

**МЧС РОССИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«УРАЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ**

**СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ**

**ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ**

**И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**

Кафедра пожарной, аварийно-спасательной техники и специальных технических средств

**Реферат**

по теме: «Теории прочности»

Выполнила: курсант группы ТБ-323

факультета пожарной и техносферной безопасности

рядового внутренней службы

Ванина Дарья Олеговна

Руководитель: старший преподаватель кафедры

ПАСТиСТС

Королькова Ирина Юрьевна

Екатеринбург

2025

**Оглавление**

**Введение**

**Глава 1. Основные понятия и классификация теорий прочности**

**Глава 2. Виды теорий прочности**

**Глава 3. Методы расчета теорий прочности**

**Глава 4. Применение теорий прочности**

**Заключение**

**Теории прочности**

**Введение**

Теория прочности - это раздел механик, который изучает поведение материалов под воздействием внешних нагрузок. **Теория прочности** позволяет оценить прочность материала в разных напряжённых состояниях по определённому критерию прочности.

**Цель работы является** изучить при каких условиях материал в условиях сложного напряжённого состояния будет иметь равную прочность с материалом в условиях простого напряжённого состояния, например, одноосного растяжения

Основная цель теории прочности заключатся в определении внешних предельных состояний материала и конструкции, а также в обеспечении их надежности и долговечности.

**Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:**

* Рассмотреть основные понятия и классификация теорий прочности;
* Рассмотреть виды теории прочности;
* Изучить методы расчета теории прочности;
* Рассмотреть где применяется теория прочности

**Глава 1. Основные понятия и классификация теории прочности**

**Теория прочности** изучает условия, при которых материал переходит в опасное состояние, приводящее к разрушению, под действием внешних нагрузок.

Напряжение - это мера внутренней силы, действующей на единицу площади материала. Напряжение может быть нормальным (перпендикулярным к поверхности), касательным (параллельным к поверхности).

Нормальное напряжение - это проекция полного напряжения на нормаль к площадке рассматриваемого элемента, то есть оно расположено перпендикулярно грани элемента.

Касательное напряжение (напряжение сдвига) — это составляющая напряжения, которая действует **параллельно (по касательной) к плоскости сечения.**

В зависимости от действующих сил касательное напряжение может иметь любое направление в плоскости сечения. Для удобства его представляют в виде двух составляющих по направлению координатных осей.

### Примеры касательных напряжений

* Скручивание прутка. Сила на поверхности прутка направлена по касательной, обычно под углом 45°, и напряжение становится касательным.
* Разрушение материала острыми ножницами. Целостность материала нарушается под действием касательных напряжений, действующих параллельно к поперечному сечению.

Деформация - это изменение первоначальных размеров или формы тела, возникающее под воздействием внешних нагрузок.

В теории прочности выделяют следующие основные виды деформаций:

* Растяжение или сжатие — возникает, когда к стержню по его оси приложены противоположно направленные силы. Характеризуется изменением длины стержня.
* Сдвиг — характеризуется взаимным смещением параллельных слоёв материала под действием приложенных сил при неизменном расстоянии между слоями.
* Кручение — возникает при действии на брус внешних сил, образующих момент относительно его продольной оси.
* Изгиб — происходит искривление оси прямого бруса или изменение кривизны кривого бруса.

Рассматривают и более сложные деформации, получающиеся в результате сочетания нескольких основных.

Упругость - способность материала восстанавливать свою форму и размеры после прекращения действия внешних сил.

Теория упругости изучает деформации упругих твёрдых тел, их поведение при статических и динамических нагрузках. Основной закон — обобщённый закон Гука, согласно которому нормальные напряжения линейно зависят от деформаций.

Упругость лежит в основе расчётов на прочность, деформируемость и устойчивость конструкций в разных областях, например, в строительстве, авиа- и ракетостроении, горном деле.

Пластичность -  способность материала получать остаточные деформации, которые сохраняются после снятия внешней нагрузки.

Теория пластичности исследует напряжения и деформации в пластически деформируемых телах. Предполагается, что напряжённое состояние зависит только от пути нагружения в пространстве деформаций и не зависит от скорости этого нагружения.

Пластичность важна для машиностроения, где нужно рассматривать деформацию деталей и заготовок за пределами упругости, а также для геологии и проектирования сооружений (например, для грунтов и горных пород).

**Глава 2 Виды теорий прочности**

Среди существующих теорий прочности можно выделить три основных направлений развития:

1. экспериментально-феноменологическое, где основное внимание уделяется экспериментальному изучению поведения реальных материалов под внешней нагрузкой и при разрушении;
2. расчетно-аналитическое, основанное на обобщенных математических моделях изучения критериев прочности для непрерывных сред с учетом их вязкоупругости, пластичности, ползучести и реологического поведения без углубления в физику процессов;
3. структурно-физическое, в котором рассматривают закономерности структурных изменений в материале при его нагружении, например, дислокационные механизмы субмикроскопические нарушения в кристаллической решетке и вызванные нагрузкой их изменение, приводящее к разрушению.

