

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ТКП EN 1993-1 И СНИП II-23

А. Б. Шурын<sup>1</sup>, И. В. Зинкевич<sup>2</sup>, А. В. Мухин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> К. т. н., доцент, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» УО «БрГТУ», Брест, Беларусь, [shuryn@mail.ru](mailto:shuryn@mail.ru)

<sup>2</sup> К. т. н., доцент, доцент кафедры «Строительные конструкции» УО «БрГТУ», Брест, Беларусь

<sup>3</sup> К. т. н., доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции» УО «БрГТУ», Брест, Беларусь

### Реферат

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, так и по ТКП EN 1993-1. Базовым требованием, относящимся к проектированию конструкций в условиях параллельного действия нескольких нормативных документов одинаковой направленности, но обладающих различными уровнями надёжности, является недопущение сочетания их требований при проектировании одного объекта.

В статье приводится сопоставление некоторых положений и методов расчета отдельных элементов стальных конструкций по ТКП EN 1993 и СНИП II-23, наиболее часто встречающихся в практике проектирования.

**Ключевые слова:** стальные конструкции, сравнительный анализ, надёжность.

### COMPARATIVE ANALYSIS OF CALCULATION AND DESIGN OF STEEL STRUCTURE ELEMENTS ACCORDING TO TKP EN 1993-1 AND SNIP II-23

A. B. Shuryn, I. V. Zinkevich, A. V. Muchin

### Abstract

At present, in the Republic of Belarus, depending on the design task, the design of steel structures is allowed to be performed both in accordance with the requirements of SNIP II-23, and according to the TKP EN 1993-1. The basic requirement related to the design of structures under the parallel action of several regulatory documents of the same orientation, but with different levels of reliability, is to prevent a combination of their requirements when designing a single object.

The article provides a comparison of some provisions and design methods of individual elements of steel structures in accordance with TKP EN 1993 and SNIP II-23, which are most often encountered in design practice.

**Keywords:** steel structures, comparative analysis, reliability.

### Введение

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, 5].

Базовым требованием, относящимся к проектированию конструкций в условиях параллельного действия нескольких нормативных документов одинаковой направленности, но обладающих различными уровнями надёжности, является недопущение сочетания их требований при проектировании одного объекта.

Ниже приводятся сопоставление некоторых положений и методов расчета отдельных элементов стальных конструкций по ТКП EN 1993 и СНИП II-23, наиболее часто встречающихся в практике проектирования.

### Изгибаемые и внецентренно-сжатые (сжато-изгибаемые) элементы

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 ограниченного развития

пластических деформаций, которые учитываются коэффициентом  $\kappa$ . На рисунке 1 приведено отношение пластического момента сопротивления к упругому  $W_{pl} / W_{el}$  и коэффициента, учитывающего развитие пластических деформаций  $\kappa$  для балочных двутавров по ГОСТ 26020-83.

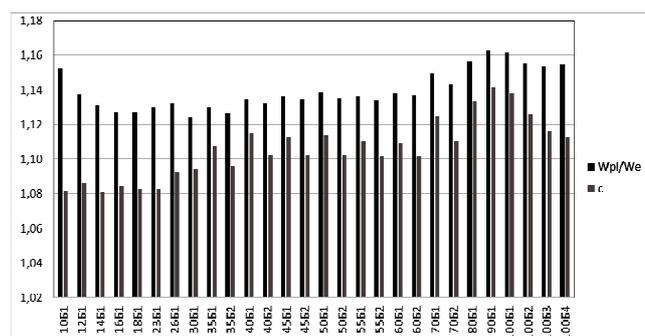


Рисунок 1 – Отношение пластического момента сопротивления к упругому  $W_{pl} / W_{el}$  и коэффициента, учитывающего развитие пластических деформаций  $\kappa$  для балочных двутавров по ГОСТ 26020-83

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

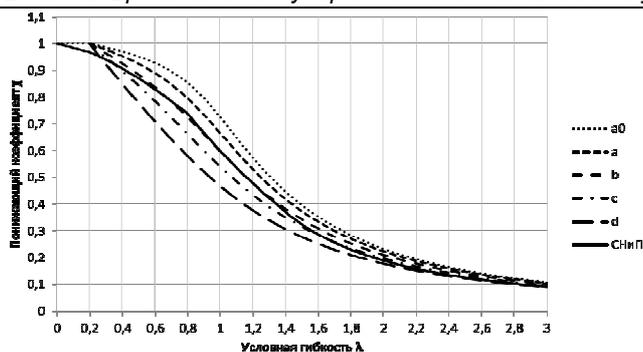


Рисунок 2 – Кривые понижающих коэффициентов потери устойчивости по ТКП EN 1993-1-1 и по СНиП II-23

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.

