

АНАЛИЗ ЕВРОПЕЙСКИХ НОРМ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ДАВЫДОВ Е. Ю.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь.

В статье [1] был сделан анализ следующих европейских норм: ТКП EN1990 и нагрузочных Еврокодов ТКП EN 1991. В результате проведенного анализа было установлено, что эти Еврокоды не соответствуют или противоречат нормативной документации, действующей на территории Республики Беларусь по следующим положениям:

- составление расчетных сочетаний нагрузок;
- существенное увеличение значений коэффициентов перехода от нормативных (характеристических) нагрузок к расчетным;
- отсутствие коэффициентов, учитывающих условия эксплуатации конструкций и степень ответственности зданий и сооружений;
- не учет положительного влияния геометрической нелинейности на усилия в конструктивных формах;
- использование терминологии, не употребляемой в Республике Беларусь.

На основании проделанного анализа были сделаны следующие выводы:

- указанные еврокоды не могут быть применены на территории Республики Беларусь без нарушения нормативных документов, действующих в Республике Беларусь;
- внедрение еврокодов повлечет увеличение металлоемкости стальных конструкций на 25–30 %.

Данная статья написана по результатам анализа разделов европейских норм, непосредственно относящихся к проектированию стальных конструкций: ТКП EN 1993-1-1 «Проектирование стальных конструкций. Общие положения» и ТКП EN 1993-1-8 «Проектирование стальных конструкций. Расчет соединений».

Прежде всего, следует сказать о материалах. В п. 3.2.3(1)Р ТКП ЕН 1993-1-1 записано: «материал должен иметь достаточную ударную вязкость, чтобы исключить хрупкое разрушение растянутых элементов при самой низкой температуре эксплуатации». Здесь необходимо обратить внимание на то, что в европейских нормах пункты, обозначенные буквой «Р» являются основными принципами, для которых не допускаются альтернативные варианты. Применительно к климатическим условиям Республики Беларусь, самая низкая температура, согласно СНБ 2.04.02 для Минской и Витебской областей составляет минус 41 °С, для Могилевской области – 40 °С, для Брестской, Гродненской и Гомельской областей – 38 °С. Требования для сжатых элементов стальных конструкций содержатся в п. 3.2.3(3)В: «для элементов здания, работающих на сжатие, должно быть установлено минимальное значение ударной вязкости».

В настоящее время в РБ вместо ГОСТ 27772–88 введен ГОСТ 27772–2015 (указанный ГОСТ принят также в России и на Украине). Именно по этому ГОСТ поставляется фасонный и листовой прокат используемый для изготовления стальных конструкций в Республике Беларусь. В новом ГОСТ, как и в европейских нормах, приводится ударная вязкость, определяемая на образцах с V-образным надрезом (KCV). В ГОСТе 27772–88 ударная вязкость определялась на образцах с U-образным надрезом). В новом ГОСТ 27772–2015 ударная вязкость для фасонного и листового проката из сталей С235 и С345К вообще не нормируется. Для стали С245 ударная вязкость нормируется, но только при температуре +20° и при 0 °С, для стали С255 при температуре +20°, 0° и при –20°, для фасонного проката из стали С345 и С355 только при температуре –20°С, а для листового проката из тех же сталей при температуре – 20° и при – 40 °С. Указанные стали являются наиболее применяемыми для изготовления стальных конструкций в Республике Беларусь. Фасонный прокат имеет нормированный показатель по KCV при температуре –20° и –40 °С только из стали С390. Нормируемый показатель по KCV при температуре –40° и –60 °С имеет только листовой прокат и только из сталей высокой прочности (С390 и более). Здесь также следует отметить, что весь стальной прокат толщиной менее 4мм не имеет нормированных показателей по KCV. А стали класса прочности С355 и выше не имеют этих показателей уже при толщинах менее 8 мм.