Среди второго направления, где преобладают математические подходы к описанию пластического поведения материалов (главным образом металлов), можно выделить:

1. деформационные теории пластичности, основанные на изучении связи полной деформации с напряжениями;
2. теории течения на основе связи напряжений с приращениями деформаций;
3. теория идеально пластичных материалов, когда принимается закон идеальной пластичности (без упрочнения).

**Первая теория прочности** (теория наибольших нормальных напряжений) — гипотеза о том, что **опасное состояние материала наступает, когда наибольшее из главных напряжений достигает предельного значения**.

Первая теория прочности **не применяется** в инженерной практике. Она даёт удовлетворительные результаты **только для некоторых хрупких материалов** (например, камня, кирпича, керамики) при растяжении, когда напряжения значительно меньше предела прочности при одноосном. Основной недостаток первой теории прочности — **не учёт влияния двух других главных напряжений** на прочность материала. Например, при всестороннем сжатии цементного кубика теория приводит к ошибочным результатам, поскольку кубик выдерживает напряжения, во много раз превышающие предел прочности при одноосном сжатии.

Вторая теория прочности - гипотеза, согласно которой опасное состояние материала наступает, когда наибольшее относительное удлинение достигает предельного значения.

При расчётах на прочность по второй теории ограничивается величина наибольшего относительного удлинения, которая не должна превышать допускаемого значения, устанавливаемого опытами на одноосное растяжение или сжатие.

Вторая теория прочности пригодна для описания разрушения материалов от растягивающих напряжений. Однако попытки распространить её на сдвиговые механизмы разрушения материалов оказались неудачными.

В настоящее время вторая теория прочности не применяется в инженерных расчётах.

Некоторые недостатки второй теории прочности:

* Расхождение с экспериментальными данными при попытках применить теорию для объёмного сжатия материалов.
* Невозможность объяснить причины разрушения образца при одноосном сжатии

Третья теория прочности - гипотеза о критерии, определяющем условия перехода материала в опасное состояние.

Решающая роль максимального касательного напряжения. В сложном напряжённом состоянии прочность элемента считается исчерпанной, если наибольшее касательное напряжение достигает значения, определённого из опытов на простое растяжение.

Третья теория прочности широко используется при расчётах конструкций из пластичных материалов. Однако для хрупких материалов эта теория неприменима.

Теория объясняет, почему при всестороннем равномерном сжатии материал может выдерживать большие напряжения, не разрушаясь, но не объясняет причины разрушения при всестороннем равномерном растяжении. Также теория не учитывает влияние на прочность среднего главного напряжения σ2, которое, как показывают опыты, также сказывается на развитии пластических деформаций.

Третья теория прочности применяется, например, при расчёте валов на совместное действие изгиба и кручения. В этом случае опасными точками являются точки внешнего контура поперечного сечения, в которых возникают наибольшие по абсолютной величине нормальные и касательные напряжения.

**Четвёртая теория прочности** (энергетическая, гипотеза энергии формоизменения) основана на предположении, что **опасное состояние материала наступает, когда удельная потенциальная энергия изменения формы достигает предельного значения.** Теория была разработана тремя учёными: **М. Т. Губером** (1904), **Р. Э. Мизесом** (1913) и **Г. Генки** (1924).

### Основные гипотезы

* **Критерием прочности** является не вся удельная потенциальная энергия деформации, а только её часть, отвечающая за изменение формы.
* **Опасное состояние** наступает, когда удельная энергия формоизменения достигает значения, определённого из опытов на простое растяжение.

Четвёртая теория прочности **широко применяется** при расчётах на прочность конструкций из пластичных материалов. Для хрупких материалов она **неприемлема**.

Достоинство теории заключаются в учёт всех трёх главных напряжений. Однако она объясняет высокую прочность материала при всестороннем равномерном сжатии, но не может объяснить причины разрушения при равномерном всестороннем растяжении.

**Пятая, или энергетическая теория прочности**— гипотеза, которая связывает предельное состояние материала с достижением критической удельной потенциальной энергии формоизменения. Теория предложена в начале XX века. Её разработал немецкий учёный **К. О. Мор** (1835–1918) по аналогии с законом трения скольжения Кулона.