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 сопоставимо, 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.

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 изгибаемого элемента (двутавр –1240х12/2х–400х25)</b>		
Момент сопротивления	$W_y=15362,5 \text{ см}^3$	$W_c=15362,5 \text{ см}^3$
Величина пролета	$L=9 \text{ м}$	$l=9 \text{ м}$
Предел текучести стали (расчетное сопротивление стали сжатию)	$f_y=235 \text{ МПа}$	$R_y=235 \text{ МПа}$
Величина понижающих коэффициентов	$\chi_{LT}=0,530$	$\varphi_b=0,799$
Расчетное сопротивление изгибаемого элемента при потере устойчивости	$M_{b,Rd}=1913,4 \text{ кН}\cdot\text{м}$	$M_{b,Rd}=2884,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$
<b>Устойчивость центрально-сжатой сквозной колонны (2х35Б1 по ГОСТ 26020)</b>		
Площадь поперечного сечения одной ветви	$A_{ch}=49,53 \text{ см}^2$	$A_1=49,53 \text{ см}^2$
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]

**Холоднодеформированные элементы**

Расчет и проектирование таких элементов рассмотрены в ТКП EN 1993-1-3, в СНиПе такие элементы практически отсутствуют. При расчете конструкций данного рода необходимо учитывать целый ряд особенностей, отсутствующих у обычных конструкций. Например, влияние упрочнения в зонахгиба, влияние потери устойчивости формы для сжатых элементов. Целый ряд особенностей имеется при расчете изгибаемых элементов на устойчивость.

**Профилированные настилы**

В Республике Беларусь, профилированный настил применяется в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 24045, а также по техническим условиям предприятий-изготовителей. Сортамент сечений профилированных настилов по сравнению с ГОСТ 24045 расширился, появились стальные настилы с высотой гофра до 160. В технических условиях ТУ 1122-001-90622969-2015, разработанных ООО «ИСТ ГРУПП», и других предприятий-изготовителей Российской Федерации высота гофра профилированных настилов достигает 206 мм, а толщина – до 1,5.

Современная номенклатура профилированного настила позволяет расширить область его применения в части увеличения нагрузок, пролетов, а также новых конструктивных решений кровель. Расчетный анализ конструктивных решений традиционных беспроегонных покрытий из профнастилов показывает, что шаг несущих конструкций каркасов зданий может быть увеличен до 10 м [6, 7].

Профилированный настил для покрытий изготавливается на станах холодного профилирования из рулонной тонколистовой стали по ГОСТ 14918, а также по ГОСТ 16523. В данных нормативных документах предъявляются требования к пределу прочности и относительному удлинению листового проката.

В соответствии с требованиями ГОСТ 14918 предел прочности оцинкованной рулонной стали нормальной вытяжки должен составлять 300 – 490 МПа, а относительное удлинение стали толщиной до 0,7 мм должно быть не менее 21%, а для толщины от 0,7 до 1,5 мм – не менее 22%.

В соответствии с требованиями ГОСТ 16523 для контроля механических свойств проката от каждого рулона, вес которого должен быть в пределах 3 – 10 тонн, на расстоянии не менее 2 м от конца отбирается проба, из которой вырезается один образец для испытаний на растяжение по ГОСТ 11701. Положение продольной оси образца по отношению к направлению прокатки выбирается поперек рулона в соответствии с ГОСТ 7594. По данным испытаний определяется соответствие рулонной стали группе прочности по ГОСТ 16523.

