

§ 2.7. Определение нормальных напряжений при плоском поперечном изгибе

Если при изгибе кроме изгибающего момента появляется поперечная сила, гипотеза плоских сечений неприменима, так как имеет место деформация поперечных сечений (рис. 2.7.1).

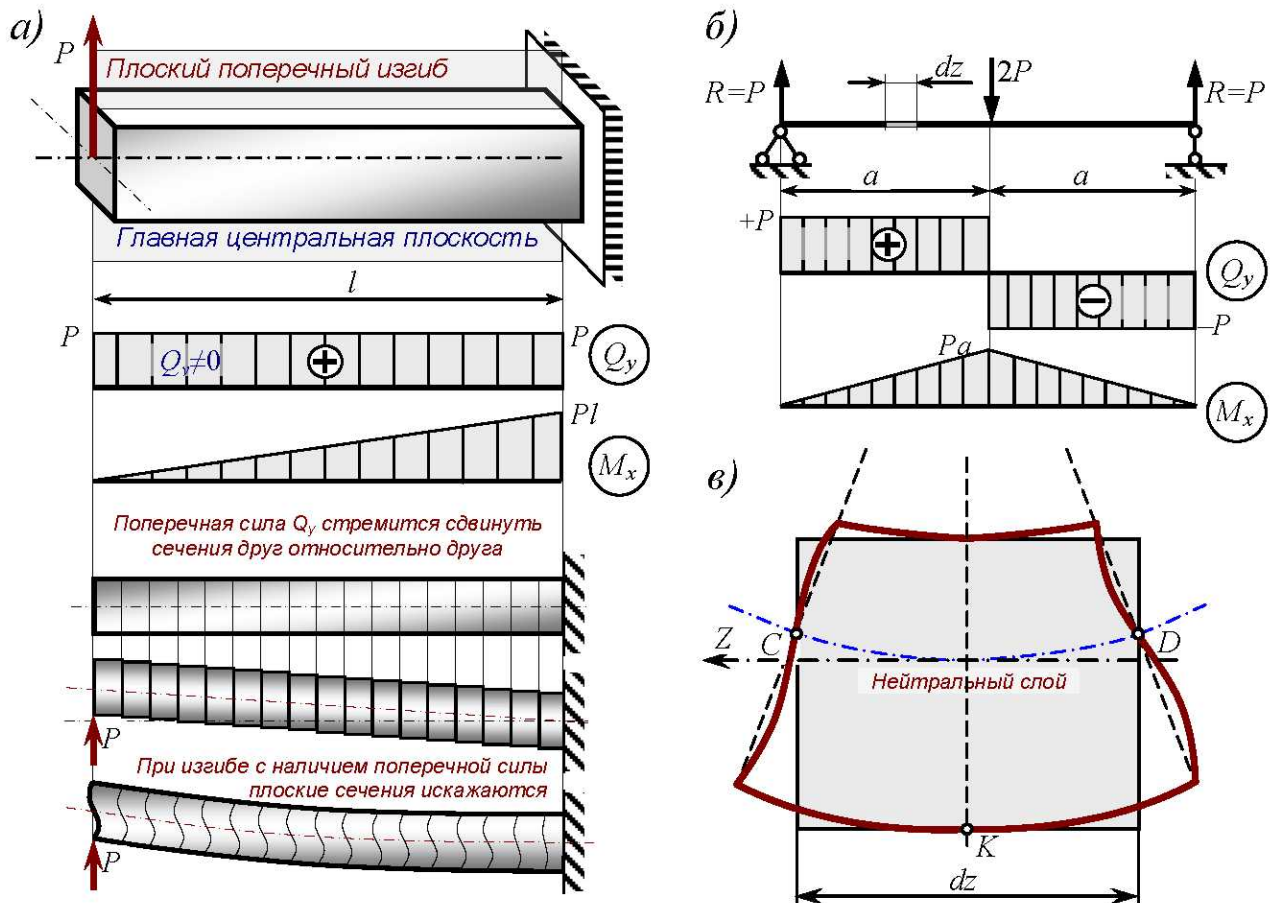


Рис. 2.7.1. Плоский поперечный изгиб

Величина этой погрешности зависит от таких факторов как геометрические параметры бруса и условия его закрепления, форма и размеры поперечного сечения, величина и характер внешней нагрузки.

В частности, если поперечная сила Q_y не меняется по длине стержня, искривление всех поперечных сечений происходит одинаково, поэтому при взаимном повороте двух смежных сечений удлинение (укорочение) продольного волокна будет одинаковым как для плоских, так и для деформированных сечений.

При поперечной силе, изменяющейся по длине стержня, погрешность будет зависеть от отношения l/h (длины стержня к высоте сечения) — чем оно больше, тем меньше будет погрешность. В соответствии с

определением балки (тело, у которого два размера много меньше третьего) это условие выполняется по определению.

Таким образом, для определения нормальных напряжений при плоском поперечном изгибе в большинстве практических случаев можно пренебречь искажениями плоских сечений и использовать формулу, полученную для прямого чистого изгиба:

$$\sigma_z = \frac{M_x}{I_x} y.$$

Оценим величины нормальных и касательных напряжений, для консольной балки прямоугольного сечения, нагруженной на свободном конце сосредоточенной силой, показанной на рис. 2.6.1, а. Максимальные нормальные напряжения здесь будут равны

$$\sigma_z^{\max} = \frac{M_x^{\max}}{W_x} = \frac{Pl \cdot 6}{bh^2}.$$

Максимальное касательное напряжение, будет иметь место посередине высоты сечения и, в соответствии с формулой Журавского для прямоугольного сечения равно

$$\tau_{xy}^{\max} = \frac{3 Q_y}{2 A} = \frac{3 P}{2 bh}.$$

Найдем отношение этих напряжений:

$$\frac{\tau_{xy}^{\max}}{\sigma_z^{\max}} = \frac{3 P}{2 bh} \frac{bh^2}{Pl \cdot 6} = \frac{1}{4} \frac{h}{l},$$

то есть

$$\tau_{xy}^{\max} = \frac{h}{4l} \cdot \sigma_z^{\max}.$$

Таким образом, уже при отношении $l/h = 5$

$$\tau_{xy}^{\max} = \frac{1}{4 \cdot 5} \cdot \sigma_z^{\max} = \frac{1}{20} \cdot \sigma_z^{\max},$$

то есть, максимальные касательные напряжения не превышают 5% от максимальных нормальных. Увеличение отношения l/h увеличивает эту разницу. Поэтому при расчетах конструкций на изгиб опасное сечение определяют по экстремальному значению эпюры изгибающего момента.