

## СОПОСТАВЛЕНИЕ РАСЧЕТА ИЗГИБАЕМЫХ И ВНЕЦЕТРЕННО-СЖАТЫХ (СЖАТО-ИЗГИБАЕМЫХ) ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ТКП EN 1993 И СНИП II-23

Европейские нормы проектирования введены на территории Республики Беларусь с 01.01.2010 г. Принципы и требования к эксплуатационной надёжности и долговечности зданий и сооружений в Республике Беларусь обеспечиваются соблюдением требований ТКП EN 1990. В настоящее время в Республике Беларусь, в зависимости от задания на проектирование, расчёт стальных конструкций допускается выполнять как в соответствии с требованиями СНИП II-23 [1, 2], так и по ТКП EN 1993-1 [3, 4].

Ниже приводятся сопоставление некоторых положений и методов расчета изгибаемых и внецентренно-сжатых (сжато-изгибаемых) элементов стальных конструкций по ТКП EN 1993 и СНИП II-23.

По ТКП EN 1993-1-1 для изгибаемых элементов характерным является расчет сечений 1-го и 2-го класса по образованию полного пластического шарнира при принятой в этом случае диаграмме Прандтля. Сечения 3-го класса считаются по обычной формуле с учетом треугольного распределения напряжений по сечению. В этом методика их расчета практически полностью совпадает со СНИП II-23. Сечения 4-го класса, в которых критические напряжения потери местной устойчивости меньше предела текучести стали, рассчитываются упрощенным методом так называемого «эффективного сечения». В СНИПе II-23 допускается использование эффективного (приведенного) сечения только для стенок центрально-сжатых и сжато-изгибаемых элементов. Следует отметить, что СНИП II-23 допускает расчет изгибаемых элементов с учетом ограниченно-го развития пластических деформаций, которые учитываются коэффициентом  $s$ . На рисунке 1 приведено отношение пластического момента сопротивления к упругому  $W_{pl} / W_{el}$  и коэффициента, учитывающего развитие пластических деформаций  $s$  для балочных двутавров по ГОСТ 26020-83.

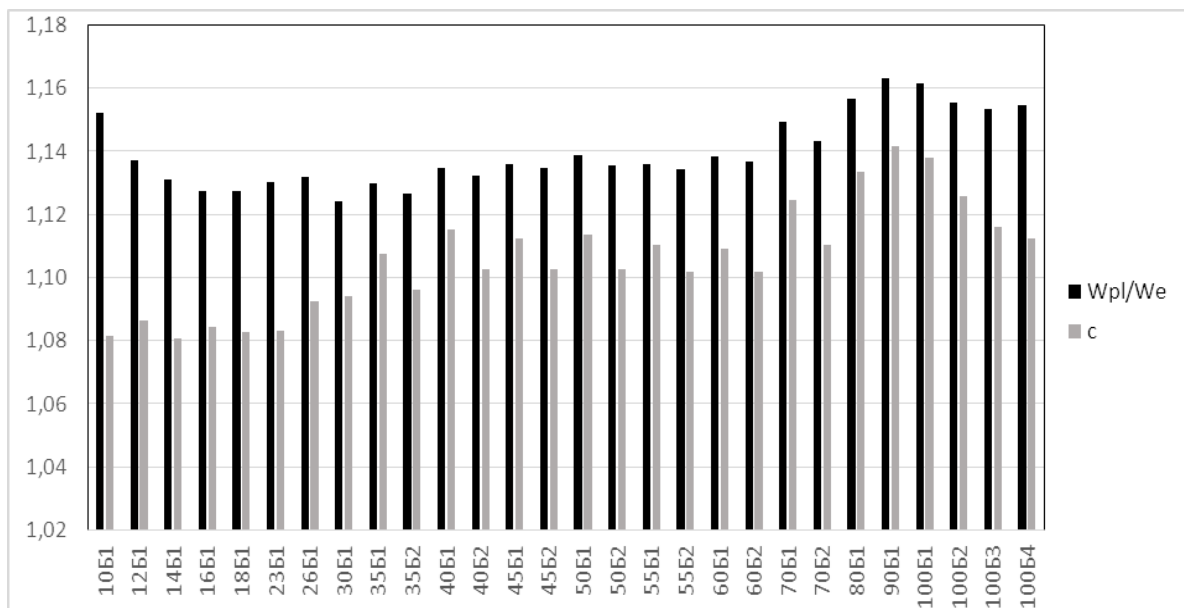
Для сжатых элементов основное предельное состояние – потеря устойчивости по изгибной форме. Формулы для проверки устойчивости сходные. Коэффициенты снижения расчетной прочности получены по разным методикам. На рисунке 2 приведено сравнение понижающих коэффициентов потери устойчивости по ТКП EN 1993-1 и СНИП II-23 (коэффициенты соответственно  $\chi$  и  $\phi$ ).

