

Наиболее распространено круглое иглофрезерование, при котором используется цилиндрическая иглофреза. Метод торцового иглофрезерования по сравнению с круглым позволяет повысить производительность в 2...3,5 раза. При планетарном торцовом иглофрезеровании пара соосно расположенных торцовых иглофрез вращается вокруг своих осей, а планетарно — вокруг оси детали, которая перемещается поступательно с подачей 30...50 м/мин.

В табл. 1 представлена классификация методов иглофрезерования. Не исключено дальнейшее увеличение их числа и расширения области применения.

УДК 539.3+629.114

А.Е.КРУШЕВСКИЙ, канд. техн. наук,
А.А.ФЕДУТА (БПИ)

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАМ

Повреждения криволинейных участков лонжеронов полуприцепов, имеющих двутавровое поперечное сечение, выражается либо в потере устойчивости стенки, либо в отрыве нижней полки от стенки и разрушении нижней полки.

В качестве объекта исследования была принята трехмерная модель кривого бруса, нагруженного по торцам изгибающими моментами, действующими в плоскости кривизны. При нагружении в стенках криволинейных элементов возникают значительные радиальные напряжения сжатия слоев, что и является основной причиной их повреждения. Эти напряжения достигают 40...45 % максимальных напряжений в полках элемента.

Теория расчета кривых брусьев, основанная на гипотезе плоских сечений, может быть использована только для приближенной оценки напряжений в полках лонжеронов.

Анализ поломок рам, исключая поломки усталостного характера, показывает, что наряду с деформациями изгиба в плоскости кривизны элемента в нем возникают значительные деформации изгиба из плоскости кривизны и деформации кручения.

В настоящей работе на основе смешанного вариационного метода в перемещениях рассматривается напряженное состояние криволинейных элементов при действии нагрузки из плоскости кривизны. Задача решается в трехмерной постановке при точном выполнении краевых условий на внешнем контуре двутавра и коробчатого сечения.

Ввиду трудности определения крутящих и изгибающих моментов, действующих по торцам криволинейного элемента, все расчеты проведены для его срединного сечения от единичной нагрузки. Отдельно рассчитаны случаи изгиба из плоскости и кручения.

Вариационное уравнение Лагранжа в цилиндрической системе координат $q_1 = \theta$, $q_2 = r$, $q_3 = z$:

$$\frac{d}{d\theta} \int_F (\vec{e}_\theta \cdot \mathbf{T}) \delta \vec{u} dF - \int_F \mathbf{T} \cdot \delta \mathbf{E} r dF + \int_F \vec{K} \cdot \delta \vec{u} r dF + \oint_s \frac{\vec{F}_n \cdot \delta \vec{u} r}{\sqrt{1-n_\theta^2}} ds = 0.$$