Проектирование профилированных настилов для кровель на территории Республики Беларусь до 2015 года выполнялось согласно [2], в котором регламентировалась величина расчетного сопротивления стали при растяжении, сжатии и изгибе не менее  $R_y = 220$  МПа, а расчетное сопротивление срезу –  $R_s = 130$  МПа. В Российской Федерации с 2005 года в соответствии с СТО 0043-2005 величина расчетного сопротивления стали при растяжении, сжатии и изгибе для профнастилов принята не менее  $R_y = 250$  МПа, а расчетное сопротивление срезу –  $R_s = 130$  МПа. Однако в сертификатах на профнастилы, изготовленных по ГОСТ 14918 и ГОСТ 16523, указывается только значение временного сопротивления (предела прочности), определенное поперек рулона стали.

В настоящее время в Республике Беларусь проектирование покрытий из профилированных настилов регламентируется ТКП EN 1993-1-3 [4]. Область действия данного документа распространяется на профилированные настилы, изготовленные из сталей, соответствующих EN 10326: стали S220GD – S350GD, а также соответствующих EN 10327: стали DX51D – DX53D.

В соответствии с ТКП EN 1993-1-3 [4] завод-изготовитель профилированного настила может поставлять партии изделий с физико-механическими характеристиками, определенными экспериментальным путем. Рулонная сталь для изготовления профнастила может быть поставлена из одной или из различных плавок. Для определения физико-механических характеристик стали в соответствии с ТКП EN 1993-1-3 [4] отбираются образцы, с ориентацией продольной оси вдоль рулона стали. Нормативные значения должны определяться на основе статистической обработки в соответствии с ТКП EN 1990. Для некоторых расчетных ситуаций допускается учитывать повышение предела текучести профнастила вследствие холодного профилирования.

**Болтовые соединения**

При проектировании болтовых соединений допускается применять болты, гайки и шайбы, соответствующие ссылочным стандартам, приведенным в п. 1.2.4 ТКП EN 1993-1-8 [5]. Метизы, выпускающиеся на отечественных заводах (ГОСТ 5915, 5916, 7798 и т. д.), не соответствуют стандартам EN ISO, поэтому не могут быть использованы при проектировании металлоконструкций по ТКП EN. Сравнительная область применения болтовых соединений по СНиП II-23 и ТКП EN 1993-1-8 приведена в таблице 2.

**Сварные соединения**

При проектировании сварных соединений допускается применять материалы, соответствующие приведенным в п. 1.2.5 ТКП EN 1993-1-8 [5]. Материалы, выпускающиеся на отечественных заводах (ГОСТ 8050, 9467 и т. д.) не соответствуют стандартам EN ISO, поэтому не могут быть использованы при проектировании металлоконструкций по ТКП EN. СНиП II-23 регламентирует проектирование сварных соединений стальных конструкций, но игнорирует вопросы их технологической прочности и возможность расслоения стали из-за усадки расплавленного металла. К достоинствам СНиП II-23 можно отнести учет особенностей сварки, сварочных материалов при расчете и проектировании сварных соединений, а также различных схем разрушения угловых швов. При этом не совсем ясно, как проектировать и рассчитывать соединения с прутковой сталью и угловые швы, расположенные под острыми и тупыми углами.

ТКП EN 1993-1-8 [5] предусматривает разработку конструкторско-технологической документации на сварочные работы при изготовлении и монтаже конструкций в виде отдельного комплекта. Тем не менее в соответствии с ТКП EN 1993-1-10 необходимо принимать во внимание возможность расслаивания металла в направлении поперёк проката по причине усадки расплавленного металла сварного соединения в процессе его охлаждения, особенно при ограничении деформаций, примыкающих к сварному шву элементов.

В ТКП EN 1993-1-10 предусмотрено два варианта решения проблемы расслаивания металла в зоне сварных швов: расчетом в зависимости от величины параметра  $Z_{Ed}$ , определяемого ограничениями усадки металла под наплавленным валиком сварного шва или приёмочным контролем изделий и конструкций на расслаивание стальных листов сварного соединения.

В ТКП EN 1993-1-8 расчет сварных швов производится по эффективной высоте сварного шва  $a$ , равной высоте вписанного в сварной шов треугольника (рисунк 3). Это позволяет производить расчет и проектирование таких сварных швов, как угловые круговые, угловые швы с углами наклона от 60° до 120°, пробочные швы и швы с клинообразным зазором.

