

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа дисциплины

Критерии прочности и разрушения

по направлению подготовки

15.04.03 Прикладная механика

Направленность (профиль) подготовки:

Компьютерный инжиниринг конструкций, биомеханических систем и материалов

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

В.А. Скрипняк

Е.С. Марченко

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-10 Способен разрабатывать физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики;.

ОПК-12 Способен создавать алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разрабатывать современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации..

ОПК-8 Способен осуществлять анализ проектов стандартов, рационализаторских предложений и изобретений в области машиностроения, подготавливать отзывы и заключения по их оценке;.

ОПК-9 Способен представлять результаты исследования в области машиностроения в виде научно-технических отчетов и публикаций;.

ПК-1 Способен критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты.

ПК-2 Способен самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики, 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-4 Способен применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 10.1 Знать современные физико-механические, математические и компьютерные модели при решении актуальных научно-технических задач в области прикладной механики

ИОПК 10.2 Уметь разрабатывать физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики

ИОПК 10.3 Владеть методикой разработки физико-механических, математических и компьютерных моделей при решении научно-технических задач в области прикладной механики

ИОПК 12.1 Знать способы построения алгоритмов цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разработки современных цифровых программ расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации

ИОПК 12.2 Уметь создавать алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разрабатывать современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации

ИОПК 12.3 Владеть методиками построения алгоритмов цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разработки современных цифровых программ расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации

ИОПК 8.1 Знать требования к подготовке отзывов и заключений по оценке проектов стандартов, рационализаторских предложений и изобретений в области машиностроения

ИОПК 8.2 Уметь осуществлять анализ и выполнять типовые работы по подготовке отзывов и заключений по оценке проектов стандартов, рационализаторских предложений и изобретений в области машиностроения

ИОПК 8.3 Владеть методиками анализа и подготовки отзывов и заключений по оценке проектов стандартов, рационализаторских предложений и изобретений в области машиностроения

ИОПК 9.1 Знать требования к подготовке научно-технических отчетов и публикаций по результатам выполненных исследований в области машиностроения

ИОПК 9.2 Уметь применять прикладные компьютерные программы для оформления отчетов, рефератов, публикаций и презентаций

ИОПК 9.3 Владеть методиками структурного анализа результатов исследования для их представления в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций

ИПК 1.1 Знать перспективные направления и последние достижения современной науки и техники в области производства объемных материалов, соединений, композитов на их основе и изделий из них

ИПК 1.2 Знать современные проблемы прикладной механики, методы планирования научно-исследовательской работы, способы решения научных задач механики, обработки и анализа полученных данных, представления результатов

ИПК 1.3 Уметь осуществлять сбор, анализ и систематизацию информации по проблеме исследования с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий

ИПК 1.4 Уметь ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач

ИПК 1.5 Уметь анализировать, интерпретировать, оценивать, представлять результаты собственных исследований в профессиональном сообществе и защищать результаты выполненного исследования с обоснованными выводами и рекомендациями

ИПК 2.1 Знать: математические и компьютерные модели, программные системы мультидисциплинарного анализа (CAE-системы мирового уровня), используемые для решения поставленных научно-технических задач

ИПК 2.2 Уметь самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики, 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)

ИПК 2.3 Владеть навыками самостоятельного выполнения научных исследований в области прикладной механики, решения сложных научно-технических задач

ИПК 4.1 Знать физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования, применяемые в процессе профессиональной деятельности

ИПК 4.2 Уметь применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности

ИПК 4.3 Владеть навыками применения физико-математического аппарата, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследования, методов математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить аппарат, используемый в современных подходах прикладной механики – критерии прочности, разрушения, долговечности, живучести, надежности машин и конструкций.