### Основные принципы

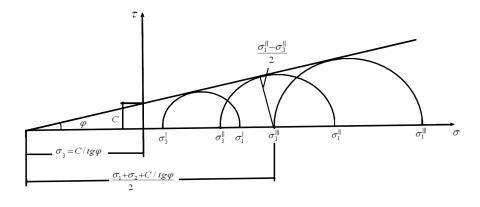
* При деформации элементарной частицы тела изменяются её форма и объём. Полная потенциальная энергия деформации состоит из двух частей: энергии формоизменения и энергии изменения объёма.
* Критерием перехода материала в предельное состояние принимается только энергия формоизменения.
* Опасное состояние материала в данной точке наступает, когда удельная потенциальная энергия формоизменения для этой точки достигает предельной величины.

Теория получила широкое распространение, так как хорошо подтверждается опытами для пластичных материалов.

Так же есть еще одна теория прочности, это теория прочности Мора (также известна как теория предельных напряжённых состояний) — одна из теорий прочности, в которой используются два критерия: нормальное и касательное напряжения. Окончательно теория сформулирована О. Мором в 1900 году.

Особенности теории:

* Основана на кругах напряжений. Из трёх кругов напряжений учитывается только наибольший, построенный на отрезке как на диаметре в координатных осях.



* Подходит для разных материалов. Теория применима как для проверки прочности хрупких материалов (чугун, бетон, кирпич), так и для проверки на прочность пластичных материалов (низкоуглеродистая сталь).
* Опирается на экспериментальные данные. По мере их накопления теория может уточняться.

 Некоторые недостатки теории: отсутствие влияния промежуточного главного напряжения σ2 и трудности построения огибающей линии предельных кругов Мора.

**Глава 3. Методы расчета теории прочности**

Для проведения расчета на прочность используются различные методы и технологии, — аналитические и упрощённые эмпирические. Аналитические методы опираются на математические модели, которые реализуются в программах визуального моделирования. Эмпирические методы — методы, основывающиеся на опыте при построении других, аналогичных объектов.

Среди аналитических методов расчета на прочность можно перечислить следующие методы строительной механики:

* метод конечных элементов(МКЭ);
* метод конечных объемов;
* метод конечных разностей;
* Вариационно-разностный метод (ВРМ-метод).

**Метод конечных элементов (МКЭ)** — это численный метод решения дифференциальных и интегральных уравнений, возникающих при математическом моделировании.

Исследуемая область разбивается на конечное количество элементов, которые соединяются между собой в определённом числе точек (узлах).  Каждый элемент описывается приближённой функцией, значения которой в узлах элемента являются решением задачи и заранее неизвестны. Вне своего элемента функция равна нулю.

Так как элемент связан с небольшим количеством соседних элементов, матрица уравнений имеет разрежённый вид, что значительно упрощает решение.

Метод конечных элементов используется в различных областях, например:

* Механика деформируемого твёрдого тела — для решения задач линейно-упругости, пластичности, устойчивости, контактных задач и других.
* Теплообмен — установление теплового потока, градиента температур.
* Гидродинамика — решение задач механики жидкости, например, течение жидкости в пористой среде.
* Электродинамика — моделирование электромагнитных полей.

**Метод конечных объёмов - численный метод интегрирования систем дифференциальных уравнений в частных производных**.

Суть метода: расчётная область разбивается на конечные объёмы (ячейки). Каждый объём имеет своё значение переменной, а связь между соседними объёмами моделируется через потоки. Для каждого конечного объёма формулируется закон сохранения соответствующей физической величины (например, массы, импульса, энергии). Эти уравнения интегрируются по объёму и на его границах, что позволяет связывать значения на границах соседних ячеек.

Метод конечных объёмов используется в различных областях, например:

* Гидродинамика — моделирование потоков жидкостей и газов, включая задачи обтекаемости.
* Теплопередача — решение задач о распределении температуры в твёрдых телах.
* Аэро- и гидродинамическое моделирование — прогнозирование поведения воздушных и водных потоков.
* Экологические модели — моделирование распространения загрязняющих веществ в атмосфере и водных ресурсах.

Некоторые модификации метода конечных объёмов:

* Использование блочно-структурированных сеток. Область течения разбивается на несколько подобластей (блоков) относительно простой формы, в каждой из которых строится своя расчётная сетка.
* Учёт изменяющейся проницаемости среды. В модифицированных версиях метода для моделирования потоков жидкости используется понятие эффективного объёма ячейки, что позволяет учитывать пористость среды.

Преимущества метода конечных разностей:

* универсальность, возможность решения задач с граничными условиями в одномерных и многомерных системах;
* относительная простота построения решающего алгоритма и его программной реализации.

Недостатки метода:

* проблематичность использования на нерегулярных сетках;
* быстрый рост вычислительной трудоёмкости при увеличении размерности задачи (числа неизвестных переменных);
* сложность аналитического исследования свойств разностной схемы.

Метод конечных разностей применяется для решения, например:

* Динамического изгиба жёстко защемлённой призматической балки под действием внезапно приложенной равномерно распределённой нагрузки.
* Задачи Дирихле для уравнения Лапласа в квадрате, где нужно найти непрерывную функцию, удовлетворяющую уравнению и принимающую на границе квадрата заданные функции.