Сравнительная область применения сварных соединений по СНиП II-23 и ТКП EN 1993-1-8 приведена в таблице 3.

**Узлы сопряжения элементов замкнутого профиля**

В настоящее время проектирование ферм из прямоугольных труб осуществляется многими проектными организациями Республики Беларусь в соответствии с требованиями, приведенными в [1, 2 или 5], которые содержат ряд ограничений, приведенных в таблице 4. Анализ проектирования зданий с такими ферми показывает, что в ряде случаев существуют отклонения от действующих норм при их проектировании, большинство из которых связано с углами наклона стержней решетки в узлах, сварными соединениями, монтажными узлами [8].

Работа под нагрузкой ферм из прямоугольных труб с бесфасонными узлами определяется в существенной степени напряженно-деформированным состоянием их узловых соединений. Следует отметить, что расчет узлов из прямоугольных труб в соответствии с требованиями СНиП II-23, приведенный в [2], следует производить:

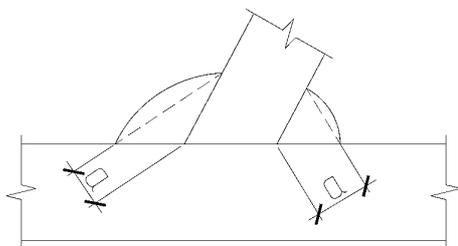
- на продавливание (вырывание) участка стенки пояса, контактирующей с элементом решетки;
- несущую способность участка боковой стенки пояса (параллельной плоскости узла) в месте примыкания сжатого элемента решетки;
- несущую способность элемента решетки в зоне примыкания к поясу;
- прочность сварных швов крепления элемента решетки к поясу [2, 8].

Расчет таких же узлов по методике, изложенной в ТКП EN 1993-1-8 производится:

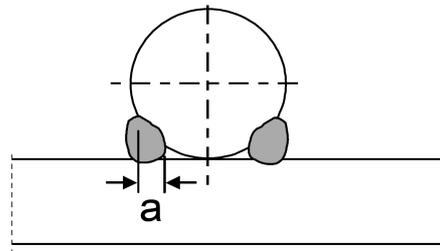
Таблица 2 – Область применения болтовых соединений по СНиП II-23 и ТКП ЕН 1993-1-8

Нормируемый параметр	СНиП II-23	ТКП ЕН 1993-1-8
Применение метизов по ГОСТ	Да	Нет (только соответствующие ссылочным стандартам EN ISO п. 1.2.4 [5])
Наличие классификации болтовых соединений	Нет	Да
Использование классов прочности болтов	4.6...12.9 (по СП применение болтов 12.9 запрещено)	4.6...10.9
Использование болтов с предварительным натяжением	10.9, 12.9	8.8, 10.9
Возможность установки высокопрочных болтов в овальные отверстия	Нет	Да
Способы обработки поверхностей трения	По т. 36* [1]	По т. 3.7 [5] (Допускается использование прочих способов обработки, но только после проведения соответствующих испытаний по методикам из п.1.2.4 [5])
Срез одной плоскости	По площади болта брутто А (резьба не должна проходить через плоскость среза)	По площади болта брутто А или нетто А <sub>s</sub> (резьба может проходить через плоскость среза)
Отказ вследствие одновременного действия среза и растяжения	Нет	Да
Применение комбинированных соединений (высокопрочные болты и сварка)	Нет	Да

а)



б)



а) для угловых швов, расположенных под углом; б) для швов с клинообразным зазором

Рисунок 3 – К определению эффективной высоты сварного шва а

Таблица 3 – Область применения сварных соединений по СНиП II-23 и ТКП ЕН 1993-1-8

Нормируемый параметр	СНиП II-23	ТКП ЕН 1993-1-8
Применение сварочных материалов по ГОСТ	Да	Нет (только соответствующие ссылочным стандартам EN ISO п.1.2.5 [5])
Наличие классификации сварных соединений	Нет	Да
Возможность расчета и конструирования:		
– угловых круговых швов	Нет	Да
– пробочных швов	Нет	Да
– швов с клинообразным зазором	Нет	Да
– угловые швы с углами наклона от 60° до 120°	Нет	Да
Минимальная расчетная длина сварного шва	$4k_f$ 40 мм	$6a$ 30 мм
Расчетная длина сварного шва	$l_w = l + 1$ см	$l_{eff} = l$ или $l_{eff} = l + 2a$
Максимальная длина сварного шва	Для фланговых швов $85\beta_f k_f$	Только для нахлесточных соединений

