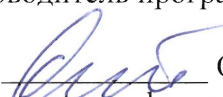


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры


О.Ю.Сметанников
д.т.н., профессор кафедры ВММБ

«30» «апрель» 2022 г.

Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры

«Неклассические задачи МДТТ»

Научная специальность	1.1.8. Механика деформируемого твердого тела	
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Механика деформируемого твердого тела	
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Вычислительная математика, механика и биомеханика (ВММБ) Математическое моделирование систем и процессов (ММСП) Динамика и прочность машин (ДПМ) Прикладная физика (ПФ)	
Форма обучения	Очная	
Курс: 3	Семестр (ы): 5	
Виды контроля с указанием семестра:		
Экзамен:	Зачет: 5	Диф.зачет:

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Неклассические задачи МДТТ» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1. Цель изучения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Неклассические задачи МДТТ» является формирование умений и навыков применения подходов, методов и математических моделей механики при выполнении научно-исследовательской работы в области изучения напряженно-деформированного состояния твердых тел при динамических воздействиях, что необходимого при подготовке научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Неклассические задачи МДТТ» является обязательной дисциплиной из образовательного компонента учебного плана.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Кандидатский экзамен представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, потребностей промышленности;
- закономерности процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов различной природы, а также напряженно-деформированного состояния твердых тел из этих материалов, при динамических воздействиях в пассивных и активных, газовых и жидких средах и полях различной природы;
- вариационные принципы и основные численные методы решения динамических задач и устойчивости в механике деформируемого твердого тела.

Уметь:

- записывать уравнения балансового типа для величин механической природы, записи для полученных уравнений граничных и начальных условий, записывать определяющие уравнения применительно к задачам динамики и устойчивости;
- 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 динамических воздействиях в пассивных и активных, газовых и жидких средах и полях различной природы;
- критически анализировать проблемы механики деформируемого твердого тела с учетом современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, потребностей промышленности, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения поставленных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты;
- развивать и применять новые численные методы исследования динамического поведения конструкций и конструкций.

Владеть:

- навыками математической постановки и решения задач из специальных разделов механики деформируемого твердого тела;
- навыками использования практических приемов и методов решения задач специальных разделов механики деформируемого твердого тела, включая применение численных постановок их решения;
- навыками применения новых методов и средств исследований деформирования, повреждения и разрушения современных композиционных материалов и конструкций.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		5 семестр
1	Аудиторная работа	17
	В том числе:	
	Лекции (Л)	5
	Практические занятия (ПЗ)	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	6
	Самостоятельная работа (СР)	55
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Динамика деформируемых тел

(Л – 2, ПЗ – 3, СР – 22, КСР - 3)

Тема 1. Динамика конструкций.

Построение расчетных схем и математических моделей. Вибрационные ударные воздействия и переходные процессы в конструкциях, машинах, оборудовании и аппаратуре.

Роль математической модели и расчетной схемы при анализе динамического поведения реальной машины или механизма. Механизм выбора модели от степени сложности рассматриваемых задач динамики. Устойчивость состояния равновесия.

Понятие установившихся и переходных процессов при динамическом воздействии.

Понятие о виброударной системе, модельные задачи. Свободные и вынужденные движения виброударных систем. Характеристики внешних динамических воздействий и некоторые нелинейные свойства виброударных систем. Динамические модели виброударных систем. Анализ несущих и промежуточных конструкций.

Постановка задачи виброударозащиты машин, оборудования и аппаратуры. Принципы виброизоляции. Виброзащитные системы с одной степенью свободы; элементы расчетной модели и их характеристика. Эффективность виброзащиты. Динамические модели для решения задач виброударозащиты во временной и частотной областях. Оценка отклика объектов на действие виброударных нагрузок. Прямые и идентификационные методы построения динамических моделей машин, оборудования и аппаратуры. Системы виброударозащиты объектов; структура систем виброударозащиты. Методы исследования пассивных и активных систем виброударозащиты. Оптимизация систем виброударозащиты. Определение оптимального управления виброизолируемыми объектами. Активные и регулируемые системы виброзащиты. Нелинейные явления и эффекты в виброизоляторах.