Из сделанного анализа следует:

– полностью исключается из применения в Республике Беларусь стали С235 и С345К;

– фасонный прокат из сталей С245, С255, С345, С355 и С355-1 может применяться только в отопляемых помещениях, при этом толщина проката для сталей С245, С255 и С345 должна быть не менее 4 мм и не менее 8 мм для сталей С355 и С355-1;

– для конструкций эксплуатируемых на открытом воздухе может применяться фасонный прокат только из стали С390 и толщиной не менее 8 мм. Также на открытом воздухе может быть использован листовой прокат из стали С345, но при толщине не менее 4 мм и из стали С355 и других сталей с более высокой прочностью, но только при толщине не менее 8 мм. При этом фасонный прокат из стали С390 и листовой прокат из сталей С345 и С355 может быть применен для стальных конструкций эксплуатируемых на открытом воздухе только в Могилевской, Гродненской, Гомельской и Брестской областях, то есть там, где самая низкая температура не опускается ниже -40° .

В отличие от европейских норм СНИП II-23-81* «Нормы проектирования Стальные конструкции» допускает применение сталей без нормируемых показателей по ударной вязкости. Такие стали допускается применять во всех областях, кроме конструкций, относящихся к первой группе, а также во всех климатических районах, где температура наиболее холодной пятидневки не опускается ниже -50° С (в Республике Беларусь температура наиболее холодной пятидневки не опускается ниже -30° С). По европейским нормам, как было отмечено выше, применение сталей без соответствующих нормируемых показателей по ударной вязкости не допускается.

Классификация сечений, приведенная в таблице 5.2 ТКП EN 1993-1-1 вызывает следующие замечания:

1. Во-первых, не понятны последствия классификации поперечных сечений на 1-й и 2-й классы, так как дальнейший анализ показывает, что расчет этих сечений ничем не отличается;

2. Кроме того, в этой таблице отсутствуют указания по определению наибольших отношения высоты стенки к толщине для такого широко распространенного профиля как швеллер, особенностью которого по сравнению с профилями приведенными в т. 5.2 является не совпадение центра изгиба с центром тяжести;

3. Предельные отношения высоты стенки к толщине для изгибаемых элементов назначены без учета локальных напряжений и уровня касательных напряжений;

4. При назначении предельных отношений ширины пластинок, образующих сечения, к их толщине для сжатых и внецентренно сжатых элементов не используется принцип равноустойчивости, а именно: местная устойчивость пластинок, образующих сечение элемента, должна быть увязана с общей устойчивостью всего элемента. Не учет этого принципа приводит к увеличению металлоемкости сжатых и внецентренно сжатых конструктивных форм. Например, для центрально сжатых элементов из стали С235 отношение этих величин, при котором в расчетах используется полная площадь стенки, составляет 42. То же самое отношение, но вычисленное по СНиП и с учетом гибкости элемента в пределах 60–120 составляет 56,9–77,9. То есть по еврокоду при указанных отношениях толщину стенки нужно увеличивать в 1,35–1,85 раза, что повлечет увеличение металлоемкости таких конструкций.

Раздел 6.3.1.4 «Гибкость при крутильной и изгибно-крутильной форме потери устойчивости» представлен в неполном объеме. Известно, что для наиболее распространенных профилей (двутавровых и замкнутых) крутильная и изгибно-крутильная формы потери устойчивости не являются определяющими. Поэтому здесь следует указать области указанных форм потери устойчивости в зависимости от типа сечения, от расположения центра изгиба, от расчетной длины и концевых закреплений. Изгибно-крутильная форма потери устойчивости имеет место при небольших гибкостях. Например, исходя из имеющихся исследований [4] для центрально сжатых элементов крутильная форма потери устойчивости для профилей, где центр изгиба не совпадает с центром тяжести может наступить только при гибкостях меньше 60. По ТКП EN 1993-1-1 имеются также другие замечания:

- не приведены аналитические зависимости по расчету открытых профилей с планками и по определению соответствующих критических сил для таких конструктивных решений;

- не оговорены условия расчета изгибаемых элементов в упруго-пластической стадии при наличии зон чистого изгиба;

- не ограничивается гибкость, что может привести к значительным искривлениям этих элементов под действием случайных нагрузок

и собственного веса, что в свою очередь, приведет к искажению напряженных состояний этих элементов.

В ТКП EN 1993-1-8 «Проектирование стальных конструкций. Расчет соединений» есть два главных отличия от СНиП.