- отказ лицевой поверхности пояса (отказ вследствие пластического разрушения лицевой поверхности пояса) или пластификация пояса (отказ вследствие пластического разрушения поперечного сечения пояса);
- отказ боковой поверхности пояса (или отказ стенки пояса) из-за раздавливания, пластификации или неустойчивого состояния (выгиб или потеря устойчивости боковой поверхности пояса из замкнутого профиля или стенки пояса) в месте примыкания сжатого стержня решетки;
- сдвиг (срез) сечения пояса;
- вырывание поверхности пояса (отказ из-за возникновения трещины, инициирующей отрыв стержня решетки от пояса);
- потеря местной устойчивости стержня решетки [5, 8].

Таким образом, ТКП ЕН 1993-1-8 предоставляет больше вариантов по конструированию узлов из прямоугольных труб: больший диапазон толщин труб и углов наклона решетки к поясу, возможность расчета и конструирования пространственных узлов [9]. В [8] содержится больше вариантов разрушения узлов из прямоугольных труб, однако не по всем схемам разрушения приведены соответствующие формулы расчета. В частности, в ТКП ЕН 1993-1-8 расчет прочности сварных швов, прикрепляющих стержни решетки к поясам не производится, т. к. стыковые сварные швы считаются равнопрочными [3, 5, 8]. Из недостатков, ТКП ЕН 1993-1-8 содержит более жесткие требования к профилям, химическому составу и раскислению стали: профили по ГОСТ 30245-2012 данным требованиям практически соответствуют (кроме изготовленных из сталей Х345 и Х345К).

Таблица 4 – Область применения стержней ферм из прямоугольных труб по СНиП II-23 и ТКП EN 1993-1-8 [2, 5, 7, 8]

Нормируемый параметр	СНиП II-23	ТКП EN 1993-1-8
Минимальная толщина стенки стержней фермы, мм	3	2,5
Максимальная толщина стенки стержней фермы, мм	12 – по ГОСТ 30243-2003 22 – по ГОСТ 30243-2012	25 (ограничивается EN 10219-2:1997)
Отношение ширины раскоса к ширине пояса	0,6-0,9	0,25-1,0
Минимальный угол наклона раскосов, град	38°	30°
Применяемый класс стали	C245...C460	Стали с $f_y \leq 460$ МПа
Требования к профилям	Нет	Должны соответствовать EN 10210 или EN 10219
Требования по химическому составу	Нет	$C=(0,09-0,15)\%$ ; $P \leq 0,04\%$ ; $S \leq 0,05\%$
Требования к раскислению стали	Нет	$Al \geq 0,02\%$
Дополнительные требования	Нет	Класс сечения 1 или 2
Возможность расчета и конструирования пространственных узлов	Нет	Да (узлы типа КК, ТТ и ХХ)

### Заключение

1. 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-х годов XX века, когда были разработаны принятые в ТКП EN 1993 методики проверки устойчивости. Причины этого расхождения требуют детального анализа.
2. Проектирование стальных конструкций по СНиП с применением системы коэффициентов безопасности ТКП EN 1990, как это делается в последнее время, является весьма спорным. Сравнение коэффициентов безопасности по нагрузкам, принятым в ТКП EN и СНиП, при почти равных правых частях основного неравенства МПС показывает значительное их расхождение. Этот вопрос требует дальнейшего детального изучения в каждом конкретном случае при проверке несущей способности сечений и элементов стальных конструкций.
3. Тем не менее ТКП EN 1993-1 предоставляет возможность проектирования многих новых современных конструкций и их узлов, для которых отсутствуют или недостаточно развиты в СНиП методики расчета.