Кривые  $a_0$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  взяты из ТКП EN 1993-1-1, кривая «СНИП» построена по соответствующим формулам в зависимости от приведенной гибкости

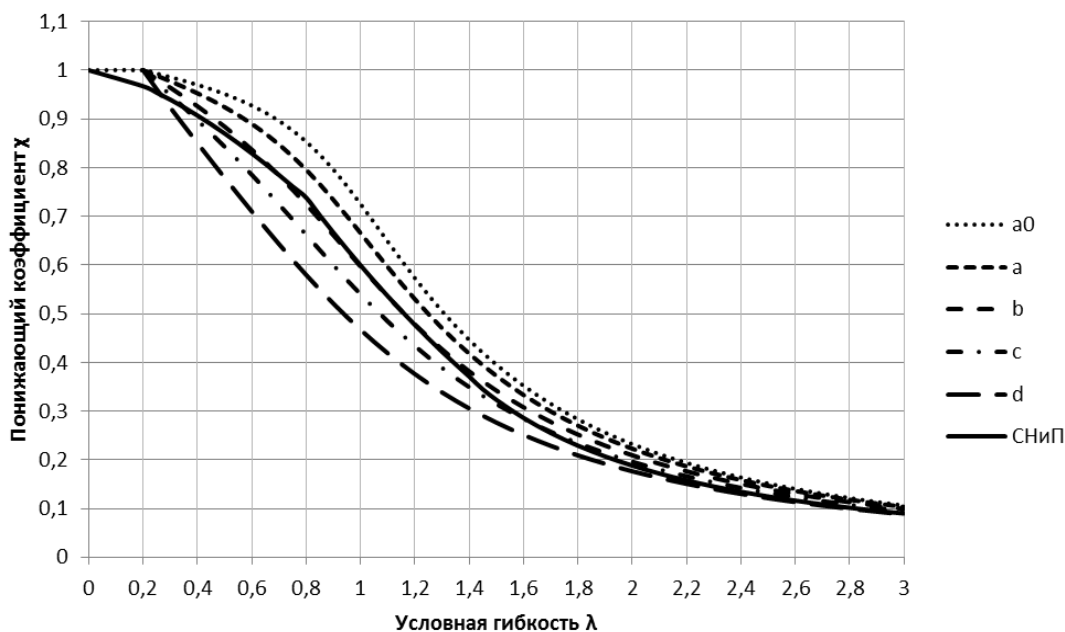
$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ . Из рисунка 2 видно, что кривые очень близки, а также имеется практически полное совпадение с кривой  $b$ .

В таблице 1 приведено сравнение результатов расчета на устойчивость по ТКП EN 1993-1-1 и СНИП II-23 центрально-сжатого, внецентренно-сжатого, изгибаемого элементов, а также центрально-сжатой сквозной колонны. Расчеты

производились авторами по специально разработанным для этих целей программам.



**Рисунок 1 – Отношение пластического момента сопротивления к упругому  $W_{pl} / W_{el}$ , и коэффициента, учитывающего развитие пластических деформаций  $c$  для балочных двутавров по ГОСТ 26020-83**



**Рисунок 2 – Кривые понижающих коэффициентов потери устойчивости по ТКП EN 1993-1-1 и по СНИП II-23**

Кривые  $a_0$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  взяты из ТКП EN 1993-1-1, кривая «СНИП» построена по соответствующим формулам в зависимости от приведенной гибкости

$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ . Из рисунка 2 видно, что кривые очень близки, а также имеется практически полное совпадение с кривой  $b$ .

В таблице 1 приведено сравнение результатов расчета на устойчивость по ТКП EN 1993-1-1 и СНиП II-23 центрально-сжатого, внецентренно-сжатого, изгибаемого элементов, а также центрально-сжатой сквозной колонны. Расчеты производились авторами по специально разработанным для этих целей программам.

