

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 18 » марта 20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Динамика и устойчивость конструкций и механических систем
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 15.04.03 Прикладная механика
(код и наименование направления)

Направленность: Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Ознакомление студентов с основными положениями курса, исследующего вопросы динамического поведения машиностроительных конструкций и их элементов; ознакомление с основными методами исследования устойчивости механических систем и элементов машиностроительных конструкций.

Задачи дисциплины:

- формирование знаний современных подходов и методов решения задач по динамике и устойчивости механических систем;
- формирование умений проводить вычислительные эксперименты для исследования динамических процессов в механических системах, решения вопросов устойчивости;
- формирование навыков владения методиками применения программных средств для проведения вычислительных экспериментов, навыками анализа результатов численного эксперимента.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- механические системы и машины, конструкции и их элементы сложной пространственной геометрии, нагруженные реальными динамическими воздействиями;
- современные приближенные методы и прикладные пакеты для определения динамических характеристик механических систем, методы анализа свободных и вынужденных колебаний.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знает современные подходы и методы решения задач по динамике и устойчивости механических систем.	Знает современные и эффективные численные методы, алгоритмические языки, пакеты прикладных программ, средств представления результатов для численного решения задач механики;	Коллоквиум

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Умеет проводить вычислительные эксперименты для исследования динамических процессов в механических системах, решения вопросов устойчивости	Умеет осуществлять численное решение задачи механики с использованием современных эффективных методов и средств, в том числе численных методов, алгоритмических языков, пакетов прикладных программ, средств представления результатов, выполнять качественный анализ результатов расчета;	Защита лабораторной работы
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет методиками применения программных средств для проведения вычислительных экспериментов, навыками анализа результатов численного эксперимента	Владеет навыками численного решения задач механики с использованием современных эффективных методов и средств, а также выполнять качественный анализ результатов расчета.	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	9	9	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	25	25	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
2-й семестр				
Динамические расчеты режимов механических систем	3	14	15	38
<p>Тема 1. Динамические расчеты рабочих режимов. Вариационная постановка задачи о свободных колебаниях трехмерного упругого тела. Применение метода Релея-Ритца к задачам о свободных колебаниях трехмерных упругих тел. Полуаналитический метод конечных элементов в задачах динамики геометрически осесимметричных, циклически симметричных трехмерных упругих конструкций и тел, обладающих поворотной циклической симметрией. Колебания осесимметричных оболочек со сложной образующей. Пространственные частоты и формы колебаний осесимметричных элементов машиностроительных конструкций. Учет влияния напряженного состояния на собственные значения.</p> <p>Тема 2. Вынужденные колебания элементов конструкций. Природа диссипативных сил в конструкциях. Некоторые модели рассеяния энергии в распределенных системах. Линейная вязкоупругая среда, как модель системы с внутренним трением. Методы построения периодических решений динамических задач с учетом линейной вязкоупругости. Прямой метод решения задачи о вынужденных установившихся колебаниях пространственных машиностроительных конструкций. Амплитудно-частотная характеристика системы. Влияние демпфирующих свойств системы на частоту и амплитуду вынужденных колебаний. Метод разложения по собственным формам. Примеры реализации на практике.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Динамический анализ роторных машин	1	0	0	17
<p>Тема 3. Влияние вращения на динамическое поведение конструкций и балансировка роторных машин.</p> <p>Методы реализации задачи балансировки. Автоматическая балансировка. Критические состояния вращающихся валов и роторов. Модельные задачи: критические состояния жесткого ротора на упругих опорах, исследование динамики ротора вертолета, самоуравновешивание роторов и роторных систем. Расчетные и математические модели в задачах динамического поведения вращающихся деформируемых конструкций.</p>				
Устойчивость конструкций механических систем	5	4	10	35
<p>Тема 4. Устойчивость состояния равновесия и стационарных режимов движения.</p> <p>Устойчивость состояния равновесия. Теоремы Лагранжа. Линейные и линеаризованные уравнения равновесия упругих систем. Метод Эйлера. Приближенные и численные методы определения собственных значений краевых задач. Критерий Сильвестра.</p> <p>Малые колебания системы около положения устойчивого равновесия. Устойчивость движения системы с конечным числом степеней свободы. Дифференциальные уравнения возмущенного движения системы. Исследование возможных решений уравнения возмущенного движения.</p> <p>Тема 5. Устойчивость упругих систем.</p> <p>Постановка задач устойчивости тонкостенных систем. Энергетический метод решения задач устойчивости. Метод Релея-Ритца в задачах устойчивости.</p> <p>Устойчивость прямолинейных стержней. Закритическое поведение стержней. Устойчивость криволинейных стержней.</p> <p>Устойчивость пластин. Устойчивость оболочек.</p> <p>Постановка задачи об устойчивости пространственных упругих конструкций с учетом неконсервативности системы.</p> <p>Тема 6. Введение в теорию устойчивости</p> <p>Определение устойчивости движения по Ляпунову. Основные понятия и критерии теории устойчивости линейных систем. Простейшие типы точек покоя. Уравнение в возмущениях.</p> <p>Функции Ляпунова и их применение. Определение устойчивости движения по Ляпунову. Прямой метод Ляпунова. Теоремы об устойчивости</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
движения. Теоремы о неустойчивости движения. Способы построения функций Ляпунова. Теорема Лагранжа как следствие теоремы Ляпунова об устойчивости движения. Циклические координаты. Устойчивость по первому приближению. Влияние структуры сил на устойчивость движения.				
ИТОГО по 2-му семестру	9	18	25	90
ИТОГО по дисциплине	9	18	25	90