– Научиться применять понятийный аппарат прикладной механики для решения практических задач профессиональной деятельности, связанных с определением напряженно-деформированного состояния и надёжности при статическом и циклическом нагружении.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Второй семестр, зачет с оценкой

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Конструкционная прочность и ее физические основы.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 10 ч.

-практические занятия: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Критерии сопротивления хрупкому, квазихрупкому и вязкому разрушению.

Содержание предмета, его место в блоке изучаемых дисциплин, связь с другими дисциплинами. Этапы развития исследований по прочности и безопасности. Показатели работоспособности и системы коэффициентов запаса.

Тема 2. Предельные состояния, виды и критерии разрушения.

Напряженно-деформированные состояния и условия нагружения пластины с концентрацией напряжений, без концентратора напряжений, с центральной трещиной. Предельные состояния.

Тема 3. Диаграмма деформирования и характеристики разрушения.

Механические испытания гладких образцов, с концентрацией напряжений, с центральной трещиной. Условные напряжения и деформации. Истинные напряжения и деформации. Механические характеристики материалов. Виды разрушений.

Тема 4. Аппроксимация диаграмм статического деформирования.

Функция пластичности. Линейная аппроксимация. Полигональная аппроксимация. Степенное уравнение Рамберга – Осгуда. Дробно-линейная функция. Степенная аппроксимация диаграмм деформирования. Определение параметров диаграмм деформирования. Изменение механических свойств с увеличением площади поперечного сечения детали.

Тема 5. Напряженно-деформированные состояния в зонах концентрации.

Теоретический коэффициент концентрации напряжений. Коэффициент концентрации напряжений. Коэффициент концентрации деформаций. Местные напряжения. Местные деформации. Формула Нейбера.

Тема 6. Деформации, напряжения и перемещения в зонах трещин в упругой и упруго-пластической области.

Коэффициент интенсивности напряжений. Напряжения и деформации в вершине трещины в упругой стадии. Пластины с эллиптической щелью. Решение Ирвина.

Метод сечений для приближенного расчета коэффициента интенсивности напряжений. Деформированное состояние в вершине трещины. Упруго-пластическое напряженно-деформированное состояние в вершине трещины. Модель Леонова-Панасюка-Дагдейла.

Тема 7. Силовые критерии разрушения.

Схема деформирования пластины с трещиной. Диаграмма разрушения хрупкого материала. Зависимость разрушающих напряжений от длины трещины. Поправка на пластическую зону. Предел трещиностойкости. Зависимость предела трещиностойкости от длины трещины. Силовые критерии при расчетах на хрупкую прочность.

Тема 8. Деформационные критерии разрушения.

Концепция критического раскрытия трещины. Критерий Уэльса. Коэффициент интенсивности деформаций. Протяженность пластической зоны. Деформации в упруго-пластической зоне. Концепция квазихрупкого разрушения.

Тема 9. Энергетические критерии разрушения.

Энергия деформаций в вершине трещины. Уравнение Гриффитса и Орована. Определение J – интеграла. Критерий Черепанова – Райса.

Тема 10. Экспериментальные методы определения критериев разрушения.

Основные типы образцов и схемы нагружения. Зависимость раскрытия трещины от величины нагрузки. Выбор размера образцов для хрупких и пластичных материалов. Экспериментальное определение J – интеграла. Полная диаграмма разрушений.

Тема 11. Расчеты на прочность при статическом нагружении.

Проверка статической прочности конструкции на основе базового уравнения механики разрушения. Коэффициент запаса по критическому коэффициенту интенсивности напряжений. Кривые разрушающих критических и допускаемых напряжений. Коэффициент запаса по критическому размеру дефекта. Построение области безопасных состояний. Расчеты на прочность с учетом температурного фактора.

