

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ КОНТУРА НА ЖЕСТКОСТЬ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Щербаков Н.Н.

научный руководитель канд. техн. наук Дроздова Н.А.

Сибирский федеральный университет

Институт горного дела, геологии и геотехнологий

Для оценки жесткости тонкостенных деталей рассмотрим возможные варианты их нагружения и деформацию, возникающую в результате каждого из вариантов нагружения. Все их можно свести к следующим схемам:

1) изгиб в двух плоскостях от действующей нагрузки, (рис. 1,а,б);

2) изгиб от воздействия сосредоточенных сил, действующих в диагональной плоскости (рис. 1,в). Его можно представить (разложить) как геометрическую сумму изгибов относительно оси y и оси x , т.е.

$$M_0 = \sqrt{M_x^2 + M_y^2};$$

3) кручение от воздействия сосредоточенных, направленных в разные стороны сил, приложенных в противоположных углах диагонали и создающих момент $M_{кр}$ (рис. 1,г), скручивающий дорожный знак.

Таким образом, для оценки жесткости знака необходимо рассмотреть частные случаи ее расчета при изгибе моментом M_x ; при изгибе моментом M_y ; при кручении моментом $M_{кр}$.

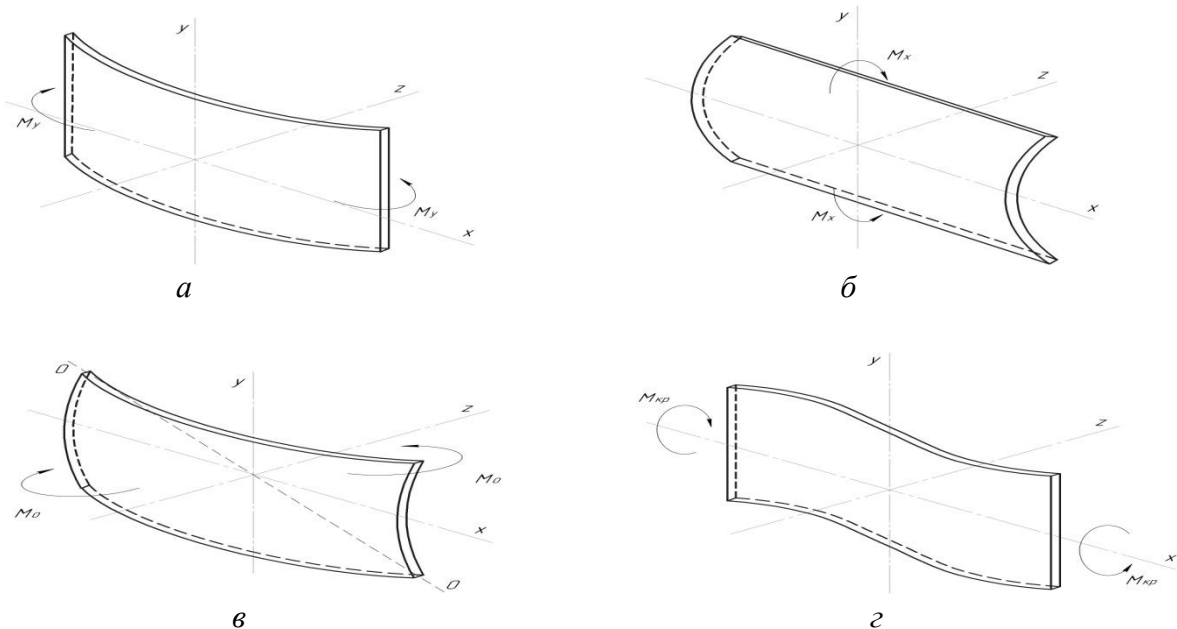


Рис. 1. Деформации детали прямоугольной формы от воздействия изгибающих и крутящего моментов: а – изгиб моментом M_y ; б - изгиб моментом M_x ; в - изгиб моментом M_0 ; г - кручение моментом $M_{кр}$

Жесткость любой конструкции зависит от материала, из которого она изготовлена и размеров поперечного сечения. В зависимости от вида нагрузки различают: жесткость при изгибе $E \cdot I_x$; жесткость при кручении $G \cdot I_p$.

