

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича
Сибирского отделения Российской академии наук**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИТТМ СО РАН
чл.-корр. РАН А.Н. Циплюк

« 19 »

2017 г.



**Механика разрушения твердых тел
Рабочая программа дисциплины**

**Направление подготовки аспирантов: 01.06.01 - Математика и механика,
направленность: 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела
(физико-математические, технические науки)**

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения – очная

Новосибирск 2017

1. Цели дисциплины

Формирование у аспирантов представления об основах современной нелинейной механики деформируемого твердого тела, теории устойчивости, колебаний и линейной механики разрушения элементов деформируемых конструкций. Основной целью освоения дисциплины является овладение понятиями и моделями механики деформируемого твердого тела для их применения к анализу и оценке прочности реальных элементов конструкций в реальных условиях эксплуатации.

2. Задачи дисциплины

Важными задачами лекционного курса и практических занятий являются:

1. изучение основных понятий теории устойчивости элементов конструкций при упругом и неупругом деформировании;
2. овладение алгоритмами теории колебаний упругих конструкций для определения спектра собственных частот свободных колебаний, резонансных частот и критических скоростей дивергенции и флаттера простейших элементов конструкций;
3. овладение методами линейной механики разрушения для определения коэффициентов концентрации в носике трещины, вязкости разрушения и работы продвижения трещины в упругом теле.

В рамках данной дисциплины формируются основные представления о математическом моделировании деформирования твердых тел, включающие постановку уравнений и их численную реализацию.

3. Место дисциплины в структуре ООП

Данная дисциплина относится к группе вариативных дисциплин Блока 1 направления подготовки аспирантов Института - 01.06.01 - "Математика и механика" в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) по направленности - механика деформируемого твердого тела (физико-математические, технические науки). Содержание дисциплины базируется на знаниях, приобретенных в курсах механики, математического анализа, дифференциальных уравнений. Дисциплина является дисциплиной по выбору аспиранта.

4. Требования к результатам освоения дисциплины, компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате изучения аспиранты должны:

1. иметь представление о месте и роли механики разрушения в основной области приложения механики деформируемого твердого тела — оценке прочности элементов конструкций в реальных условиях эксплуатации;
2. знать: базовые понятия теории устойчивости элементов конструкций; методы теории колебаний для определения частот колебаний упругих конструкций; понятия о критических коэффициентах концентрации при плоской и антиплоской деформации, вязкости разрушения при продвижения трещины в упругом теле и критериях распространения трещины;
3. уметь: находить критические нагрузки при потере устойчивости простейших элементов конструкций, проводить динамический анализ потери устойчивости; определять спектр собственных частот свободных колебаний, резонансных частот и критических скоростей дивергенции и флаттера простейших элементов конструкций; находить коэффициенты концентрации в простейших случаях нагружения упругого тела, содержащего трещину.
4. владеть: методами линейной механики разрушения

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- способность свободно владеть фундаментальными разделами математики и механики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач механики деформируемого твердого тела (ПК-1);

- способность использовать знания современных проблем и новейших достижений механики деформируемого твердого тела в своей научно-исследовательской деятельности (ПК-2);

- способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области механики деформируемого твердого тела, а также решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (ПК-3).

5. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

5.1. Структура дисциплины

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)			Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)		
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем (консультации, зачет)
		Лекции	Семинары	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8
	72	26	4		24	14	4
Всего 72 часа 2 зачетные единицы из них: - контактная работа 34 часа - в интерактивных формах - 8 часов							

5.2. Содержание дисциплины

5.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	Виды учебных занятий и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции (Практика	КСР	
1	2	3	4	5	6	7
1	Устойчивость элементов конструкций (стержней, пластин) при упругом и неупругом деформировании	27	10	2	10	5
2	Теория колебаний упругих элементов конструкций	17	6	1	6	4
3	Линейная механика разрушений	24	10	1	8	5
4	Зачет	4				4
	Всего	72	26	4	24	18

5.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятий
1	Устойчивость элементов конструкций (стержней, пластин) при упругом и неупругом деформировании	<p>Кривые равновесных состояний для упругих систем. Статические методы определения критических нагрузок (состояний). Уравнение изгиба балки, краевые условия. Изгиб балки при одновременном действии осевой и поперечной нагрузок. Устойчивость сжатого прямолинейного стержня (критическая нагрузка Эйлера). Эластика Эйлера (для шарнирно опертого стержня). Устойчивость стержня при температурном нагружении. Продольно сжатый стержень на упругом основании. Устойчивость прямолинейной формы сжатого стержня (энергетический — метод). Динамическая постановка задачи об устойчивости продольно сжатого стержня (для шарнирно опертого стержня). Устойчивость сжатой консольной стойки при консервативных и следящих нагрузках (статический и динамический анализ). Потеря устойчивости стержня при растяжении. Потеря устойчивости цилиндрической формы стержня. Устойчивость фермы Мизеса. Потеря устойчивости стержня за пределом упругости (схема Кармана, схема Энгессера-Шенли). Устойчивость продольно сжатого стержня при ползучести (понятие критического времени). Поперечный изгиб пластинки, краевые условия. Устойчивость сжатой прямоугольной пластинки.</p>	Лекции, практические занятия, самостоятельная работа
2	Теория колебаний упругих элементов конструкций	<p>Дивергенция жесткой прямоугольной пластинки (аэроупругая статическая неустойчивость). Дивергенция панели. Свободные поперечные колебания пластинки. Вынужденные гармонические колебания прямоугольной пластинки (резонанс). Классический флаттер (критические скорости дивергенции и флаттера жесткой пластинки). Панельный флаттер. Изгибно-крутильный флаттер крыла самолета (постановка задачи). Понятие о срывном флаттере.</p>	Лекции, практические занятия, самостоятельная работа
3	Линейная механика разрушений	<p>Теория Гриффитса. Антиплоская деформация. Трещина продольного сдвига при антиплоской деформации. Трещина конечной длины при антиплоской деформации. Работа продвижения трещины; связь вязкости разрушения G с коэффициентом интенсивности напряжений K_{III}. Растяжение</p>	Лекции, практические занятия, самостоятельная работа