### Список цитированных источников

1. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Стальные конструкции: СНиП II-23-81\*. – М.: Госстрой СССР, ЦНИИП, 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.
6. Мухин, А. В. Конструктивные решения кровель с ортотропными конструкциями из профилированных настилов / А. В. Мухин, А. Б. Шурин, Ю. Ю. Маркулевич // Вестник БрГТУ. – Брест. – 2015. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 50–54.
7. Холодное скатное покрытие зданий / А. В. Мухин, А. Б. Шурин, М. А. Луговской, В. Н. Пчелин, Ю. Ю. Маркулевич; заявитель УО

«Брестский гос. тех. ун-т» – № у 20130612 от 22.07.2013. Пол. реш. от 19.09.2013 № 9879.

8. Шурин, А. Б. Особенности конструирования бесфасоночных узлов из прямоугольных труб по ТКП EN 1993-1-8 / А. Б. Шурин, А. В. Мухин, Н. Н. Шалобыта, Е. В. Макаревич // Теория и практика исследований и проектирования в строительстве с применением систем автоматизированного проектирования (САПР): сборник статей II Международной научно-технической конференции (29–30 марта 2018 года): Брест / БрГТУ – Брест, 2018. – С. 123–127.
9. Шурин, А. Б. Трёхгранные фермы из гнутосварных профилей / А. Б. Шурин, Н. Н. Шалобыта, А. В. Мухин, Т. П. Шалобыта // Вестник БрГТУ. – Брест, 2019. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 47–49.

### References

1. Stroitel'nye normy i pravila. Normy proektirovaniya. Stal'nye konstrukcii: SNiP II-23-81\*. – M.: Gosstroj SSSR, CNiTP, 1990. – 96 s.
2. Posobie po proektirovaniyu stal'nykh konstrukcij (k SNiP II-23-81\*). – Moskva: CNiISK im. Kucherenko Gosstroya SSSR, 1989. – 214 s.
3. Tekhnicheskij kodeks ustanovivshejsya praktiki. Evrokod 3. Proektirovanie stal'nykh konstrukcij. CH. 1-1. Obshchie pravila i pravila dlya zdaniy: TKP EN 1993-1-1-2009\*. – Minsk: Ministerstvo arhitektury i stroitel'stva RB, 2015. – 88 s.
4. Tekhnicheskij kodeks ustanovivshejsya praktiki. Evrokod 3. Proektirovanie stal'nykh konstrukcij. CH. 1-3. Obshchie pravila. Dopolnitel'nye pravila dlya holodnoformovannykh elementov i profilirovannykh listov: TKP EN 1993-1-3-2009. – Minsk: Ministerstvo arhitektury i stroitel'stva RB, 2010. – 114 s.
5. Tekhnicheskij kodeks ustanovivshejsya praktiki. Evrokod 3. Proektirovanie stal'nykh konstrukcij. CH. 1-8. Raschet soedinenij: TKP EN 1993-1-8-2014. – Minsk: Ministerstvo arhitektury i stroitel'stva RB, 2015. – 128 s.
6. Muhin, A. V. Konstruktivnye resheniya krovel' s orto-tropnymi konstrukciyami iz profilirovannykh nastilov / A. V. Muhin, A. B. SHurin, Yu. Yu. Markulevich // Vestnik BrGTU. – Brest. – 2015. – № 1: Stroitel'stvo i arhitektura. – P. 50–54.
7. Holodnoe skatnoe pokrytie zdaniy / A. V. Muhin, A. B. Shurin, M. A. Lugovskoj, V. N. Pchelin, Yu. Yu. Markulevich; zayavitel' UO «Brestskij gos. teh. un-t» – № у 20130612 от 22.07.2013. Pol. resh. от 19.09.2013 № 9879.
8. Shurin, A. B. Osobennosti konstruirovaniya bezfasonoch-nykh uzlov iz pryamougol'nykh trub po TKP EN 1993-1-8 / A. B. Shurin, A. V. Muhin, N. N. Shalobyta, E. V. Makarevich // Teoriya i praktika issledovaniy i proektirovaniya v stroitel'stve s primeneniem sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya (SAPR): sbornik statej II Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii (29–30 marta 2018 goda): Brest / BrGTU – Brest, 2018. – P. 123–127.
9. Shurin, A. B. Tryohgrannye fermy iz gnutosvarnykh profilej / A. B. Shurin, N. N. Shalobyta, A. V. Muhin, T. P. Shalobyta // Vestnik BSTU. – Brest. – 2019. – № 1: Stroitel'stvo i arhitektura. – P. 47–49.