



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

В.Н. Коротаев

» 2017г.



**Рабочая программа дисциплины
«Динамика деформируемых тел»**

Направление подготовки	01.06.01 Математика и механика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Механика деформируемого твердого тела
Научная специальность	01.02.04 Механика деформируемого твердого тела
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающие кафедры	Вычислительная математика и механика (ВМиМ) Математическое моделирование систем и процессов (ММСП) Динамика и прочность машин (ДПМ) Прикладная физика (ПФ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 4
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	2 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	72 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт:	4

Пермь 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Динамика деформируемых тел» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 866 от 30 июля 2014 г. по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика;
- Общая характеристика образовательной программы;
- Паспорт научной специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры ВМиМ

Протокол от «1» июня 2017г. № 11.

Зав. кафедрой д.техн.н., профессор



Труфанов Н.А.

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры ММСП

Протокол от «12» мая 2017г. № 12.

Зав. кафедрой д.физ.-мат.н., профессор



Трусов П.В.

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры ДПМ

Протокол от «29» мая 2017г. № 18.

Зав. кафедрой д.техн.н., профессор



Матвеенко В.П.

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры ПМ

Протокол от «24» июня 2017г. № 17.

Зав. кафедрой д. физ.-мат.н., профессор



Брацун Д.А.

Разработчик программы д.физ.-мат.н., доцент

Келлер И.Э.

Руководитель программы д.техн.н., профессор



Труфанов Н.А.

Согласовано:

Начальник УПКВК



Л.А. Свисткова

1. Общие положения

1.1. Цель изучения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Динамика деформируемых тел» является формирование культуры применения существующих и разработки новых подходов, моделей и экспериментальных методик исследования динамических систем, необходимой при выполнении научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

В процессе изучения дисциплины «Динамика деформируемых тел» аспирант формирует части следующих компетенций:

- ПК-2 (способность самостоятельно развивать, осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы для эффективного решения задач изучения закономерностей процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов различной природы, а также напряженно-деформированного состояния твердых тел из этих материалов, при механических, тепловых, радиационных, статических и динамических воздействиях в пассивных и активных, газовых и жидких средах и полях различной природы),
- ПК-4 (способность самостоятельно выполнять научные исследования в области механики деформируемого твердого тела для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства; решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня),
- ПК-5 (самостоятельное овладение современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ и проводить с их помощью исследования динамики, прочности, устойчивости, надежности для специализированных задач механики деформируемого твердого тела).

1.2. Задачи изучения динамики деформируемых тел

Задачами изучения дисциплины «Динамика деформируемых тел» являются:

- приобретение навыков качественного и количественного исследования колебательных и волновых явлений в конечномерных и распределенных механических системах, включая параметрические и нелинейные колебания и волны, автоколебания и автоволны, ударные волны, бифуркационных явлений и явлений параметрического резонанса, синхронизации;
- приобретение навыков использования методов экспериментального исследования динамических явлений в конструкциях, современного экспериментального оборудования и современных методов модального анализа, виброиспытаний, верификации и подтверждения математических моделей;
- приобретение навыков решения прикладных задач – виброизоляции, автоматического регулирования, балансировки роторов, некоторых обратных задач.

1.3. Предметы освоения дисциплины

Предметами освоения дисциплины «Динамика деформируемых тел» являются

- параметрические, нелинейные колебания и автоколебания механических систем;
- линейные, нелинейные и ударные волны в деформируемых твердых телах;
- методы теоретического исследования динамических систем.
- методы динамических испытаний конструкций и современное экспериментальное оборудование для исследования динамических явлений в конструкциях;
- методы решения некоторых прикладных задач динамики.

1.4. Место динамики деформируемых тел в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.ДВ.02.6 «Динамика деформируемых тел» является дисциплиной по выбору из вариативной части учебного плана подготовки аспиранта.

