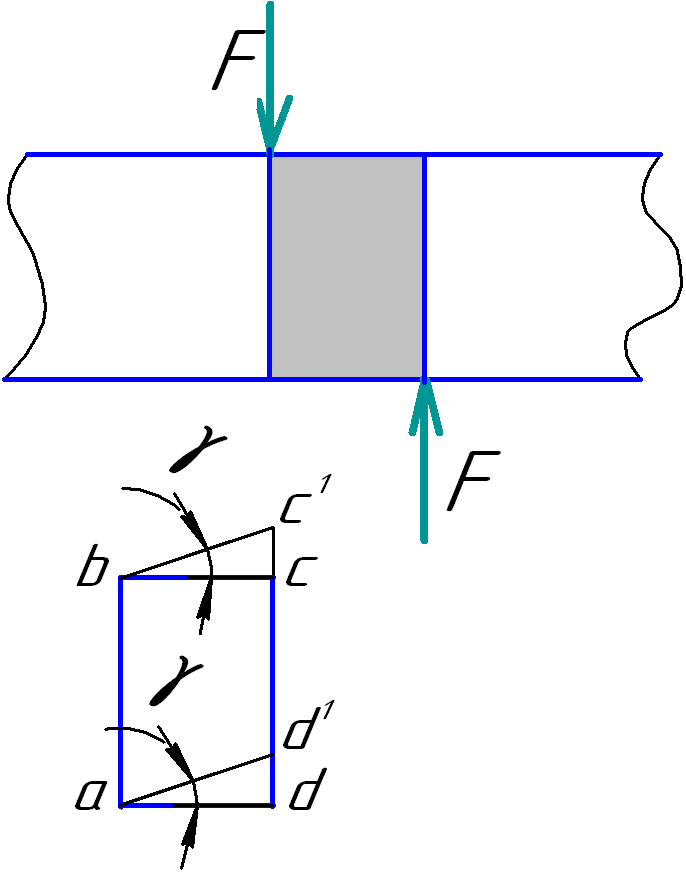
**Лекция 14 Сдвиг (срез, скалывание, смятие). Условия прочности**

*Подробно тема лекции изложена в учебных пособиях, указанных в «Литературе»*

Деформация сдвиг (срез и скалывание)

С этим видом деформации каждый из Вас многократно сталкивался, когда что-либо резал ножницами. Особенно характерно проявляется последовательность деформации (сначала сдвиг, а затем срез) если ножницы тупые и разболтанные. Обратите внимание на срез листового металла после гильотинных ножниц. Срез не перпендикулярен плоскости листа, а слегка наклонен, кроме того по направлению реза тянется заусенец. Представим эту деформацию графически.

Силы F – это силы, создающиеся лезвиями ножниц. Вся деформация происходит в зоне прямоугольника abcd, который в результате деформации превращается в параллелограмм.

Величина cc1 ≈ dd1 называется абсолютным сдвигом.

cc1/bc = tg γ ≈ γ – относительный сдвиг.

Для деревянных конструкций деформация сдвиг носит название скалывание.

При сдвиге в сечении возникает только поперечная сила Q, следовательно и касательные напряжения τ.

Условие прочности при сдвиге (срезе и скалывании) записывается так:

τ = Q/А ≤ [τ]

При сдвиге (как и при растяжении) существует зависимость между напряжением и деформацией. Эта зависимость выражается законом Гука