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Аналитические методы исследования колебаний стержней с бесконечным числом степеней свободы
2	Свободные колебания прямоугольных пластин. Аналитическое решение
3	Вывод дифференциального уравнения колебания пластин. Учет граничных условий
4	Свободные колебания круглых пластин. Реализация граничных условий. Функции Бесселя
5	Метод обратных итераций при решении задач на собственные значения. Разработка алгоритма решения задачи о свободных колебаниях пластин
6	Метод парабол отыскания корней алгебраических и трансцендентных уравнений в задачах на собственные значения для изгибных колебаний
7	Метод разложения по собственным формам в задачах о вынужденных колебаниях пластин
8	Теорема Лагранжа-Дирихле. Критерий Сильвестра. Устойчивость равновесного состояния консервативных систем
9	Дифференциальные уравнения возмущенного движения
10	Устойчивость упругих стержней (формула Эйлера, статический, динамический, энергетический подходы к решению задач устойчивости)
11	Устойчивость пластин и оболочек
12	Теоремы Ляпунова об устойчивости движения

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Приближенные методы определения собственных частот колебаний механических систем
2	Численная реализация метода обратных итераций при решении задач на собственные значения. Разработка алгоритма решения задачи о свободных колебаниях пластин
3	Численная реализация решения задачи о вынужденных колебаниях пластин

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
4	Анализ поведения конструкции за пределами устойчивости

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Анализ динамических характеристик пространственных систем с учетом предварительного напряженного состояния
2	Исследование роторных систем при различных параметрах
3	Устойчивость параметрически возбуждаемых колебаний
4	Моделирование явления флаттера

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Паршаков А. Н. Современное введение в физику колебаний : учебное пособие / А. Н. Паршаков. - Долгопрудный: Интеллект, 2013.	15
2	Шевелев Н.А. Аналитическая динамика и теория колебаний : учебное пособие. Исследование динамики механических систем / Н.А. Шевелев, Т.Е. Мельникова. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	47
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Динамика механизмов : учебное пособие / А. А. Головин [и др.] ; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана; Под ред. А. А. Головина .— 2-е изд., испр. и доп .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006 .— 159 с	11
2	Лекции по основам теории вибрационных машин и технологий : учебное пособие для вузов / Г. Я. Пановко ; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008 .— 192 с.	73
3	Прикладная теория механических колебаний : учебное пособие для вузов / В.Л.Бидерман .— М. : Высш. шк., 1972 .— 416 с.	25
4	Теория колебаний : учебное пособие для вузов / И. М. Бабаков .— 4-е изд., испр .— Москва : Дрофа, 2004 .— 592 с.	127
5	Теория колебаний : учебное пособие для вузов / М. М. Ильин, К. С. Колесников, Ю. С. Саратов ; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана .— 2-е изд., стер .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003 .— 271 с.	49
6	Устойчивость движения и равновесия : учебник для ву-зов / Н. А. Алфутов, К. С. Колесников ; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана .— 2-е изд., стер .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003 .— 253 с.	50
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Аналитическая динамика и теория колебаний : учебное пособие. Исследование динамики механических систем / Н.А. Шевелев, Т.Е. Мельникова ; Пермский государственный технический университет . – Пермь : Изд-во ПГТУ, 2007.– 44 с.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2619	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Мультимедиа-проектор	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютерный класс	8
Лекция	Компьютер для показа презентаций или ноутбук	1
Лекция	Мультимедиа-проектор	1
Практическое занятие	Компьютерный класс	8

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