2. Перечень планируемых результатов обучения аспирантов дисциплине «Динамика деформируемых тел», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения динамики деформируемых тел аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

- знать** – методы качественного и количественного исследования колебательных и волновых явлений в конечномерных и распределенных механических системах, включая параметрические и нелинейные колебания и волны, автоколебания и автоволны, ударные волны, бифуркационных явлений и явлений параметрического резонанса, синхронизации;
- методы решения типовых прикладных задач – виброизоляции, автоматического регулирования, балансировки роторов;
- методы экспериментального исследования динамических явлений в конструкциях, современного экспериментального оборудования и современных методов модального анализа, виброиспытаний, верификации и подтверждения математических моделей;
- уметь** – идентифицировать динамическое явление и выбирать подходящую теорию для исследования колебательных и волновых явлений в машинах и конструкциях;
- решать типовые и нестандартные прикладные задачи, включая задачи виброизоляции, балансировки роторов и др.;
- выбирать современное экспериментальное оборудование и прикладное программное обеспечение для исследования динамических явлений в машинах и конструкциях;
- владеть** – навыками качественного и количественного исследования колебательных и волновых явлений в машинах и конструкциях;
- навыками применения методов модального анализа, вибрационных испытаний, верификации и подтверждения математических моделей динамического поведения конструкций;
- навыками экспериментального и численного исследования динамического поведения конструкций.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

<p>Код ПК-2</p>	<p>Формулировка компетенции Способность самостоятельно развивать, осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы для эффективного решения задач изучения закономерностей процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов различной природы, а также напряженно-деформированного состояния твердых тел из этих материалов, при механических, тепловых, радиационных, статических и динамических воздействиях в пассивных и активных, газовых и жидких средах и полях различной природы</p>
<p>Код ПК-2 Б1.ДВ.02.6</p>	<p>Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность самостоятельно развивать, осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы для эффективного решения задач прочности и ресурса машин и конструкций при динамических воздействиях</p>

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – методы качественного и количественного исследования колебательных и волновых явлений в конечномерных и распределенных механических системах, включая параметрические и нелинейные колебания и волны, автоколебания и автоволны, ударные волны, бифуркационных явлений и явлений параметрического резонанса, синхронизации	Самостоятельная работа аспирантов, индивидуальные консультации научного руководителя.	Собеседование.
Уметь: – идентифицировать динамическое явление и выбирать подходящую теорию для исследования колебательных и волновых явлений в машинах и конструкциях	Самостоятельная работа аспирантов, выполнение заданий научного руководителя, подготовка отчета.	Собеседование. Анализ отчета аспирантов.
Владеть: – навыками качественного и количественного исследования колебательных и волновых явлений в машинах и конструкциях	Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета.	Собеседование. Анализ отчета аспирантов.

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-4

Код ПК-4	Формулировка компетенции Способность самостоятельно выполнять научные исследования в области механики деформируемого твердого тела для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства; решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультidisциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)
Код ПК-4 Б1.ДВ.02.6	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность самостоятельно выполнять научные исследования в области динамики, требующие разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультidisциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – методы решения типовых прикладных задач – виброизоляции, автоматического регулирования, балансировки роторов	Самостоятельная работа аспирантов, индивидуальные консультации научного руководителя.	Собеседование.

Уметь: – решать типовые и нестандартные прикладные задачи, включая задачи виброизоляции, балансировки роторов и др.	<i>Самостоятельная работа аспирантов, выполнение заданий научного руководителя, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>
Владеть: – навыками применения методов модального анализа, вибрационных испытаний, верификации и подтверждения математических моделей динамического поведения конструкций;	<i>Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>

2.3. Дисциплинарная карта компетенции ПК-5

Код ПК-5	Формулировка компетенции Самостоятельно овладевать современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ и проводить с их помощью исследования динамики, прочности, устойчивости, надежности для специализированных задач механики деформируемого твердого тела
-----------------	---

Код ПК-5 Б1.ДВ.02.6	Формулировка дисциплинарной части компетенции Самостоятельно овладевать современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ и проводить с их помощью исследования динамики, прочности, устойчивости, надежности для специализированных задач механики деформируемого твердого тела
----------------------------	--

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – методы экспериментального исследования динамических явлений в конструкциях, современного экспериментального оборудования и современных методов модального анализа, виброиспытаний, верификации и подтверждения математических моделей	<i>Самостоятельная работа аспирантов, индивидуальные консультации научного руководителя.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: – выбирать современное экспериментальное оборудование и прикладное программное обеспечение для исследования динамических явлений в машинах и конструкциях	<i>Самостоятельная работа аспирантов, выполнение заданий научного руководителя, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>
Владеть: – навыками экспериментального и численного исследования динамического поведения конструкций	<i>Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>

3. Структура учебной дисциплины «Динамика деформируемых тел»

Общая трудоемкость дисциплины «Механика сплошных сред» составляет 2 ЗЕТ (1 ЗЕТ = 36 час.).