- напряжения пропорциональны относительному сдвигу

τ = G\*γ,

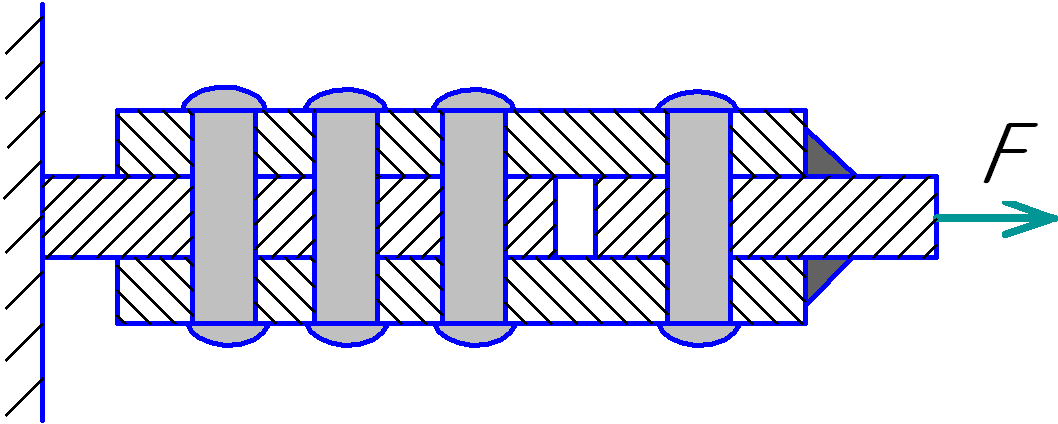
где G – модуль сдвига (МПа). Между модулем упругости Е и модулем сдвига G существует зависимость

G = Е/[2(1 + μ)],

где μ – коэффициент Пуассона.

При прочих равных условиях (одинаковые внутренние усилия, равные площади сечений) касательные напряжения более опасны, чем нормальные, поэтому [τ] < [σ].

Рекомендуется [τ] = 0,5…0,6 [σ].



На сдвиг (срез) чаще всего приходится рассчитывать заклепки и сварные швы.

В качестве примера рассмотрим комбинированное соединение. Расчетная схема показана на рисунке.

*Дано*: F = 10000 Н; σв = 400 МПа.

*Определить*: диаметры всех заклепок и параметры сварного шва.

Запишем условие прочности

τ = Q/А ≤ [τ]

Предположим, что условие работы конструкции средней опасности. Принимаем n = 4.

[σ] = σв/ n = 400/4 = 100 МПа. [τ] = 0,5 [σ] = 50 МПа.

Проанализируем рассчитываемую конструкцию. Она состоит из двух частей, работающих независимо друг от друга. Левая часть ( 3 заклепки) – это одна бригада; правая часть (заклепка и сварной шов) – вторая бригада. Поэтому решение задачи раскладывается на две части.

Рассмотрим левую часть.

В сечениях заклепок возникает поперечная сила Q∑ = F = 10000 Н. Из условия прочности суммарная площадь срезов равна:

А∑ ≥ Q∑/[τ] = 10000/50 = 200 мм2.

Это общая площадь срезов, а нам нужна площадь одного среза.

Для ее нахождения запишем простую формулу.

А∑ = А1\*i\*m,

где А1 – площадь одного среза;

i – число заклепок;

m – число срезов на одной заклепке.

А1 = А∑ /( i\* m) = 200/(3\*2) = 33,3 мм2.

А1 = π\*d2/4 ≈ 0,8 d2.

Отсюда

d ≥ √ А1/0,8 = √ 33,3/0,8 = 6,5 мм.

Диаметры заклепок должны быть не меньше 6,5 мм.

Рассмотрим правую часть.

Здесь решение не однозначно, поскольку силу F удерживают два разных элемента: заклепка и сварной шов. Можно записать

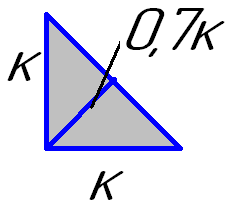
Q∑з + Q∑ш = F.

Имеем одно уравнение с двумя неизвестными. Для получения 2-го уравнения необходимо решить, какую часть нагрузки отдать заклепке, а какую шву. Предположим, что Q∑з = 0,2 F, соответственно Q∑ш = 0,8 F. Теперь решение задачи можно продолжить.

А∑з ≥ Q∑з/[τ] = 2000/ 50 = 40 мм2. А1з = А∑з /( i\* m) = 40/(1\*2) = 20 мм2.

dз ≥ √ А1з/0,8 = √ 20/0,8 = 5 мм.

А∑ш ≥ Q∑ш/[τ] = 8000/50 = 160 мм2.