Здесь E и G – модули упругости материала конструкции; I_x – осевой момент инерции площади поперечного сечения конструкции (индекс оси зависит от того, какие оси мы проведем в сечении); I_p – полярный момент инерции площади поперечного сечения.

Примем материал рассматриваемых тонкостенных деталей одинаковым, и тогда исключим его из расчетных формул, а сравнения будем проводить по величинам геометрических характеристик жесткости, т.е. осевых и полярных моментов инерции.

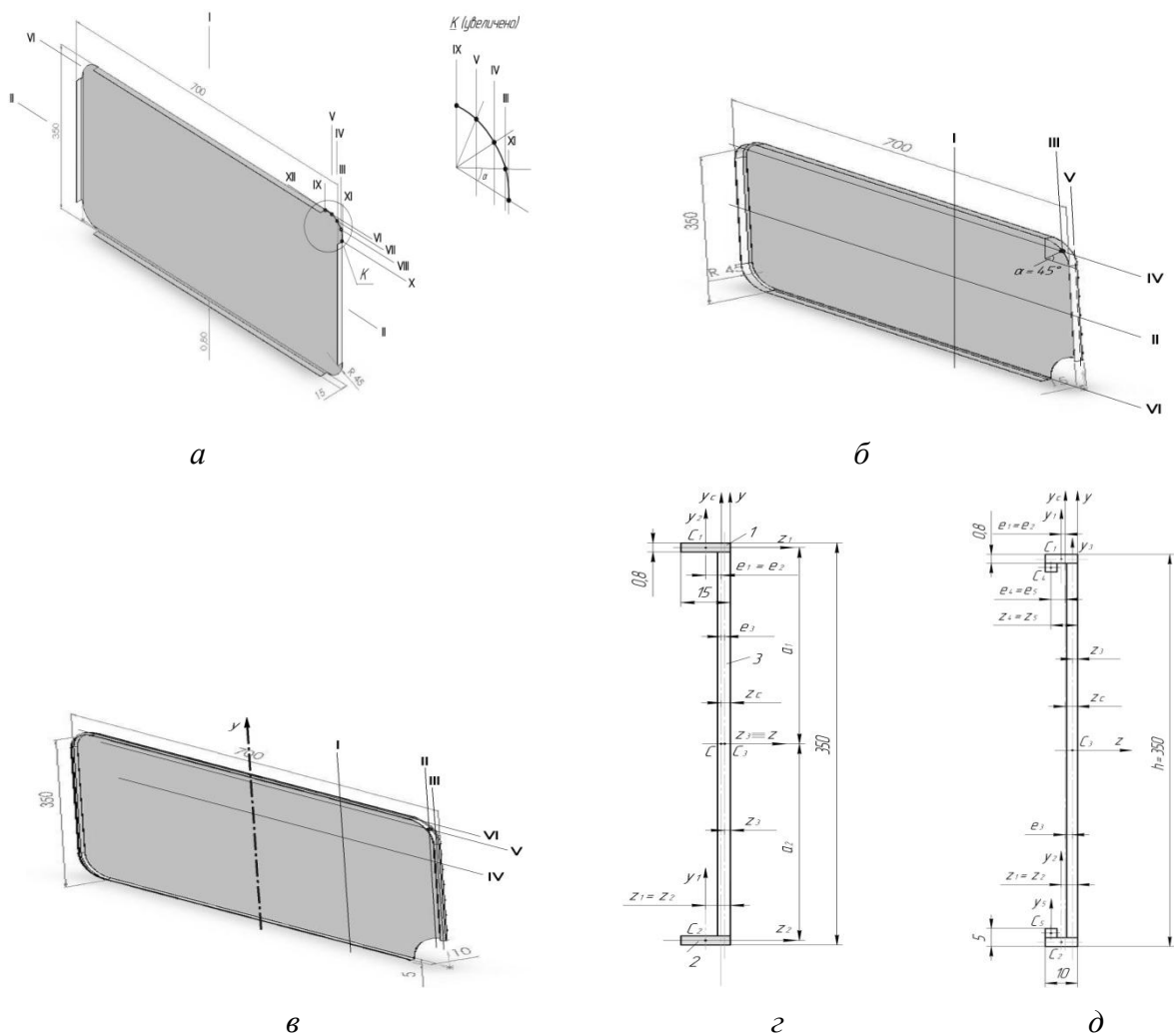


Рис.2. Деталь прямоугольной формы с различным исполнением контура: а - с одинарной отбортовкой и вырубленными углами; б - с одинарной отбортовкой по всему периметру детали ; в - с двойной отбортовкой по всему периметру детали; г – сечение детали с одинарной отбортовкой; д - сечение детали с двойной отбортовкой

Расчет и сравнение характеристик жесткости выполняем для трех модификаций тонкостенной детали прямоугольной формы: с одинарной отбортовкой и

вырубленными углами (рис.2,а); с одинарной отбортовкой по всему периметру (рис.2,б); с двойной отбортовкой по всему периметру (рис.2,в).

Оценку жесткости производили для характерных сечений I ... XII (рис. 2,а,б,в), в которых жесткость меняется по величине. Вид сечений изображен на рис.2,г,д . Основной геометрической характеристикой изгибной жесткости является момент инерции сечения относительно главных осей сечения, например оси z.

$$I_{z_i} = I_{z_1} + a_1^2 A_1 + I_{z_2} + a_2^2 A_2 + I_{z_3} + a_3^2 A_3 = 2(I_{z_1} + a_1^2 A_1) + I_{z_3} .$$

Кручение этих сечений соответствует схеме кручения тонкостенных брусев открытого профиля. Для открытых профилей, составленных из нескольких узких прямоугольников одинаковой толщины, величину геометрической характеристики жесткости при кручении можно определить по формуле