Вариационно-разностный метод (ВРМ) — приближённый способ расчёта строительных конструкций. Он основан на вариационных принципах механики и разработан Д. С. Гриффином и Р. Б. Келлогом.

Суть ВРМ заключается в том, чтобы свести задачу минимизации функционала полной потенциальной энергии к задаче минимизации функции многих переменных, отнесённых к узлам конечно-разностной сетки.

Некоторые достоинства метода:

* простота математической формулировки задачи;
* ясный физический смысл используемого функционала;
* автоматическое выполнение уравнений равновесия и статических граничных условий;
* возможность использования метода для расчёта тел сложной формы, в том числе неоднородных по деформационно-прочностным характеристикам материалов.

ВРМ применяют для решения краевой задачи теории упругости (плоская деформация). Метод используют при расчёте балок, балочных плит и приближённых к ним расчётных моделей упругих элементов конструкций.

**Глава 4. Применение теорий прочности**

Теории прочности находят широкое применение в различных областях, они играют ключевую роль в инженерии и строительстве, обеспечивая безопасность и надежность конструкций:

* Строительство – проектирование зданий и сооружений – инженеры рассчитывают нагрузки, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации, и выбирают соответствующие материалы.

Анализ устойчивости конструкций при проектировании мостов, необходимо учитывать динамические нагрузки от движения транспорта и ветра.

В случае повреждения конструкций важно определить, какие элементы могут выйти из строя и как это повлияет на общую безопасность.

* Машиностроение – создание деталей машин, которые должны выдерживать различные нагрузки и условия эксплуатации, оптимизируют конструкции используя методы конечных элементов, могут создать более легкие и экономичные конструкции без потери прочности.
* Авиа и космонавтики – анализ прочности конструкций самолетов и космических аппаратов, работающих в экстремальных условиях, к ним требуется особое внимание, здесь критически важно учитывать нагрузки при взлете, посадке и полете. Современные самолеты часто изготавливаются из композитов, которые требуют особых расчетов на прочность.

Также теории прочности нашли применение в других отраслях. Автомобильной промышленности для обеспечения безопасности автомобилей при столкновении разрабатываются конструкции, способные поглощать энергию удара.

В энергетике, при проектировании трубопроводов и резервуаров для хранения нефти, и газов необходимо учитывать давления и колебания.

**Заключения**

Прочность — способность материала сопротивляться действию внешних сил, не разрушаясь. Часто под прочностью понимают способность сопротивляться развитию пластических деформаций под действием внешних сил.

Существует несколько теорий прочности, например, теория максимальных нормальных напряжений, предложенная Г. Галилеем в 1636 году, или теория максимальных касательных напряжений, разработанная Ш. Кулоном и Х. Треска.

Однако, по некоторым оценкам, вполне сложившейся теории прочности, которая бы объясняла все важнейшие факты, до сих пор не существует. При разработке теорий прочности преобладает феноменологический подход: описывают внешние проявления поведения реальных тел под нагрузкой.

Некоторые особенности прочности конструкционных материалов: они имеют явно выраженный температурно-временной и статистический характер.

Цель расчёта на прочность — определение размеров деталей или величины внешних нагрузок, при которых исключается возможность разрушения элемента конструкции.

Теория прочности является ключевым элементом в инженерной практике, обеспечивая безопасность надежность конструкции. Постоянное развитие методов анализа и испытаний позволяет улучшать качество материалов и конструкций, что в свою очередь способствует прогрессу в различных отраслях промышленности. Понимания основ теории прочности необходимо для каждого инженера, работающего с материалами и конструкциями.

Таким образом, изучение механизмов деформирования и разрушения, а также совершенствование методов оценки предельных напряжений и долговечности — актуальная проблема физики и механики разрушения и деформирования твёрдого тела

**Список литературы**

* 1. Горшков, А. Г. Сопротивление материалов: учеб. пособие / А. Г. Горшков, В. Н. Трошин, В. И. Шалашилин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
  2. Александров, А. В. Сопротивление материалов: учеб. для вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин. – М.: Высш. шк., 2003.
  3. Филимонов, В. И. Теория обработки металлов давлением / В. И. Филимонов, О.В. Мищенко – Ульяновск: УлГТУ, 2012
  4. Александров, А. В. Сопротивление материалов: учеб. для вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин. – М.: Высш. шк., 2003.
  5. Н. А. Костенко Сопротивление материалов: учеб пособие /– М.: Высш. шк., 2004.
  6. Александров, А. В. Сопротивление материалов. 7-е изд. / А. В. Александролв, В. Д. Потапов, Б. П. Державин — М.: Высшая школа, 2009