

К ВОПРОСУ ПРОВЕРКИ УСТОЙЧИВОСТИ ВНЕЦЕНТРЕННО-СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПЛОСКОСТИ ДЕЙСТВИЯ ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА

Сингаевский П.М. (Украина, Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Рассматриваются элементы открытого постоянного сечения при изгибе их в плоскости наибольшей жесткости, совпадающей с плоскостью симметрии при величине относительного эксцентриситета $m_x \leq 5$.

Проверка устойчивости внецентренно-сжатых элементов из плоскости изгибающего момента выполняется по [1] по формуле

$$\frac{N}{c \cdot \varphi_y \cdot A} \leq R_y \gamma_c \quad (1)$$

где c – коэффициент, учитывающий изгибно-крутильную форму потери устойчивости (влияние изгибающего момента на устойчивость стержня из плоскости момента);

φ_y – коэффициент продольного изгиба, как для центрально сжатого стержня, определяется в зависимости от гибкости λ_y и расчетного сопротивления стали R_y .

Рассмотрим влияние коэффициента c на устойчивость элемента из плоскости момента для принятых значений относительного эксцентриситета m_x и формы поперечного сечения. Предельную гибкость $[\lambda_y]$ принимаем = 150 согласно [1], как для “основных колон”

$$[\lambda] = 180 - 60\alpha \text{ при } \alpha = 0,5$$

$$[\lambda] = 180 - 60 \cdot 0,5 = 150$$

при этом коэффициент
$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x} \quad (2)$$

значение коэффициента β при $\lambda_y > \lambda_c$

$$\beta = \sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}} \quad (3)$$

Здесь φ_c по λ_c при $\lambda_y = \lambda_c$ [1]

$$\lambda_c = 3.14 \sqrt{E/R_y} \quad (4)$$

Для полного анализа определим λ_c и соответственно φ_c для всех классов прочности стали

C235	$\lambda_c = 94$	$\varphi_c = 0.596$	} $\varphi_c = 0.6$
C245	$\lambda_c = 92$	$\varphi_c = 0.597$	
C255	$\lambda_c = 90$	$\varphi_c = 0.597$	
C275	$\lambda_c = 87$	$\varphi_c = 0.597$	
C285	$\lambda_c = 85$	$\varphi_c = 0.598$	
C345	$\lambda_c = 78$	$\varphi_c = 0.605$	
C375	$\lambda_c = 75$	$\varphi_c = 0.604$	
C390	$\lambda_c = 73$	$\varphi_c = 0.610$	
C440	$\lambda_c = 69$	$\varphi_c = 0.610$	
C590	$\lambda_c = 63$	$\varphi_c = 0.616$	

Коэффициент φ_c определяется по [1] при $2,5 < \lambda_c \leq 4,5$, что соответствует диапазону гибкости $\lambda_c = (63-94)$

$$\varphi_c = 1.47 - 13 \frac{R_y}{E} - (0.371 - 27.3 \frac{R_y}{E}) \cdot \bar{\lambda}_c + (0.0275 - 5.53 \frac{R_y}{E}) \cdot \bar{\lambda}_c^2 \quad (5)$$

Результат расчетов показывает, что для практических инженерных расчетов коэффициент φ_c может быть принят равным 0,6 для любого класса прочности стали.

В формуле (3) коэффициент φ_c будет постоянным, а φ_y с увеличением гибкости λ_c — уменьшается и, как следствие коэффициент s будет увеличиваться.

Так как функция несущей способности стержня с изменением гибкости λ_y изменяется неодинаково — одна убывает, а другая возрастает, то возможно есть наибольшее значение их произведения, при котором несущая способность будет наибольшей.

Для оценки оптимальности соотношения коэффициентов s и φ_y на рис.1 построены графики изменения s (кривая 1) и φ_y (кривая 2) в зависимости от λ_y для класса прочности стали C245 и относительного эксцентриситета $m_x = 2$. Значение ординат кривой 3 на этом графике получены путем перемножения значений s на φ_y для соответствующих

гибкостей λ_y . Кривая 3, характеризующая несущую способность стержня не имеет экстремума (рис.1).