И

В расчетах сварной шов рассматривается как равнобедренный прямоугольный треугольник. Если шов лопнет, то он лопнет по самому тонкому месту, что

составляет 0,7к. Очевидно, что шов лопнет по всей длине.

Отсюда: А∑ш = 0,7к\*l∑, где l∑ - общая длина шва.

Имеем одно уравнение с двумя неизвестными. Одним из параметров задаются, а второй определяют. При сварке тонколистового материала обычно задают катет, равный толщине листа, а l∑ определяют. Если места под сварку мало, задают l∑ по контуру примыкания, неизвестным остается к.

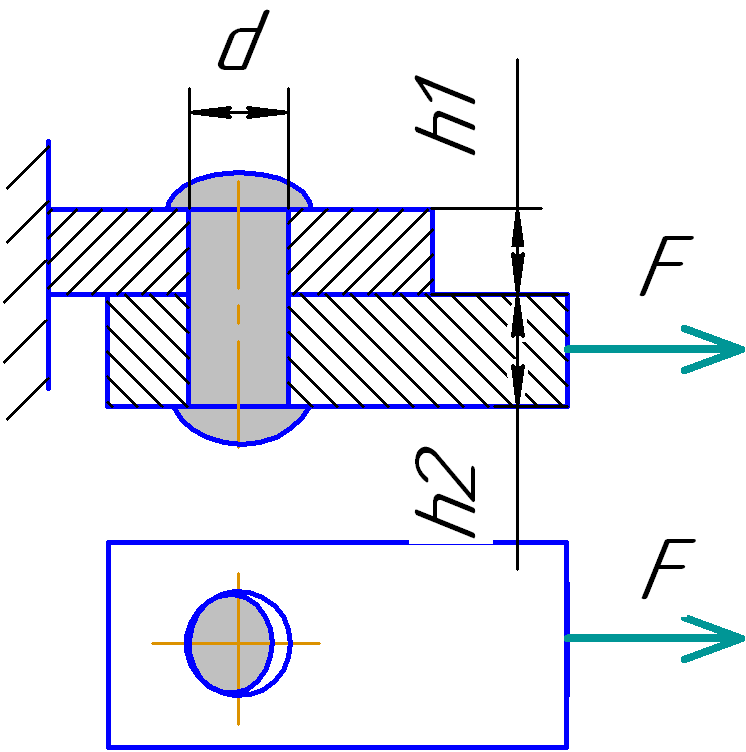
Зададимся катетом – к = 3мм., тогда

l∑ ≥ А∑ш/(0,7\*к) = 160/(0,7\*3) = 76 мм.

Исходя из полученного результата, выбираются на конструкции места под сварку. При этом общая длина швов должна быть не менее 76 мм.

Деформация смятия

При работе конструкций (особенно в динамическом режиме) в элементах соединений (болтовых, шпоночных и др.) возникает деформация смятия. Сечение элемента искажается, например, круглое сечение становится овальным, боковая поверхность шпонки увеличивается в размерах, при этом уменьшается ширина шпонки и т.д. В результате в соединении появляются не допустимые зазоры и люфты. Поэтому заклепки, болты, шпонки и др. кроме расчета на сдвиг, проверяют на смятие.

Расчетная схема заклепки на смятие показана на рисунке.

Боковая поверхность заклепки сминается (сжимается), следовательно на поверхности возникают нормальные напряжения σсм.

Условие прочности на смятие записывается в виде

σсм = F/Асм ≤ [σ]см .

Очевидно, что смять (раздавить) стержень труднее, чем его разорвать. Следовательно [σ]см > [σ].

Рекомендуется [σ]см  ≈ 2[σ].

Осталось определить Асм.

Сминается боковая поверхность заклепки. При разных толщинах листов наибольшая деформация будет в зоне тонкого листа. А вот какая часть окружности попадет под смятие совершенно не очевидно. Считается, что эта часть будет не меньше d. Следовательно можно записать Асм = hmin \* d.

Деформация смятия – проверочный вид деформации, то есть все материалы, размеры и силы известны. Задача ответить на вопрос – выдержит или нет ?. Если ответ будет отрицательным, нужно увеличить Асм за счет d и hmin или количества заклепок.