Единицы измерения вибраций и шума, излучение шума в процессе работы машины, распространение шума. Типичные случаи вибрационных воздействий. Влияние шума и вибраций на человеческий организм; механические свойства тела человека и его частотные характеристики. Общие сведения о допустимых уровнях вибрации. Способы контроля вибрации машин и механизмов. Системы виброизоляции человека.

Защита машин, оборудования и аппаратуры от нестационарных вибраций. Основные понятия. Типы роторов. Виды неуравновешенности. Эквивалентные системы балансировки. Гибкость ротора. Допустимые дисбалансы и требования к качеству балансировки. Статическая и динамическая балансировка роторов. Вибрации трубопроводов, кабелей и других протяженных сетей. Расчетная схема и математическая модель. Допущения, схема нагрузок, краевые условия. Демпфирование колебаний трубопровода. Критерии качества систем виброударозащиты.

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. Сравнение результатов с двумерными задачами теории пластин и оболочек. Учет влияния предварительного напряженного состояния на собственные значения; нелинейная постановка задачи динамики, вывод линеаризованных соотношений. Анализ эффективности приближенных методов решения спектральной задачи для матриц большой размерности.

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.

Экспериментальные данные по определению динамических характеристик вращающихся элементов машиностроительных конструкций. Расчетные и математические модели в задачах динамического поведения вращающихся деформируемых конструкций. Примеры расчета реальных объектов. Эффективность метода разложения по собственным формам.

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.

Раздел 2. Устойчивость механических систем

(Л – 3, ПЗ – 3, СР – 23, КСР - 3)

Тема 2. Устойчивость конструкций.

Теорема Лагранжа. Линейные и линеаризованные уравнения равновесия упругих систем. Метод Эйлера. Принцип Релея. Приближенные и численные методы определения собственных значений краевых задач. Критерий Сильвестра.

Малые колебания системы около положения устойчивого равновесия. Потенциальная и кинетическая энергия системы с конечным числом степеней свободы. Устойчивость движения системы с конечным числом степеней свободы. Дифференциальные уравнения возмущенного движения системы. Исследование возможных решений уравнения возмущенного движения. Критерий Рауса-Гурвица.

Критические состояния вращающихся валов. Неустойчивость при действии сил трения. Динамическая устойчивость систем с распределенными параметрами. Введение в теорию аэроупругости. Флаттер крыла самолета. Панельный флаттер. Потеря устойчивости при появлении несмежных форм равновесия, теория катастроф. Задача о ферме Мизеса. Следящие нагрузки. Статическая и динамическая постановка задачи устойчивости.

Постановка задач устойчивости тонкостенных систем. Энергетический метод решения задач устойчивости. Метод Релея-Ритца в задачах устойчивости. Устойчивость прямолинейных стержней. Закритическое поведение стержней. Устойчивость стержней за пределами упругости. Устойчивость криволинейных стержней. Потеря устойчивости при ползучести материала.

Устойчивость пластин. Устойчивость оболочек. Постановка задачи об устойчивости пространственных упругих конструкций с учетом неконсервативности системы.

Основные понятия и критерии теории устойчивости линейных систем. Устойчивость линейных систем с переменными коэффициентами. Простейшие типы точек покоя. Уравнения в возмущениях.

Функции Ляпунова и их применение. Определение устойчивости движения по Ляпунову. Прямой метод Ляпунова (второй метод Ляпунова). Теоремы об устойчивости движения. Теоремы о неустойчивости движения. Способы построения функций Ляпунова. Теорема Лагранжа, как следствие теоремы Ляпунова об устойчивости движения. Циклические координаты. Устойчивость по первому приближению. Критерий Найквиста-Михайлова. Метод D-разбиений. Влияние структуры сил на устойчивость движения.

4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2. – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
1	1	Динамика конструкций.
2	3	Устойчивость конструкций.

4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

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

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий				
№	Номер темы	Наименование темы	Наименование	Представление

п.п.	дисциплины	самостоятельной работы	оценочного средства	оценочного средства
1	1	Природа диссипативных сил в конструкциях. Модели рассеяния энергии в распределенных системах.	Творческое задание	Темы творческих заданий
2	2	Устойчивость прямолинейных стержней. Закритическое поведение стержней. Устойчивость стержней за пределами упругости. Устойчивость криволинейных стержней.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Неклассические задачи МДТТ» 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 руководителем. Им же даются ссылки на источники в периодической научной литературе;
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы после консультации с научным руководителем.