		<p>пространства (бесконечной пластины) с прямолинейной трещиной; связь вязкости разрушений G с коэффициентом интенсивности напряжений K_I. Трещина в поле чистого сдвига; связь вязкости разрушения G с коэффициентом интенсивности напряжений K_{II}. Интеграл Райса-Черепанова. Связь J интеграла с вязкостью разрушения G. Вычисление коэффициента интенсивности напряжений K_I в простейших случаях.</p>	
--	--	---	--

5.2.3. Вопросы к зачету:

1. Уравнение изгиба балки, краевые условия. Изгиб балки при одновременном действии осевой и поперечной нагрузок.
2. Устойчивость прямолинейной формы сжатого стержня (энергетический метод).
3. Устойчивость сжатой прямоугольной пластинки.
4. Устойчивость продольно сжатого стержня при ползучести (понятие критического времени).
5. Потеря устойчивости цилиндрической формы стержня. Устойчивость фермы Мизеса. Потеря устойчивости стержня за пределом упругости (схема Кармана, схема Энгессера—Шенли).
6. Поперечный изгиб пластинки, краевые условия. Устойчивость сжатой прямоугольной пластинки.
7. Дивергенция жесткой прямоугольной пластинки (аэроупругая статическая неустойчивость).
8. Свободные поперечные колебания пластинки. Вынужденные гармонические колебания прямоугольной пластинки (резонанс).
9. Изгибно-крутильный флаттер крыла самолета.
10. Теория Гриффитса. Трещина продольного сдвига при антиплоской деформации.
11. Работа продвижения трещины; связь вязкости разрушения G с коэффициентом интенсивности напряжений K_{III} .
12. Интеграл Райса-Черепанова. Связь J -интеграла с вязкостью разрушения G .

6. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий дисциплины «Механика разрушения твердых тел» являются лекции, практические занятия и самостоятельная работа аспиранта. Для активизации познавательного процесса слушателям даются задания по самостоятельной подготовке отдельных фрагментов лекций и с целью выступления и совместного обсуждения. Основной акцент воспитательной работы делается на добросовестном, профессиональном выполнении всех учебных заданий. В целом интерактивная форма занятий составляет не менее 60% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 30% аудиторных занятий.

7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, на рабочих местах с доступом к ресурсам Интернета и в домашних

условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется зачётом.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. М., Наука, 1967.
2. Ключников В.Д. Устойчивость упругопластических систем. М., Наука, 1980.
3. Тимошенко С.П. Устойчивость упругих систем, М.;Л.: ОГИЗ, 1946.
4. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М., Наука, 1979.
5. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем. М. Наука, 1987.
6. Работнов Ю.Н. Введение в механику разрушения. М.: Изд-во Либроком, 2009. 82 с.

б) дополнительная литература:

1. Алёхин В.В., Волчков Ю.М. Устойчивость и колебания тонкостенных элементов конструкций. Учеб. пособие. Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2000г. 104 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Научная электронная библиотека – <http://elibrary.ru/>
2. Общероссийский математический портал – <http://www.mathnet.ru>.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

- аудиторный фонд ИТПМ СО РАН;
- рабочее место с выходом в Интернет;
- библиотечный фонд ИТПМ СО РАН;
- Электронный каталог библиотеки Института <http://itam.nsc.ru/lib/ecatalog>.

10. Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ.
2. Приказ Министерства образования и науки РФ от 19.11.2013 года № 1259 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования — программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)».
3. Приказ Минобрнауки России от 23.10.2017 № 1027 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени».
4. Приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 866 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.06.01 — Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации)».
5. Программа-минимум кандидатского экзамена по специальности 01.02.04 - «Механика деформируемого твердого тела» (физико-математические науки).
6. Программа-минимум кандидатского экзамена по специальности 01.02.04 - «Механика деформируемого твердого тела» (технические науки).

Программу составил д.ф.-м.н. Ю.М. Волчков



ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ
за 20__/20__ учебный год

В рабочую программу _____

для специальности _____

вносятся следующие дополнения и/или изменения:

Дополнения и изменения внес _____

(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ТПМ Института

«__» _____ 20__ г.

протокол № _____

Заведующий кафедрой ТПМ

(подпись)

(Ф.И.О.)