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		4 семестр
1	Аудиторная работа	16
	В том числе:	
	Практические занятия (ПЗ)	16
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2
	Самостоятельная работа (СР)	54
	Итого:	
	Час.	72
	ЗЕТ	2
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Модульный тематический план

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (4 семестр)

Номер раз-дела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий					Трудоём-ность, ч / ЗЕ	
		аудиторная работа			КСР	Итоговый контроль		Самостоя-тельная работа
		всего	Л	ПЗ				
1	1			2			12	
	2			4			10	
	3			4			12	
2	4			4			12	
3	5			2			8	
Итого (4 семестр)				16	2		54	72/2
Итого:		18	0	16	2	0	54	72/2

4.2. Содержание учебной дисциплины

4.2.1. Содержание тем учебной дисциплины (4 семестр)

Тема 1. Нелинейные колебания. Основные модельные уравнения теории колебаний и нелинейных волн. Основные простейшие типы фундаментальных решений теории нелинейных колебаний и волн (периодические, волновые фронты, кинки, солитоны): уравнения Ван дер Поля, осциллятор Дуффинга, уравнение Хопфа, уравнения Бюргерса, Кортевега - де Фриза, синус Гордон и др. Основные простейшие типы решений теории нелинейных колебаний и волн (периодические, волновые фронты, кинки, солитоны). Качественная теория динамических систем. Динамическая система. Фазовое пространство и фазовая плоскость. Классификация особых точек ОДУ. Бифуркация Андронова Хопфа. Основные простейшие типы фундаментальных решений теории нелинейных колебаний и волн (периодические, волновые фронты, кинки, солитоны). (ПЗ – 2, СР -12)

Тема 2. Параметрические колебания и автоколебания. Маятник Капицы. Стабилизация неустойчивых состояний вибрациями. Уравнение Матье. Самосинхронизация. Регуляторы.

Эффект Зоммерфельда. Линейные динамические системы. Формула Коши. Случай постоянных коэффициентов. Теорема об устойчивости решений. Случай периодических коэффициентов. Матрица монодромии и построение ее спектра. Теорема об устойчивости решений. Маятник Фруда. Фрикционные автоколебания в машиностроении. Элементы качественного исследования нелинейных динамических систем. Бифуркация Андронова – Хопфа в автоколебательных системах. Уравнение Ван дер Поля. Качественное исследование фрикционной автоколебательной системы. (ПЗ – 4, СР -10)

Тема 3. Удар. Соударение с малыми скоростями. Задачи динамики конструкций. Неклассические модели динамики стержней, пластинок и оболочек. Уравнения С.П. Тимошенко, Рэлея-Лява, Бишопа и др. Распространение упругопластических волн. Волны одноосных деформаций. Волны в струнах и стержнях. Численное моделирование упругопластических волн. Экспериментальные методы изучения поведения материалов при высоких скоростях деформации. Стержень Гопкинсона – Кольского, метод прямого удара, цилиндр Тейлора. Явление тыльного откола при отражении импульса сжатия от поверхности тела. Проникание и пробивание твердых тел. Экспериментальные методы изучения проникания и пробивания твердых тел. (ПЗ – 4, СР -12)

Тема 4. Методы и средства измерения вибраций и удара. Передаточная функция системы с одной степенью свободы. Передаточная функция системы несколькими степенями свободы. Измерительные системы. Датчики. Системы вибрационного и баллистического нагружения. Цифровая обработка сигналов. Резонансный метод модального анализа. Ударный модальный анализ. Метод лазерной виброметрии в модальном анализе. Метод корреляции цифровых изображений в анализе динамического поведения конструкций. Пакеты прикладных программ для проектирования на основе испытаний. Многоканальный сбор данных: SCADA-системы. Системы обработки сигналов. Программное обеспечение для верификации моделей на основе виброиспытаний. (ПЗ – 4, СР -12)

Тема 5. Вибрационная механика. Применение методов возмущений в вибрационной механике и синхронизации. Теория регуляторов. Задачи балансировки роторов. (ПЗ – 2, СР -8)

