

ПУСТОТЕЛЫЕ БАЛКИ РАВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

А. А. КАТЬКАЛО, В. А. КЕМОВА

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Балки равного сопротивления давно применяются в технике. Это рессоры, широко используемые в автомобилестроении, а также ступенчатые валы в машиностроении. Применение балок равного сопротивления в других отраслях ограничено. Это связано со сложностью их изготовления и кривизной наружных поверхностей.

Условие прочности балки постоянного поперечного сечения описывается выражением

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x(\max)}{W_x} = [\sigma],$$

где $M_x(\max)$ – наибольшее значение изгибающего момента в опасном сечении балки; W_x – момент сопротивления поперечного сечения балки.

Проектирование балки равного сопротивления рассмотрим для прямоугольного поперечного сечения (рис. 1). Для преобразования ее в балку равного сопротивления следует изготовить поперечное сечение с изменяющейся высотой.

Высота балки $h(z)$ равного сопротивления описывается выражением

$$h(z) = \sqrt{\frac{6}{b \cdot [\sigma]}} \cdot \sqrt{M_x(z)},$$

где b – ширина балки; $M_x(z)$ – аналитическое выражение для изгибающего момента.

Эпюры изгибающих моментов в большинстве случаев описываются линейной функцией или квадратичной параболой. Высота в обоих случаях описывается криволинейными функциями. Это ограничивает их практическое использование.

Возникающую в балке равного сопротивления кривизну можно «спрятать» внутри конструкции. Прообраз пустотельной балки равного сопротивления представлен на рис. 2.

В данном исследовании рассматривается конструкция сплошного прямоугольного поперечного сечения и с пустотами внутри (рис. 3).

При создании пустоты внутри балки момент сопротивления сечения с

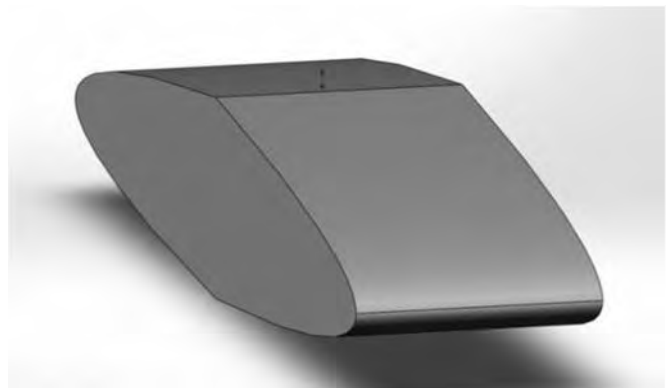


Рис. 1. Внешний вид балки равного сопротивления

пустотой $W_x^1(z)$ должен быть равен моменту сопротивления балки равного сопротивления:

$$W_x^1(z) = W_x(z).$$

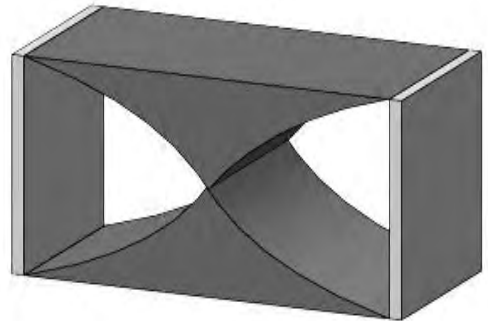
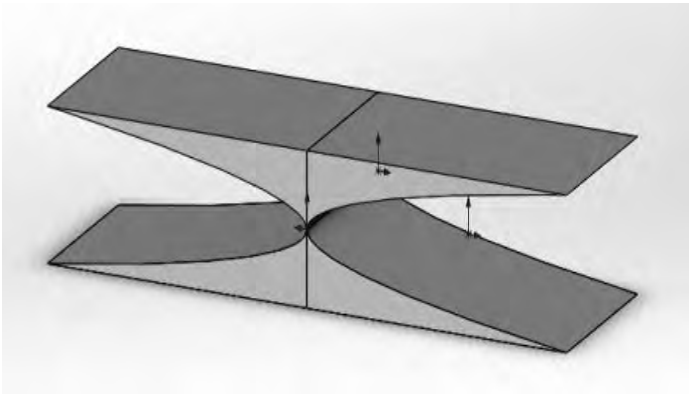


Рис. 2. Прообразы пустотелой балки равного сопротивления

Момент сопротивления пустоты поперечного сечения можно определить как

$$W_x^1(z) = \frac{b \cdot h^2}{6} - \frac{b \cdot h^1(z)^2}{6}; \quad W_x(z) = \frac{M_x(z)}{[\sigma]}.$$

Приравняв эти выражения, получим

$$h^1(z) = \sqrt{h^2 - \frac{6 \cdot M_x(z)}{b \cdot [\sigma]}}.$$

Снижение массы конструкции будет пропорционально площади продольного сечения A (одной четверти), которую можно вычислить по формуле

$$A = \frac{1}{2} \int_0^l h^1(z) dz.$$

Теоретически снижение массы балки за счет равенства нормальных напряжений составляет до 60 %. Объясняется это увеличением момента сопротивления сплошного сечения на два удаленных. Учет касательных напряжений уменьшает это снижение. Реально масса конструкции снижается на 45 %...55 %, что зависит от способа обеспечения жесткости балки: боковыми или торцевыми или боковыми и торцевыми совместно пластинами.

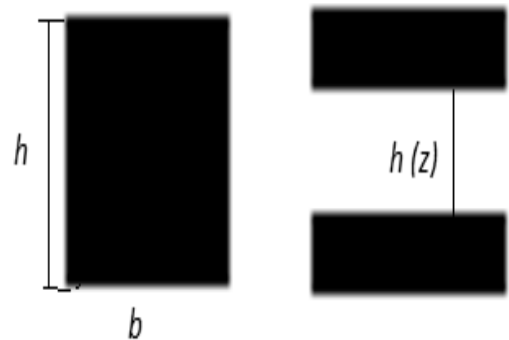


Рис. 3. Поперечные сечения балок