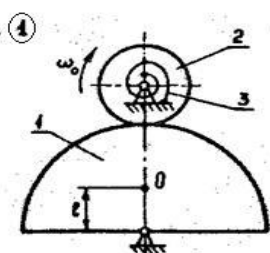
На собеседовании задается три вопроса. Критерии формирования оценок по результатам собеседования:

- «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	26,0	28,0
$M, \text{ кг} \times 10^2$		20	20	3	5	5	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	2,0	2,5

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 зачете 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

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	8	4	5	6
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)