4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Нелинейные колебания	Собеседование.	Вопросы по темам дисциплины
2	2	Параметрические колебания и автоколебания	Собеседование.	Вопросы по темам дисциплины
3	3	Удар	Собеседование.	Вопросы по темам дисциплины
4	4	Методы и средства измерения вибраций и удара	Собеседование.	Вопросы по темам дисциплины
5	5	Вибрационная механика	Собеседование.	Вопросы по темам дисциплины

4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Нелинейные колебания	Творческое задание	Темы творческих заданий
2	2	Параметрические колебания и автоколебания	Творческое задание	Темы творческих заданий
3	3	Удар	Творческое задание	Темы творческих заданий
4	4	Методы и средства измерения вибраций и удара	Творческое задание	Темы творческих заданий
5	5	Вибрационная механика	Творческое задание	Темы творческих заданий

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Динамика деформируемых тел» аспирантам необходимо 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. Список вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются ссылки на источники в периодической научной литературе;
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Для успешного освоения дисциплины применяются образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программы.

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой аспиранты 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 установление связей с ранее освоенным материалом.

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

7. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

8. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.02.6 «Динамика деформируемых тел» <i>(индекс и полное название дисциплины)</i>	БЛОК 1 <i>(цикл дисциплины/блок)</i>								
	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 10px;">базовая часть цикла</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 10px;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; text-align: center;">X</td> <td style="padding: 0 10px;">вариативная часть цикла</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; text-align: center;">X</td> <td style="padding: 0 10px;">по выбору аспиранта</td> </tr> </table>		базовая часть цикла		обязательная	X	вариативная часть цикла	X	по выбору аспиранта
	базовая часть цикла		обязательная						
X	вариативная часть цикла	X	по выбору аспиранта						
01.06.01 / 01.02.04 <i>код направления / шифр научной специальности</i>	Математика и механика / Механика деформируемого твердого тела <i>(полные наименования направления подготовки / направленности программы)</i>								
2017 <i>(год утверждения учебного плана)</i>	Семестр: 4								
	Количество аспирантов: 3								
<i>Факультет прикладной математики и механики</i>									
<i>Кафедра ДПМ</i>	<i>тел. 8(342)239-13-40</i>								

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 5

№	Библиографическое описание <i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</i>	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Келлер И.Э. Динамика и прочность машин. Методы возмущений: Учеб. пособие для вузов. Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. 77 с.	50+ЭБ
2	Якубович В.А., Старжинский В.М. Линейные дифференциальные уравнения с периодическими коэффициентами и их приложения. М. Изд-во Наука. 1972г. 720с.	1
3	Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Наука-Физматлит, 1981. 568 с.	7
4	Блехман И.И. Вибрационная механика. М.: Наука. 1994. 394 с.	1
5	Зусман Г. В. Вибродиагностика : учебное пособие / Г. В. Зусман, А. В. Барков. - Москва: Спектр, 2011. 214 с.	5
6	Петрухин В. В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации / В. В. Петрухин, С. В. Петрухин. - Москва: Инфра-Инженерия, 2010. 176 с.	5+ЭБС «Лань»

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Б.П. Демидович. Лекции по математической теории устойчивости. С.-Пб:Лань, 1998. 480 с.	1
2	Ланда П.С. Нелинейные колебания и волны. М.: Наука, 1997. 495 с.	2
3	Куликовский А.Г., Свешникова Е.И., Чугайнова А.П. Математические методы изучения разрывных решений нелинейных гиперболических систем уравнений. М.: МИАН, 2010. 122 с.	7
4	Куликовский А.Г., Свешникова Е.И. Нелинейные волны в упругих средах. М.: Московский лицей, 1998. 412 с.	4
5	Нихамкин М.А. Вибрационные процессы в газотурбинных двигателях. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011. 118 с.	ЭБ
2.2 Периодические издания		
1	Периодические отечественные и зарубежные издания, в первую очередь журналы «Известия РАН. Механика твердого тела», «Вестник ПНИПУ. Механика», «Прикладная механика и техническая физика», «Прикладная математика и механика» и др.	
2.3 Нормативно-технические издания		
1		
2.4 Официальные издания		
1		

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», требующихся при освоении дисциплины

8.3.1 Лицензионные ресурсы¹

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. иссл. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. иссл. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Элек-

¹ собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

трон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. SAGE Journals [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / SAGE Publications. – Los Angeles, 2016. – Режим доступа: <http://online.sagepub.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. Taylor & Francis Online [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / Informa UK Ltd. – London, 2016. – Режим доступа: <http://www.tandfonline.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

6. Российский индекс научного цитирования [Электронный ресурс] : [мультидисциплинар. реф.-библиограф. и наукометр. база данных на рус. яз.] / Науч. электрон. б-ка. – Москва, 2000-2016. – Режим доступа: http://elibrary.ru/project_risc.asp, свободный. – Загл. с экрана.

