

15.01.2026 ТЕМА: «Деформации твёрдого тела. Растяжение и сжатие. Сдвиг. Модуль Юнга. Предел упругих деформаций» (выделенное красным под запись в тетрадь)

Под нагрузкой материалы деформируются. Это связано с тем, что нагрузка вызывает перемещение частиц тела относительно друг друга. Деформация сопровождается изменением величин межатомных сил, мерой которого является *механическое напряжение*.

Деформация тела – изменение формы или объёма тела под действием внешних сил.

Изменение длины тела $\Delta l = l - l_0$, где l_0 – начальная длина недеформированного тела, l – длина деформированного тела, принято называть величиной деформации.

Величина деформации – это скалярная физическая величина, которая может быть и положительной (тело растягивается), и отрицательной (тело сжимается).

Сила упругости направлена против смещения частей тела при деформации, возникает в деформируемом теле, но приложена к тому объекту, действием которого вызвана деформация.

Виды и типы деформации

Деформации разделяются на два типа:

- обратимые или **упругие** – исчезают после окончания действия приложенных сил;
- необратимые или **неупругие** (пластические, ползучести) – остаются после окончания действия приложенных сил.

Пластические деформации – это необратимые деформации, вызванные изменением напряжений. Пластичностью называется способность вещества получать большие остаточные деформации без разрушения.

Деформации ползучести – это деформации, возникающие под действием длительного воздействия на тело постоянного напряжения.

Ползучесть и пластичность внешне схожи, но механизм ползучести имеет преимущественно диффузионную природу, а пластичность связана с быстрым скольжением вдоль атомных плоскостей. При температурах, близких к температуре плавления, различие между этими видами деформации исчезает.

Наиболее простые **виды деформации**: 1) растяжение / сжатие, 2) сдвиг, 3) изгиб, 4) **кручение**. Практически любую деформацию можно представить одновременным наложением нескольких из указанных видов простой деформации, которые, в конечном счете, могут быть сведены к двум первым видам.



Упругие и неупругие деформации

Упругая деформация – деформация, при которой после прекращения действия силы размеры и форма тела полностью восстанавливаются. Деформация перестает быть упругой, если внешняя сила становится больше определенной величины, которая носит название предела упругости. При таком виде деформации происходит возврат частиц из новых положений равновесия в кристаллической решетке в старые. Тело полностью восстанавливает свои размеры и форму после снятия нагрузки.

Неупругая деформация — деформация, при которой происходит необратимая перестройка кристаллической решетки.

Упругие деформации весьма малы, и их измерение требует высокой точности. Измерение деформаций называется *тензометрией*.

Закон упругой деформации (закон Гука)

Закон Гука: Для тонкого растяжимого стержня модуль силы упругости прямо пропорционален величине деформации: $F_{\text{уп}} = k |\Delta l|$, где k — коэффициент пропорциональности (коэффициент упругости), называемый *жёсткостью*; Δl — абсолютное удлинение (сжатие) стержня.

Единица измерения жёсткости в системе СИ: Н/м. Коэффициент упругости зависит от материала, формы и размеров деформируемого тела. Можно выделить зависимость от размеров стержня (площади поперечного сечения — S и длины — L) явно, записав коэффициент упругости как $k = ES/L$.

Величина E называется *модулем Юнга*. Если ввести относительное удлинение $\varepsilon = \Delta l/l$ и нормальное напряжение в поперечном сечении $\sigma = F/S$, то закон Гука для относительных величин запишется как $\sigma = E\varepsilon$. В такой форме он справедлив для любых малых объёмов материала. Также при расчёте прямых стержней применяют запись закона Гука в относительной форме $\Delta l = F/ES$.

Внимание! Если тело отсчёта выбранной ИСО расположить у свободного конца деформируемого тела, то при его деформации координата этого конца тела равна величине деформации. Тогда формула закона Гука, записанного для проекции силы упругости, принимает вид: $F_{\text{уп},x} = -kx$. Знак «минус» в этом случае указывает на то, что сила упругости направлена в сторону, противоположную смещению частей тела при деформации.

Величины деформаций, для которых справедлив закон Гука, определяются экспериментально для каждого деформируемого тела.

Внимание! Линейная зависимость между модулем силы упругости и удлинением пружины (закон Гука) лежит в основе способа измерения силы с помощью динамометра.

При этом модуль измеряемой силы равен силе упругости пружины, которая, в свою очередь, рассчитывается по величине деформации. Для правильного измерения силы, растягивающей пружину динамометра, необходимо, чтобы во время измерения динамометр находился в покое или двигался прямолинейно и равномерно! Только в этом случае модуль измеряемой силы и модуль силы упругости равны друг другу.

Закон Гука — описывает поведение деформируемого твердого тела в зоне упругости. Закон Гука выполняется только при малых деформациях. При превышении предела пропорциональности связь между силой и деформацией становится нелинейной. Для многих сред закон Гука неприменим даже при малых деформациях.

Частные случаи силы упругости:

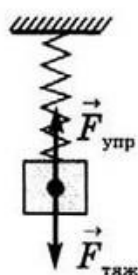
1. **Сила реакции опоры N :** возникает при деформации опоры, приложена к телу, деформирующему опору, и направлена перпендикулярно поверхности опоры.
2. **Сила натяжения (нити, сцепки) T :** возникает в нити, приложена к телу, действие которого вызывает деформацию нити, и направлена вдоль нити в сторону, противоположную деформации.

Внимание! При решении задач часто используется физическая модель «невесомая нерастяжимая нить». Если нить невесома, то она не рассматривается в качестве отдельного тела, для неё не пишется уравнение движения. Условие невесомости приводит также к тому, что силы упругости, возникающие в нити и приложенные к двум связанным телам, равны по модулю (исключение могут составлять задачи, в которых нить перекинута через весомый блок). Нерастяжимость нити приводит к тому, что связанные ею тела движутся с одинаковым по модулю ускорением.

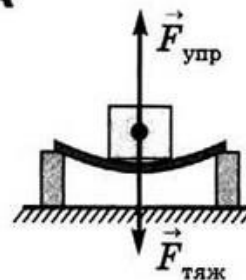
Предел упругих деформаций (предел упругости) — механическая характеристика материала, показывающая максимальное значение напряжения, при котором в элементах конструкций не возникает остаточных деформаций (имеют место только упругие деформации). Если предел перейден, то после него тело уже не может вернуться к первоначальному, недеформированному состоянию и сохраняет изменения формы. Такие деформации называются остаточными, или пластическими.

Предел упругости измеряют в **паскалях (Па)**

СИЛА УПРУГОСТИ. ЗАКОН ГУКА



$$F_{\text{упр}} = F_{\text{тяж}}$$



СИЛА УПРУГОСТИ

*сила, возникающая в результате деформации тела
и направленная в сторону противоположную
перемещению частиц тела*

ВИДЫ ДЕФОРМАЦИИ



ЗАКОН ГУКА

*модуль силы упругости при растяжении (или сжатии) тела
прямо пропорционален изменению длины тела*

справедлив только для
УПРУГОЙ деформации

$$F_{\text{упр}} = k\Delta l$$

Δl – удлинение тела

k – жесткость тела

$$\Delta l = l - l_0$$

k зависит от:

- формы
- размеров
- материала