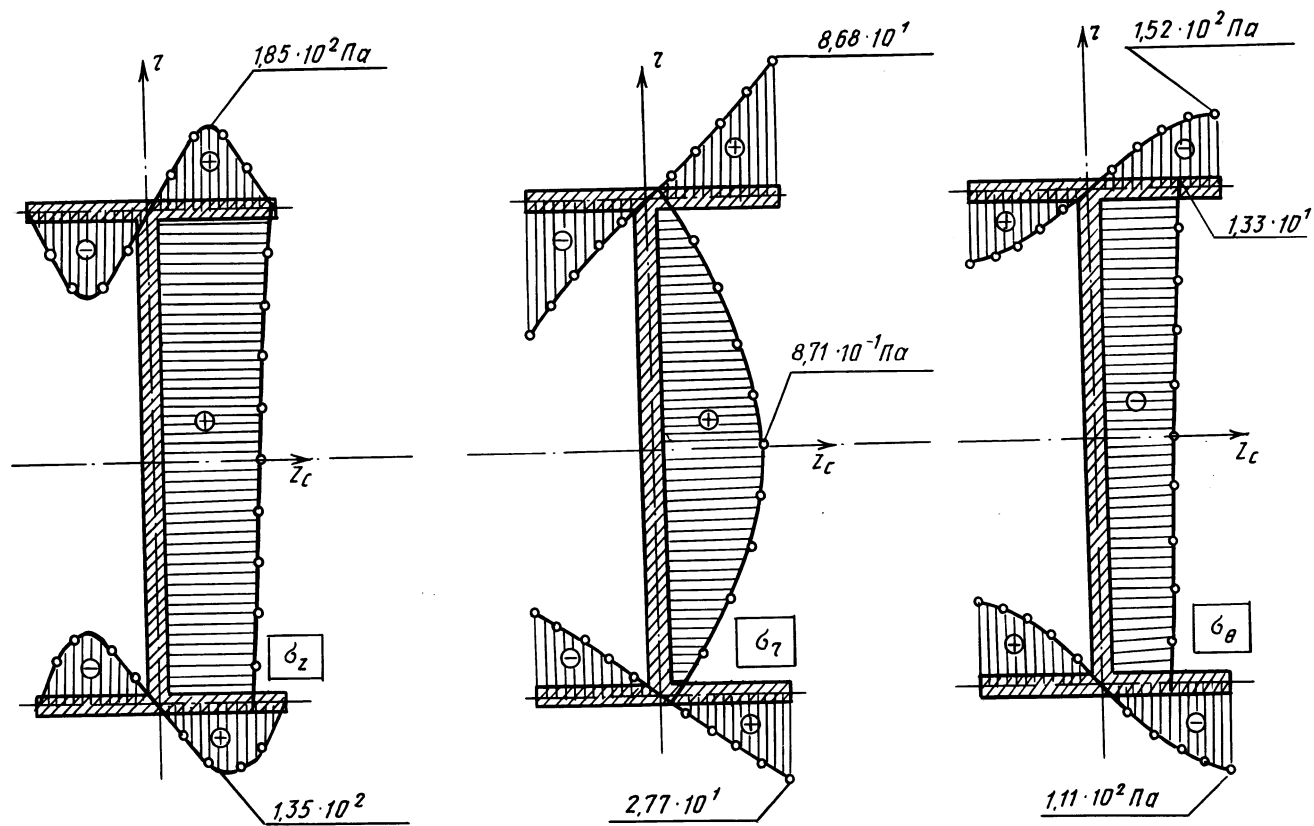


Рис. 1. Графики нормальных напряжений в двутавровом сечении криволинейного участка рамы полуприцепа при действии крутящего момента