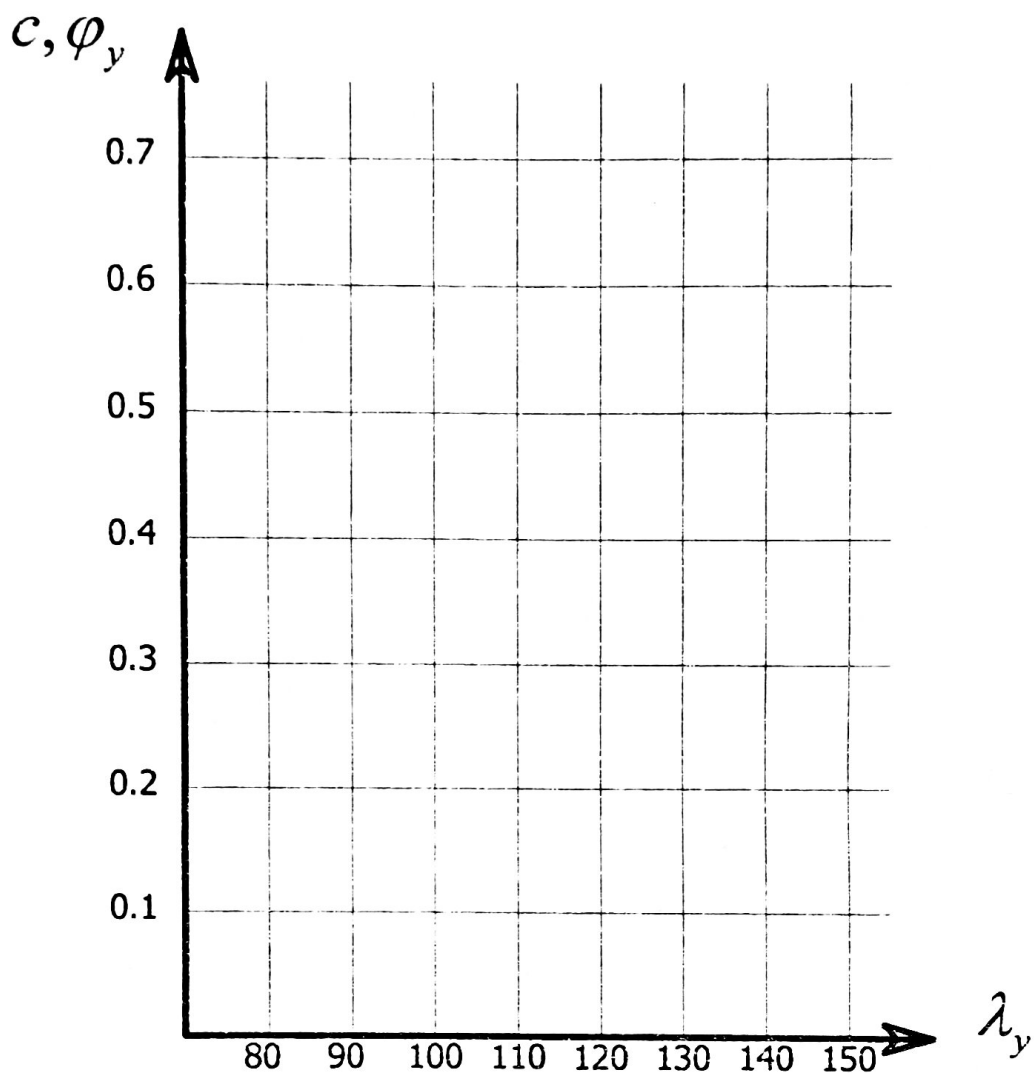


Рис.1

1 – график изменения φ_y от λ_y

2 – график изменения c от λ_y

3 – график изменения функции несущей способности $(\varphi_y c)$ от λ_y

Так как степень возрастания коэффициента c с ростом гибкости значительно меньшая, чем уменьшение φ_y , то наибольшая несущая способность как функция c и φ_y будет при меньшей гибкости. В связи с тем, что оптимальное значение несущей способности в зависимости от c и φ_y не получено, предельные величины коэффициента c по [1] не определялись.

Анализ зависимости изменения несущей способности для других классов прочности стали и относительных эксцентриситетов $m_x = 1,3,4$ и 5 показал, что их характер сохраняется.

Выводы

1. В издании украинского СНиП “Стальные конструкции” в табл. 10 по [1] графу коэффициент β при $\lambda_c > \lambda_y$ предлагается изменить

Тип сечения		β при $\lambda_c > \lambda_y$ по СНиП II – 23 – 81*	β при $\lambda_c > \lambda_y$ следует изменить
Открытые		$\sqrt{\varphi_c / \varphi_y}$	$\sqrt{0.6 / \varphi_y}$
		$1 - \left(1 - \sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}}\right) \times \left(2 \frac{J_2}{J_1} - 1\right)$ при $J_2 / J_1 < 0.5 \quad \beta = 1$	$1 - \left(1 - \sqrt{\frac{0.6}{\varphi_y}}\right) \times \left(2 \frac{J_2}{J_1} - 1\right)$ при $J_2 / J_1 < 0.5 \quad \beta = 1$
замкнутые		$\sqrt{\varphi_c / \varphi_y}$	$\sqrt{0.6 / \varphi_y}$
с решетками	сплошные		

2. Зависимость, характеризующая несущую способность стержня из плоскости изгибающего момента для исследованных типов сечения и относительных эксцентриситетов $m_x \leq 5$ имеет практически линейный характер.
3. Для других типов сечения и относительных эксцентриситетов $m_x > 5$ этот вопрос следует исследовать.

Литература

1. СНиП II – 23 – 81* Нормы проектирования. Стальные конструкции. М., 1990г.