8.3.1.1 Информационные справочные системы

Консультант Плюс [Электронный ресурс: справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф. сетевая.- Москва, 1992-. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный.

8.3.2. Открытые интернет-ресурсы

1. Национальная электронная библиотека – <http://нэб.рф/>
2. Сайт высшей аттестационной комиссии – <http://vak.ed.gov.ru/>

8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

Таблица 6

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Сер. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	MATLAB 7,9 Classroom	568405	Проведение расчетов
2	Практическое	Office Professional 2007	42661567	Оформление результатов

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1. Специальные помещения и помещения для самостоятельной работы

Таблица 7

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	Компьютерный класс	Кафедра ДПМ	212, корпус Г	30	11

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 8

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	Компьютеры на базе процессора Intel Pentium i7, оперативная память 4Гб	11	оперативное управление	212, корпус Г

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет» (ПНИПУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям



В.Н. Коротаев
« 26 » 2017г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине
«Динамика деформируемых тел»

Направление подготовки	01.06.01 Математика и механика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Механика деформируемого твердого тела
Научная специальность	01.02.04 Механика деформируемого твердого тела
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающие кафедры	Вычислительная математика и механика (ВМиМ) Математическое моделирование систем и процессов (ММСП) Динамика и прочность машин (ДПМ) Прикладная физика (ПФ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 4
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	2 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	72 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт:	4

Пермь 2017 г.

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Динамика деформируемых тел» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 866 от 30 июля 2014 г. по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика;
- Общая характеристика образовательной программы;
- Паспорт научной специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ВМиМ

Протокол от «1» июня 2017г. № 11.

Зав. кафедрой д.техн.н., профессор



Труфанов Н.А.

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ММСП

Протокол от «12» мая 2017г. № 13.

Зав. кафедрой д.физ.-мат.н., профессор



Трусов П.В.

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ДПМ

Протокол от «29» мая 2017г. № 18.

Зав. кафедрой д.техн.н., профессор



Матвеев В.П.

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ПМ

Протокол от «14» мая 2017г. № 17.

Зав. кафедрой д. физ.-мат.н., профессор



Брацун Д.А.

Разработчик программы д.физ.-мат.н., доцент



Келлер И.Э.

Руководитель программы д.техн.н., профессор



Труфанов Н.А.

Согласовано:

Начальник управления
подготовки кадров
высшей квалификации



(подпись)

Л.А. Свисткова

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

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

Согласно основной профессиональной образовательной программе аспирантуры целью освоения учебной дисциплины Б1.ДВ.02.6 «Динамика деформируемых тел» является формирование культуры применения существующих и разработки новых подходов, моделей и экспериментальных методик исследования динамических систем, необходимой при выполнении научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

В процессе изучения дисциплины «Динамика деформируемых тел» аспирант формирует части следующих компетенций:

- ПК-2 (способность самостоятельно развивать, осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы для эффективного решения задач изучения закономерностей процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов различной природы, а также напряженно-деформированного состояния твердых тел из этих материалов, при механических, тепловых, радиационных, статических и динамических воздействиях в пассивных и активных, газовых и жидких средах и полях различной природы),
- ПК-4 (способность самостоятельно выполнять научные исследования в области механики деформируемого твердого тела для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства; решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня),
- ПК-5 (самостоятельное овладение современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ и проводить с их помощью исследования динамики, прочности, устойчивости, надежности для специализированных задач механики деформируемого твердого тела).

