

Раздел II. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Тема 2.3. Сдвиг (срез)

Занятие №1.

Учебные вопросы:

1. Напряжения при сдвиге
2. Расчеты на прочность при сдвиге
3. Деформация и закон Гука при сдвиге

1. Напряжения при сдвиге

Сдвигом называется такой вид деформации, при которой в любом поперечном сечении бруса возникает только **поперечная сила**. Деформацию сдвига можно наблюдать, например, при резке ножницами металлических полос или прутков (рис. 2.13, а). Рассмотрим брус площадью поперечного сечения A , перпендикулярно оси которого приложены две равные и противоположно направленные силы F ; линии действия их параллельны и находятся на относительно небольшом расстоянии друг от друга. Для определения поперечной силы Q применим метод сечений (рис. 2.13, б).

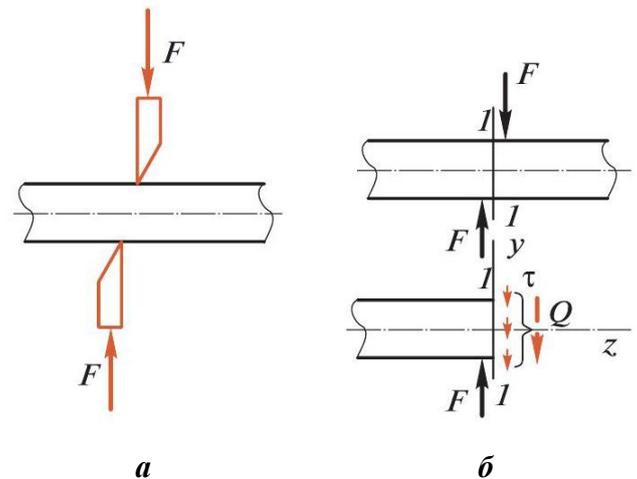


Рис. 2.13. Пример деформации сдвига

Во всех точках поперечного сечения действуют распределенные силы, равнодействующую которых определим из условия равновесия оставленной части бруса:

$$\sum Y = 0; F - Q = 0,$$

откуда определим поперечную силу

$$Q = F.$$

Поперечная сила есть равнодействующая внутренних касательных сил в поперечном сечении при сдвиге.

Естественно считать, что при сдвиге в поперечном сечении бруса действуют только касательные напряжения τ . Предполагаем, что эти напряжения распределены по сечению равномерно и, следовательно, их можно определить по формуле

$$\tau = \frac{Q}{A}.$$

Очевидно, что при сдвиге форма сечения на значение напряжения не влияет.

2. Расчеты на прочность при сдвиге

Условие прочности детали конструкции заключается в том, что наибольшее напряжение, возникающее в ней (рабочее напряжение), не должно превышать допускаемое.



Расчетная формула при сдвиге

$$\tau = \frac{Q}{A} \leq [\tau]$$

читается следующим образом: **касательное напряжение при сдвиге, вычисленное по формуле $\tau = Q/A$, не должно превышать допускаемое.**

По этой расчетной формуле проводят проектный и проверочный расчеты и определяют допускаемую нагрузку

Деформация сдвига, доведенная до разрушения материала, называется **срезом** (применительно к металлическим деталям) или **скалыванием** (применительно к неметаллическим конструкциям).

Допускаемое напряжение на срез выбирают для пластичных материалов в зависимости от предела текучести. В машиностроении для штифтов, болтов, шпонок и т.п. принимают

$$[\tau_{ср}] = (0,25 \dots 0,35)\sigma_T.$$

Для древесины допускаемые напряжения на скалывание во врубках колеблются в пределах от 0,5 до 1,4 МПа и зависят от сорта дерева и направления врубки по отношению к направлению волокон.

При расчетах на срез в случае, если соединение осуществляется несколькими одинаковыми деталями (болтами, заклепками и т.д.), полагают, что все они **нагружены одинаково.**

Расчеты соединений на срез обычно сопровождают проверкой прочности этих соединений на смятие.

3. Деформация и закон Гука при сдвиге

Для установления параметров, характеризующих деформацию при сдвиге, рассмотрим элемент бруса в виде параллелепипеда $abcd$, на грани которого действуют только касательные напряжения τ , а противоположную грань параллелепипеда представим жестко зашкеленной (рис. 2.14). Деформация сдвига в указанном элементе заключается в перекашивании прямых углов параллелепипеда за счет поступательного перемещения грани bc по отношению к сечению, принятому за неподвижное. Деформация сдвига характеризуется углом γ и называется **углом сдвига**, или **относительным сдвигом** (так как этот параметр не зависит от расстояния h , на котором происходит сдвиг). Величина bb_1 на которую смещается подвижная грань относительно неподвижной, называется **абсолютным сдвигом**. Относительный сдвиг γ выражается в радианах.

Напряжения и деформации при сдвиге связаны между собой зависимостью, которая называется **законом Гука при сдвиге.**

Закон Гука при сдвиге справедлив лишь в определенных пределах нагружения и формулируется так: **касательное напряжение прямо пропорционально относительному сдвигу.**

Математически закон Гука можно записать в виде равенства

$$\tau = G\gamma.$$

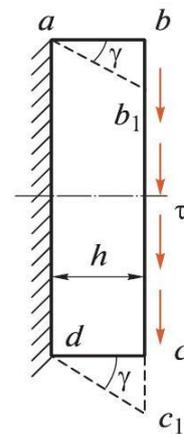


Рис. 2.14. Жестко зашкеленный параллелепипед



Коэффициент пропорциональности G характеризует жесткость материала (т.е. способность сопротивляться упругим деформациям) при сдвиге и называется **модулем сдвига**, или **модулем упругости второго рода**.

Модуль упругости и напряжение имеют одинаковую размерность:

$$[G] = \frac{[\tau]}{[\gamma]} = \text{Па.}$$

Приведем значения G , МПа, для некоторых материалов:

Чугун	$4,5 \cdot 10^4$
Сталь.....	$8,1 \cdot 10^4$
Медь.....	$(4,0 \dots 4,9) \cdot 10^4$
Латунь.....	$(3,5 \dots 3,7) \cdot 10^4$
Алюминий	$(2,6 \dots 2,7) \cdot 10^4$
Дерево.....	$0,055 \cdot 10^4$

В заключение отметим, что между тремя упругими постоянными E , G и ν существует следующая зависимость: $G = E/[2(1 + \nu)]$.

Принимая для сталей $\nu \approx 0,25$, получаем $G_{ст} \approx 0,4E_{ст}$.