Таблица 1 – Сравнение результатов расчета

Параметры для сравнения	ТКП EN 1993-1-1	СНиП II-23
<b>Центральное сжатие (двутавр 35К2 по СТО АСЧМ 20-93)</b>		
Площадь поперечного сечения	$A=173,87 \text{ см}^2$	$A=173,87 \text{ см}^2$
Расчетные длины	$l_{y,cr}=l_{z,cr}=600 \text{ см}$	$l_x=l_y=600 \text{ см}$
Предел текучести стали (расчетное сопротивление стали сжатию)	$f_y=325 \text{ МПа}$	$R_y=325 \text{ МПа}$
Величина понижающих коэффициентов	$\chi_y=0,887$ $\chi_z=0,887$	$\varphi_x=0,878$ $\varphi_y=0,716$
Расчетное сопротивление центрально-сжатого элемента при потере устойчивости	$N_{b,Rd}=3477,548 \text{ кН}$	$N_{b,Rd}=3919,275 \text{ кН}$
<b>Внецентренное сжатие (двутавр –180х6/2х–200х10)</b>		
Величина эксцентриситета в плоскости наибольшей жесткости	$e=31,25 \text{ см}$	$e=31,25 \text{ см}$
Площадь поперечного сечения	$A=50,8 \text{ см}^2$	$A=50,8 \text{ см}^2$
Расчетные длины	$l_{y,cr}=l_{z,cr}=500 \text{ см}$	$l_x=l_y=500 \text{ см}$
Предел текучести стали (расчетное сопротивление стали)	$f_y=245 \text{ МПа}$	$R_y=240 \text{ МПа}$
Величина понижающих коэффициентов	$\chi_y=0,827$ $\chi_z=0,505$ $\chi_{LT}=0,750$	$\varphi_e=0,201$ $\varphi_y=0,559$ $c=0,224$
Коэффициенты взаимодействия	$k_{yy}=1,205$ $k_{zy}=0,630$	
Расчетное сопротивление внецентренно-сжатого элемента при потере устойчивости*	$N_{b,Rd,y}=170,28 \text{ кН}$ $N_{b,Rd,z}=239,63 \text{ кН}$	$N_{b,Rd,y}=245,06 \text{ кН}$ $N_{b,Rd,z}=152,67 \text{ кН}$
<b>Устойчивость центрально-сжатой сквозной колонны (2х35Б1 по ГОСТ 26020)</b>		
Площадь поперечного сечения одной ветви	$A_{ch}=49,53 \text{ см}^2$	$A_I=49,53 \text{ см}^2$
Высота колонны	$L=850 \text{ см}$	$L=850 \text{ см}$
Расстояние между планками	$a=80 \text{ см}$	$l=80 \text{ см}$
Расстояние между осями ветвей	$h_0=31 \text{ см}$	$b=31 \text{ см}$
Предел текучести стали (расчетное сопротивление стали сжатию)	$f_y=245 \text{ МПа}$	$R_y=245 \text{ МПа}$
Величина понижающих коэффициентов	$\chi_y=0,871$ $\chi_z=0,976$	$\varphi_x=0,807$ $\varphi_y=0,866$
Расчетное сопротивление одной ветви при потере устойчивости	$N_{b,Rd}=1030,673 \text{ кН}$	$N_{b,Rd}=978,677 \text{ кН}$
* $N_{b,Rd,y}$ получено из уравнения 6.61 [3], $N_{b,Rd,z}$ – из уравнения 6.62 [3].		

Из таблицы видно, что расчетное сопротивление центрально-сжатого элемента, определенное по СНиП II-23, превышает расчетное сопротивление, определенное по ТКП EN 1993-1-1, но данное превышение невелико. Расчетное сопротивление внецентренно-сжатого элемента хоть в целом и сопостави-

мо, но в физическом смысле в терминах СНиП II-23 в плоскости изгиба и из плоскости изгиба сильно различаются.

Расчетное сопротивление изгибаемого элемента при потере устойчивости плоской формы изгиба, определенное по СНиП II-23, превышает расчетное сопротивление, определенное по ТКП EN 1993-1-1, примерно в 1,5 раза.

Расчетное сопротивление ветви центрально-сжатой сквозной колонны, определенное по ТКП EN 1993-1-1, превышает расчетное сопротивление, определенное по СНиП II-23, но данное превышение невелико.

### **Выводы**

Основные расчетные «модели», принятые в ТКП EN 1993, базируются, в основном, на принципах механики твердого тела, как и в СНиП II-23. Разброс механических характеристик стали мал. Поэтому достигается хорошее совпадение правых частей основного неравенства метода предельных состояний по несущей способности. Исключение составляет устойчивость плоской формы изгиба балок и все, что касается изгибно-крутильной формы потери устойчивости элементов. Анализ причин этого достаточно сложен и упирается в труднодоступность зарубежных материалов 70–90 годов XX века, когда были разработаны принятые в ТКП EN 1993 методики проверки устойчивости. Причины этого расхождения требуют детального анализа.

### **Список цитированных источников**

1. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Стальные конструкции: СНиП II-23-81\*. – М. : Госстрой СССР: ЦНИТП, 1990. – 96 с.

2. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81\*). – Москва: ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР, 1989. – 214 с.

3. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций Ч. 1-1. Общие правила и правила для зданий : ТКП EN 1993-1-1-2009\*. – Минск. : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2015. – 88 с.

4. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций Ч. 1-3. Общие правила. Дополнительные правила для холодноформованных элементов и профилированных листов: ТКП EN 1993-1-3-2009. – Минск : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2010. – 114 с.

5. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций Ч. 1-8. Расчет соединений : ТКП EN 1993-1-8-2014. – Минск : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2015. – 128 с.

УДК 711.581

*Чабурко Е. В., Синкевич К. О.*

*Научный руководитель: к. а. н., доцент Кароза А. И.*

## **ВОПРОСЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ ГОРОДА БРЕСТА**

Целью данной работы является проведение обследования дворовых пространств города Бреста для внесения предложений по улучшению их инфраструктуры и благоустройства.

Двор – внутренний участок земли, расположенный между жилыми домами. Он формирует переход между личным пространством квартиры и территорией общегородского пользования. Поэтому благоустройство является важной зада-