Тема 12. Расчеты на прочность при циклическом нагружении. Коэффициенты запасов по разрушающим напряжениям и долговечности. Кривые усталости. Диаграммы циклических разрушений. Скорость развития трещин. Зависимость длины трещины от долговечности. Диаграмма циклического разрушения. Уравнение Пэриса. Уравнения Формана и Яремы.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой во втором семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность зачета с оценкой 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <http://lms.tsu.ru/course/view.php?id=24748>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Махутов Н.А. Прочность, ресурс, живучесть и безопасность машин. – М.: Книжный дом “Либроком“, 2008. – 576 с.

2. Махутов Н.А. Конструкционная прочность, ресурс и техногенная безопасность. Ч. 1. – Новосибирск: Наука, 2005. – 494 с.

3. Москвичев В.В. Основы конструкционной прочности технических систем и инженерных сооружений. Ч. 1. Постановка задач и анализ предельных состояний. — Новосибирск: Наука, 2002. – 106 с.

4. Степнов М.Н. Вероятностные методы оценки характеристик механических свойств материалов и несущей способности элементов конструкций. — Новосибирск: Наука, 2005. – 342 с.

5. Доронин С.В., Лепихин А.М., Москвичев В.В., Шокин Ю.И. Моделирование прочности и разрушения несущих конструкций технических систем. — Новосибирск: Наука, 2005. —

6. Матвиенко Ю.Г. Модели и критерии механики разрушения. — М.: Физматлит, 2006. — 328 с.

7. Баранникова С.А. Критерии прочности и разрушения. Методы обработки диаграмм статического деформирования ГЦК, ОЦК и ГПУ металлов: Учебное пособие.— Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2012. – 56 с.

б) дополнительная литература:

1. Москвичев В.В., Махутов Н.А., Черняев А. П. Трещиностойкость и механические свойства конструкционных материалов технических систем. — Новосибирск: Наука, 2002. — 334 с.
2. Лепихин А.М., Махутов Н.А., Москвичев В.В., Черняев А. П. Вероятностный риск-анализ конструкций технических систем. — Новосибирск: Наука, 2003. — 174 с.
3. Пестриков В.М., Морозов Е.М. Механика разрушения твердых тел: курс лекций. — СПб.: Профессия, 2002. — 320 с.
4. Котречко С.А., Мешков Ю.А. Предельная прочность. Кристаллы, металлы, конструкции. — К.: Наук. думка. 2008. — 296 с.
5. Кукуджанов В.Н. Компьютерное моделирование деформирования, повреждаемости и разрушения неупругих материалов и конструкций: Учебное пособие. — М.: МФТИ, 2008. — 215 с.
6. **Металлы и сплавы: Справочник** / Под ред. Ю.П. Солнцева - СПб.: НПО "Профессионал", 2007. — 1092 с.
7. Николаев О.С. Прочность металлов: Новые методы определения. — М.: Либроком, 2009. — 288 с.
8. Буров А.Е., Кокшаров И.И., Москвичев В.В. Моделирование разрушения и трещиностойкости волокнистых металлокомпози́тов. — Новосибирск: Наука, 2003. — 173 с.
9. Lemaître J., Desmorat R. Engineering damage mechanics. — Berlin: Springer-Verlag, 2005. — 402 p.
10. Баранникова С.А. Сопротивление материалов. Физические основы прочности конструкционных материалов: Учебное пособие. — Томск: Изд-во Томского гос.архит.-строит. ун-та, 2010. — 196 с.

в) ресурсы сети Интернет:

1. Программы: Maple, Mathematica, Matlab в электронной библиотеке «EqWorld – Мир математических уравнений» в Институте проблем механики РАН <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/software.htm#matlab>
2. Учебники, книги и журналы по механике в электронной библиотеке «EqWorld – Мир математических уравнений» в Институте проблем механики РАН <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ — <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ — <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань — <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента — <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт — <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com — <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks — <http://www.iprbookshop.ru/>

в) профессиональные базы данных (*при наличии*):
– Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>
– Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) – <https://www.fedstat.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Баранникова Светлана Александровна, доктор физико-математических наук, профессор; кафедра механики деформируемого твердого тела Физико-технического факультета, профессор