

ОСОБЕННОСТИ ИЗГИБА ТОНКОСТЕННЫХ БАЛОК ОТКРЫТОГО ПРОФИЛЯ

Реут Л.Е., Шабунько А.А., Шороп А.А.

Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь.

Тонкостенные прокатные профили, используемые в конструкциях, имеют особую конфигурацию сечения, которая характеризуется наличием вертикальных и горизонтальных участков очень малой толщины и большой протяженности, в результате чего в сечении имеет место резкий перепад его размеров по ширине. Такая форма создает целый ряд особенностей поведения элемента при изгибе и эта особенность связана с возникающими на участках сечения касательными напряжениями. Наличие касательных напряжений, перпендикулярных и параллельных нейтральной оси, принципиально изменяет условия работы балки и требует особого подхода при оценке ее прочности. Действующие на горизонтальных и вертикальных участках касательные напряжения создают «поток касательных напряжений», параллельный к контурным линиям каждого участка сечения. В сечениях, симметричных относительно плоскости нагружения, поток касательных напряжений уравновешен и его равнодействующая, направленная вдоль оси симметрии, проходит через центр тяжести сечения. Если сечение несимметрично относительно силовой плоскости, поток касательных напряжений создает момент относительно центра тяжести и оси балки, который вызывает ее закручивание и искривление (депланацию) сечения. Такое явление возникает в балках швеллерового профиля, зетовых сечениях, в таврах, равнобоких и неравнобоких уголках и др., нагруженных в главной плоскости инерции, которая не является в сечении плоскостью симметрии. Закручивание существенно изменяет условия работы балки и особенно неблагоприятным является для тонкостенных сечений незамкнутого профиля, так как при кручении их поведение принципиально отличается от поведения элементов сплошного сечения и даже поведения закрытых тонкостенных сечений [1].

Как известно, тонкостенные сечения открытого типа имеют низкую крутильную жесткость, поэтому при закручивании такого элемента в отдельных точках сечения возникают продольные упругие перемещения, приводящие к искривлению сечения. В случае свободного, нестесненного кручения депланация сечения не приводит к появлению нормальных напряжений, так как происходит одинаковое искривление всех сечений, а значит, в целом удлинение волокон равно нулю. В этом случае возникают только касательные напряжения, вызванные кручением, которые для такого профиля могут быть вычислены по известным правилам сопротивления материалов как для сечения, состоящего из совокупности узких прямоугольников. Если же возникает стесненное кручение, как, например, в

случае закрепления конца балки в заделке, когда свободная деформация поперечных сечений невозможна, то кроме касательных напряжений, вызванных кручением, в сечении возникают и нормальные напряжения. Эти напряжения весьма значительны по величине и в совокупности с касательными напряжениями создают иной вид напряженного состояния, который может представлять опасность для прочности балки. Поэтому в балках прокатного незамкнутого профиля необходимо создавать условия нагружения, устраняющие кручение [2].

Для создания плоского изгиба без закручивания равнодействующая внешних сил должна проходить через центр изгиба сечения, а плоскость действия этих сил – по линии жесткости балки параллельно стенке сечения. Изгиб с кручением с точки зрения прочности является наиболее неблагоприятной комбинацией деформаций, поэтому для указанных сечений определение положения центра изгиба является важным и необходимым расчетом. В общем случае центр изгиба не совпадает с центром тяжести сечения и его положение требует определения. В некоторых сечениях положение центра изгиба можно установить без вычислений. Подобно центру тяжести, центр изгиба всегда лежит на оси симметрии и если сечение имеет две оси симметрии, он находится на их пересечении. В этом случае центр изгиба совпадает с центром тяжести сечения, а также и с центром кручения, что имеет место в полых прямоугольных, квадратных и круглых замкнутых профилях, в зетовом сечении. В круглом незамкнутом профиле центр изгиба лежит за пределами сечения, а для сечений в виде тавра, уголка или других пучкообразных сечений центр изгиба расположен в центре пучка, т. е. на пересечении средних линий прямоугольных участков, из которых состоит сечение. Определение положения центра изгиба в более сложных сечениях требует более сложных методов расчета [3].

В работе рассматривается определение положения центра изгиба для ряда тонкостенных сечений открытого профиля с использованием теории изгибно-крутильных деформаций тонкостенных стержней.

В заключение следует сказать, что стремление к закручиванию является следствием наличия поперечной силы и касательных напряжений на участках сечения. При чистом изгибе опасности закручивания нет даже для несимметричных сечений, поскольку в этом случае касательные напряжения в точках сечения равны нулю, а нормальные напряжения имеют тот же закон изменения, что и в симметричных сечениях.

1. Подскребко, М.Д. Сопротивление материалов: Учебник. – Минск: Высшая школа, 2007. – 797 с.
2. Дарков, А.В, Шпиро, Г.С. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 1969. – 720 с.
3. Реут Л.Е. Плоский поперечный изгиб. Пособие по учебной дисциплине «Механика материалов». – Минск: БНТУ, 2016. – 263 с.