6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела : учебное пособие / Ю. Н. Работнов. - Москва: Наука, Физматлит, 1988. – 712 с.	44
2	Контактные задачи теории упругости для неоднородных сред / С.М. Айзикович [и др.]. - М.: Физматлит, 2006. – 236 с.	3
3	Джонсон К. Механика контактного взаимодействия : пер. с англ. / К. Джонсон. - М.: Мир, 1989. – 510 с.	3
4	Победря Б.Е. Механика композиционных материалов : учебное пособие для вузов / Б.Е. Победря. - Москва: Изд-во МГУ, 1984. – 336 с.	9+ЭБ
5	Кравчук А. С. Механика полимерных и композиционных материалов : экспериментальные и численные методы : учебное пособие для вузов / А. С. Кравчук, В. П. Майборода, Ю. С. Уржумцев. - Москва: Наука, 1985. – 304 с.	5
6	Кристенсен Р. М. Введение в механику композитов : пер. с англ. / Р. М. Кристенсен. - Москва: Мир, 1982. – 336 с.	8

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
7	Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела / С. Г. Лехницкий. - Москва: Наука, Физматлит, 1977. – 416 с.	5
8	Теория колебаний : учебное пособие для вузов / И. М. Бабаков .— 4-е изд., испр. — Москва : Дрофа, 2004 .— 592 с.	127
9	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
10	Устойчивость движения и равновесия : учебник для вузов / 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 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости и вязкоупругости. – М.: Наука, 1980. - 304 с.	5
2	Александров В.М. Неклассические пространственные задачи механики контактных взаимодействий упругих тел / В.М.Александров, Д.А.Пожарский. - М.: Факториал, 1998. – 228 с.	12
3	Александров В. М. Контактные задачи для тел с тонкими покрытиями и прослойками / В. М. Александров, С. М. Мхитарян. - М.: Наука, 1983. – 487 с.	8
4	Работнов Ю. Н. Элементы наследственной механики твердых тел / Ю. Н. Работнов. - Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1977. – 384 с.	8
5	Кристенсен Р. М. Введение в механику композитов : пер. с англ. / Р. М. Кристенсен. - Москва: Мир, 1982. – 336 с.	8
6	Шермергор Т. Д. Теория упругости микронеоднородных сред / Т. Д. Шермергор. - Москва: Наука, 1977. – 400 с.	6
7	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
8	Прикладная теория механических колебаний : учебное пособие для вузов / В.Л.Бидерман .— М. : Высш. шк., 1972 .— 416 с.	25
9	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
10	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.	49+ЭБ
11	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
12	Современное введение в физику колебаний : учебное пособие / А.Н. Паршаков .— Долгопрудный : Интеллект, 2013 .— 235 с	15

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
13	Малмейстер А.К., Тамуж В.П., Тетерс Г.А. Сопротивление полимерных и композитных материалов. Рига: Зинатне, 1980. – 572 с.	2
14	Васильев ВВ. Механика конструкционных и композитных материалов. М.: Машиностроение, 1988. – 264 с.	15
15	Композиционные материалы: справочник / Васильев В.В., Протасов В.Д. и др. М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.	50+ЭБ
2.2 Периодические издания		
1.	<i>Математическое моделирование : журнал. - Москва: Наука. с 1989 г. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145033</i>	
2.	<i>Известия Российской академии наук. Механика твердого тела : научный журнал. - Москва: Наука, с 1966 с. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145433</i>	
3.	<i>Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа : научный журнал / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1966 - . http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser23834</i>	
4.	<i>Вестник ПНИПУ. Механика : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. А. А. Ташкинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2012 г. http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/</i>	
5.	<i>Прикладная механика и техническая физика : журнал. - Новосибирск: СО РАН, с 1960 г. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145580</i>	
6.	<i>Физическая мезомеханика : журнал / Российская академия Новосибирск: СО РАН, с 1960 г. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145580</i>	
7.	<i>Физика твердого тела : журнал / Российская академия наук. Отделение физических наук; Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе. - Санкт-Петербург: Наука, 1959 - . http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser52642</i>	
8.	<i>Вычислительная механика сплошных сред : журнал / Российская академия наук, Уральское отделение; Институт механики сплошных сред. - Пермь: ИМСС УрО РАН, с 2008 г. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser96485</i>	
9.	<i>Механика композиционных материалов и конструкций : всероссийский научный журнал / Российская академия наук. Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления; Институт прикладной механики; Общественная академия знаний. - Москва: Ин-т прикл. механики РАН, 1995 - . http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser32709</i>	
10.	<i>Трение и износ : международный научный журнал / Национальная академия наук Республики Беларусь; Российская академия наук; Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь. - Гомель: ИММС НАНБ, 1980 - . http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser50093</i>	