1.2 Этапы формирования компетенций

Учебный материал дисциплины осваивается за один 4-й семестр, в котором предусмотрены аудиторские практические занятия и самостоятельная работа аспирантов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в дисциплинарных картах компетенций в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения и являются показателями достижения заданного уровня освоения компетенций (табл. 1). Таблица 1

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине
(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля	
	4 семестр	
	Текущий	Зачёт
Усвоенные знания		
3.1 Знать методы качественного и количественного исследования колебательных и волновых явлений в конечномерных и распределенных механических системах, включая параметрические и нелинейные колебания и волны, автоколебания и автоволны, ударные волны, бифуркационных явлений и явлений параметрического резонанса, синхронизации	С	ТО
3.2 Знать методы решения типовых прикладных задач – виброизоляции, автоматического регулирования, балансировки роторов	С	ТО

3.3 Знать методы экспериментального исследования динамических явлений в конструкциях, современного экспериментального оборудования и современных методов модального анализа, виброиспытаний, верификации и подтверждения математических моделей	С	ТО
Освоенные умения		
У.1 Уметь идентифицировать динамическое явление и выбирать подходящую теорию для исследования колебательных и волновых явлений в машинах и конструкциях	ОТЗ	ПЗ
У.2 Уметь решать типовые и нестандартные прикладные задачи, включая задачи виброизоляции, балансировки роторов и др.	ОТЗ	ПЗ
У.3 Уметь выбирать современное экспериментальное оборудование и прикладное программное обеспечение для исследования динамических явлений в машинах и конструкциях	ОТЗ	ПЗ
Приобретенные владения		
В.1 Владеть навыками качественного и количественного исследования колебательных и волновых явлений в машинах и конструкциях	ОТЗ	ПЗ
В.2 Владеть навыками применения методов модального анализа, вибрационных испытаний, верификации и подтверждения математических моделей динамического поведения конструкций	ОТЗ	ПЗ
В.3 Владеть навыками экспериментального и численного исследования динамического поведения конструкций	ОТЗ	ПЗ

С – собеседование по теме; ТО – теоретический опрос; ТЗ – творческое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности; ОТЗ – отчет по творческому заданию; ПЗ – практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.

Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Творческое задание – частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является аттестация в виде зачета (4 семестр), проводимая с учетом результатов текущего контроля.

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля. Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

2.1 Текущий контроль

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей знаний, умений и владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1) проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

• Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме. Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов. Критерии и показатели оценивания собеседования отобразены в шкале, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
Не зачтено	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, связанное с темой научной работы аспиранта, требующее нестандартное решение и аргументацию собственной точки зрения. Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии оценивания защиты отчета творческого задания отображены в шкале, приведенной в табл. 3.

Таблица 3

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками применение полученных знаний и умений , аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
Не зачтено	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

2.2 Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета по дисциплине в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос (ТВ) для проверки знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете:**

Оценка результатов обучения дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «не зачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4.

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на **зачете**

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p>
<i>Не зачтено</i>	<p>При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета считается, что полученная оценка проверяемой дисциплинарной части компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины. Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «не зачтено».

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на **зачете**

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Не зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «не зачтено»

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. Уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. Степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. Приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

4. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

4.1 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:

1. Бифуркация Андронова – Хопфа в автоколебательных системах с сухим трением.
2. Сформулировать теорему Флоке-Ляпунова для системы с параметрическими колебаниями.
3. Задача о распаде разрыва применительно к ударному воздействию на деформируемое твердое тело.
4. Применение методов возмущений к вибрационной механике и процессам синхронизации.
5. Фурье-анализ сигнала динамического процесса.

4.2 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:

Получить с использованием теории динамики деформируемых тел математическую постановку задачи, исследуемой в научной работе аспиранта или предложенной преподавателем (*берется любая статья подходящей тематики, опубликованная в научном журнале из списка периодических изданий или перечня ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в РПД*).

Полный комплект вопросов для сдачи зачета хранится на кафедре ДПМ.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

Направление

01.06.01 Математика и механика

Программа

Механика деформируемого твердого тела

Кафедра

Динамика и прочность машин

Дисциплина

«Динамика деформируемых тел»

БИЛЕТ № 1

1. Сформулировать теорему Флоке-Ляпунова для системы с параметрическими колебаниями. *(контроль знаний)*
2. Выполнить Фурье-анализ сигнала динамического процесса для ударного воздействия, обосновав шаг дискретизации сигнала. *(контроль умений и владений)*

Составитель _____
(подпись)

Келлер И.Э.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

Матвеев В.П.

« ____ » _____ 201 ____ г.