$$I_p = \frac{b^3 \sum h_i}{3} ,$$

где b – толщина профиля, $b = 0,8$ мм; h_i – высота каждого (i -того) прямоугольника при разворачивании профиля в одну линию. Расчет ведем по средней линии (показана штрих-пунктирной линией).

Далее было выполнено исследование влияния формы самой тонкостенной детали на ее жесткость, т.е. расчет и сравнение жесткостей деталей четырех форм: прямоугольной, квадратной, треугольной и круглой. Следует отметить, что форма двух последних деталей имеет переменную высоту поперечного сечения, т.е. закон изменения сечения отвечает требованиям конструкций равного сопротивления.

Выводы.

Анализ сравнения изгибных жесткостей и жесткостей на кручение тонкостенных деталей прямоугольной формы с тремя вариантами выполнения контура детали выявил:

- 1) жесткость на кручение в 45 раз ниже жесткости на изгиб, следовательно, преобладающими в тонкостенных деталях будут являться деформации кручения;
- 2) наличие вырезов в углах контура снижает изгибную жесткость детали более, чем в 100 раз, а жесткость на кручение до 30% по сравнению с одинарной отбортовкой по всему периметру детали;
- 3) выполнение одинарной отбортовки по всему периметру устраняет вышеуказанный недостаток и способствует выравниванию жесткости по всему контуру;
- 4) наличие двойной отбортовки по сравнению с одинарной отбортовкой по всему периметру повышает изгибную жесткость контура детали в 8,2 раза по сравнению с одинарной отбортовкой по всему периметру и в 256 раз по сравнению с жесткостью детали с вырубленными углами;
- 5) наличие двойной отбортовки увеличивает жесткость на кручение по сравнению с одинарной отбортовкой по всему периметру от 2,0 до 2,2 раза, а по сравнению с жесткостью детали с вырубленными углами от 2,2 до 2,4 раза.