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
11.	Заводская лаборатория. Диагностика материалов : научно-технический журнал по аналитической химии, физическим, математическим и механическим методам исследования, а также сертификации материалов / Издательство Тест-ЗЛ. - Москва: Тест-ЗЛ, 1932 - . http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser18828	
12.	Журналы издательств Elsevier, Springer и др., доступные в e-library http://elibrary.ru	Научная электронная библиотека (НЭБ)
2.3 Нормативно-технические издания		
1	Не требуется.	
2.4 Официальные издания		
1	Не требуется.	

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. 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. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.
3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.
4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. 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.
5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманит., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.
6. EBSCO Databases [Электронный ресурс] : [полнотекстовые базы данных журн. и кн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам на ин. яз.] / EBSCO Publishing. – Ipswich, 2016. – Режим доступа: <http://search.ebscohost.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.
7. 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.
8. Science [Электронный ресурс] : [электрон. версия еженед. междисциплинар. науч. журн. на англ. яз.] / The American Association for the Advancement of Science (AAAS). – Washington, 2016. – Режим доступа: <http://www.sciencemag.org/magazine>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.
9. 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.
10. 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.

11. Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.
12. Национальная электронная библиотека – <http://нэб.рф/>
13. Форум для обсуждения проблем проектирования, конструирования в области строительства, архитектуры, машиностроения, смежных отраслей – <http://forum.dwg.ru/>

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

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Компьютеры Core 2 Duo E6850	8	оперативное управление	106, корпус Г
2	Мультимедиа-проектор Panasonic PT-F200E	1	оперативное управление	318, корпус Г
3	Ноутбук ASUS X200MA-KX509D	1	оперативное управление	318, корпус Г

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является кандидатский экзамен, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, 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.

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 обучающимся 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 отображены в шкале, приведенной в табл. 2.

Таблица 5

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.
Незачтено	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, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку 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 6

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.
Незачтено	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета (5 семестр) по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (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, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Пример билета представлен в приложении 1.

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

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» 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. 7 и табл. 8.

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	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. 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.
<i>Незачтено</i>	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. При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично усвоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета, что полученная оценка проверяемой в билете 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 «незачтено».

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>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»

9. 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.

10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи кандидатского экзамена по научной специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твердого тела» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы выпускающих кафедр.

Типовые творческие задания:

1. Выполнить сравнительный анализ проблем при решении задач на собственные значения конструкций из упругих материалов и материалов с внутренней диссипацией энергии.
2. Выполнить численный анализ нелинейной устойчивости неупругой балочно-оболочечной системы

Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:

1. Энергетический метод решения задач устойчивости. Метод Релея-Ритца в задачах устойчивости.

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

1. Построить общую схему разложения решения матричного уравнения движения по формам собственных колебаний конечно-элементной системы.
2. Выполнить анализ устойчивости фермы Мизеса.

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачетов в форме утвержденных билетов хранится на кафедре ВМиМ.

Программа
Механика деформируемого твердого тела

Кафедра
Вычислительная математика, механика и
биомеханика

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

Дисциплина

«Неклассические задачи МДТТ»

БИЛЕТ № 1

Получить оценку условия потери устойчивости прямолинейного продольно сжатого стержня энергетическим методом Релея-Ритца.

Заведующий кафедрой ВММБ _____
(подпись)

Столбов В.Ю.

« ____ » _____ 2022 г.

Лист регистрации изменений

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