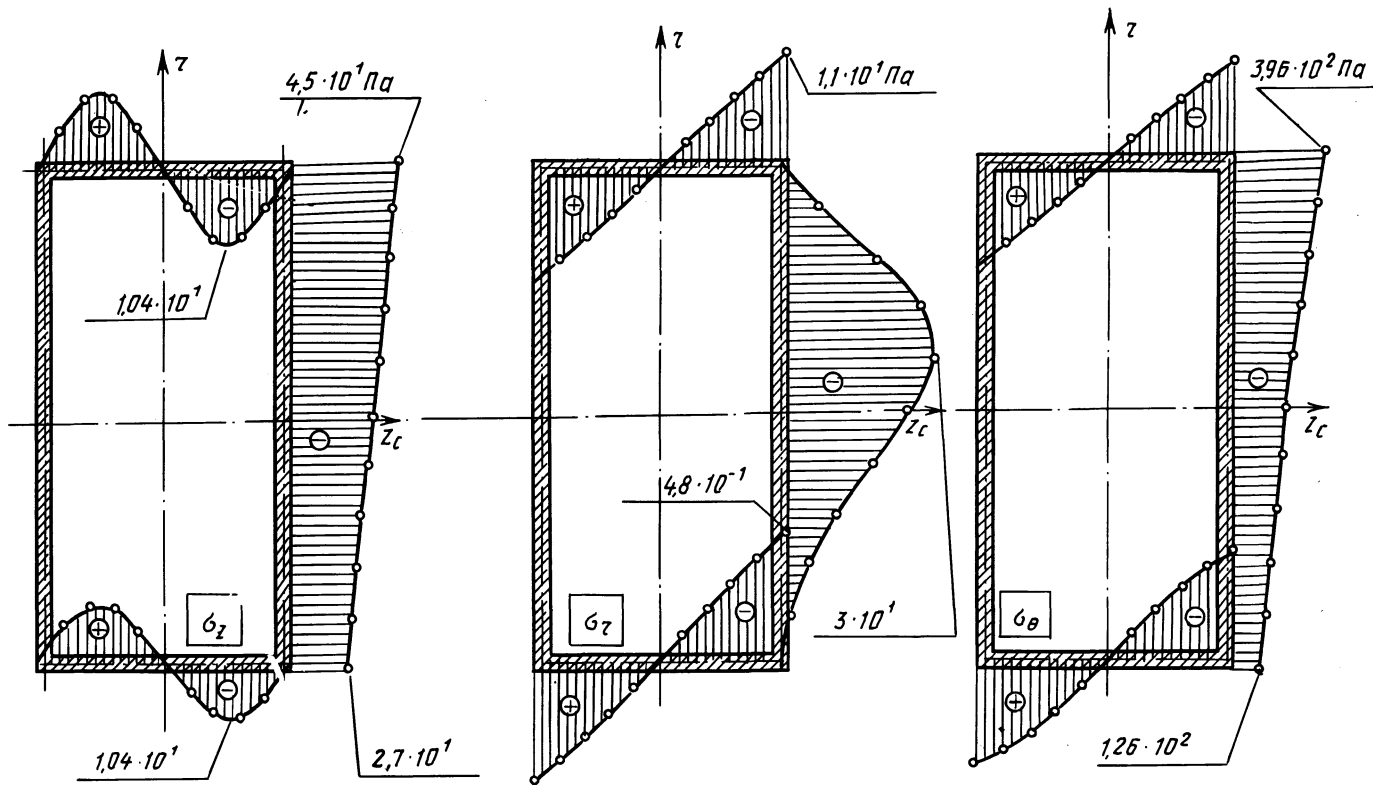


Рис. 2. Графики нормальных напряжений в коробчатом сечении криволинейного участка рамы полуприцепа при действии крутящего момента

При отсутствии поверхностных \vec{F}_n и объемных \vec{K} сил уравнение примет вид

$$\frac{d}{d\theta} \int_F (\vec{e}_\theta \cdot \mathbf{T}) \delta \vec{u} dF - \int_F \mathbf{T} \cdot \delta \text{Erd} F = 0,$$

ряды перемещений

$$u = \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N u_{m,2n+1} r^m z^{2n+1}; \quad M + N \leq 5;$$

$$v = \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N v_{m,2n+1} r^m z^{2n+1};$$

$$w = \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N w_{m,2n+1} r^m z^{2n},$$

где $u_{01}, u_{03}, \dots, w_{50}$ — функции полярного угла θ .

Краевые условия на цилиндрических поверхностях элемента:

$$\sigma_r \Big|_{r=R_1} = 0, \quad \sigma_r \Big|_{r=R_2} = 0; \quad (1)$$

$$\tau_{rz} \Big|_{r=R_1} = 0, \quad \tau_{rz} \Big|_{r=R_2} = 0; \quad (2)$$

$$\tau_{\theta r} \Big|_{r=R_1} = 0; \quad \tau_{\theta r} \Big|_{r=R_2} = 0. \quad (3)$$

Краевые условия на боковых поверхностях элемента:

$$\sigma_z \Big|_{z=\pm 0,5h} = 0; \quad (4)$$

$$\tau_{rz} \Big|_{z=\pm 0,5h} = 0; \quad (5)$$

$$\tau_{\theta z} \Big|_{z=\pm 0,5h} = 0. \quad (6)$$

Выражая компоненты тензора напряжений через перемещения и подставляя их в краевые условия (1)...(6), получим систему уравнений связей. Исключив из нее все обобщенные перемещения, кроме $w_{10}, w_{12}, w_{40}, w_{50}$, получим три уравнения неголономных связей, которые решаются совместно с вариационными уравнениями равновесия.

Результаты расчета криволинейных элементов представлены на рис. 1, 2.

Анализ полученных результатов показывает, что наиболее опасными являются напряжения $\tau_{\theta z}, \sigma_\theta, \sigma_z$, возникающие в полках элемента как в случае нагружения по торцам лишь изгибающим моментом M_r , так и при нагружении крутящим моментом M_θ . Коробчатое сечение оказывается более предпочтительным по сравнению с двутавровым, так как обладает большей несущей способностью.

Предложенный метод определения напряженного состояния криволинейных элементов рам позволяет выявить эффекты, которые с помощью гипотетических теорий обнаружены быть не могут, но имеют место на практике.