1. Расчет сварных соединений выполняется только по продольному сечению шва, расчет по границе сплавления не выполняется. Пятьдесят лет назад расчет сварных соединений в СССР также выполнялся по одному сечению. Однако на основании результатов эксплуатации и результатов экспериментальных исследований, было принято решение выполнять расчет по двум сечениям: по сварному шву и по границе сплавления. При расчете по шву проверяется прочность наплавленного металла, а при расчете по границе сплавления прочность металла в околошовной зоне. Это решение представляется вполне обоснованным, т.к. основной металл в околошовной зоне меняет свои свойства и в не лучшую сторону (укрупняются зерна, появляется внутреннее напряжение, значения и направления которых невозможно предсказать).

2. При проверке прочности сварных соединений механические характеристики сварных материалов никоим образом не учитываются (см. формулу (4.1)). Это связано с тем, что характеристики наплавленного металла должны соответствовать или быть выше характеристик основного металла (см. п. 4.2(2).) Сопоставление механических характеристик электродов с покрытием, поставляемых по ГОСТ 9467, с механическими характеристиками сталей, для сварки которых применяются эти электроды показывает, что ни по относительным удлинениям, ни по ударной вязкости наплавленный металл не соответствует характеристикам основного металла, т. е. согласно п. 4. 2(2) ТКП EN 1993-1-8 применять эти электроды нельзя. Делать такое же сопоставление по сварочным проволокам, поставляемым по ГОСТ 2246 не представляется возможным, так как по ГОСТ 2246 гарантируется только временное сопротивление. Но поскольку предел текучести, относительное удлинение и ударная вязкость не гарантируются, поэтому сварочные проволоки по ГОСТ 2246 не отвечают требованиям ТКП EN 1993-1-8 и их применение становится невозможным.

Другие замечания по Еврокоду 1993-1-8.

1. Нет аналитических выражений, определяющих взаимосвязь расчетных геометрических размеров сечения сварного шва (глубину

проплавления) и технологических параметров сварки. Поэтому при визуальном контроле толщина углового шва будет всегда приниматься равной высоте треугольника, вписанного во внешнюю часть сварного шва, т. е. без учета глубины проплавления.

2. Есть неопределенности в определении типа сварного шва. Если сопоставить определение швов, приведенных в ТКП EN 1993-1-8 и типы сварных швов, приведенные СТБ ИСО 17659, то одни и те же швы можно считать как стыковыми, так и угловыми.

3. Вызывает сомнение правило, согласно которому, стыковые швы с полным проплавлением не рассчитываются как при сжатии, так и при растяжении вне зависимости от метода контроля качества, т. е. не учитывается совершенно разная степень надежности сварных швов работающих на сжатие и на растяжение.

4. При назначении толщины сварных швов не учитываются толщины соединяемых элементов, т. е. не учитывается возможная концентрация напряжений.

5. Согласно этому ТКП протяженность сварных швов ограничивается только в нахлесточных соединениях (см. п. 4.11(1)). Но аналогичные ограничения должны быть и в тавровых соединениях при сосредоточенных торцевых усилиях.

6. Из п. 4.3.2. 2(4) следует, что в нахлесточных соединениях прерывистые сварные швы не могут быть использованы.

При анализе болтовых соединений, прежде всего, следует отметить, что в ТКП EN 1993-1-8 не учитывается класс точности болтов, вид нагрузки и температура эксплуатации. Если определить несущую способность одного обычного болта на срез и несущую способность соединяемых элементов на смятие, приходящуюся на один болт, то получаются следующие результаты: несущая способность на срез по СНиП окажется примерно в 1,4 раза меньше, чем по еврокоду, а несущая способность на смятие по СНиП оказывается примерно в два раза больше того же параметра по Еврокоду. Столь существенная нестыковка не может быть принята априори, здесь должны быть проведены серьезные экспериментальные исследования. Такая же нестыковка и по соединениям на высокопрочных болтах. Если сопоставить несущую способность фрикционного соединения по СНиП и Евронормам, то по Еврокоду она получается в 1,2 раза больше. Это также вопрос, требующий серьезного экспериментального подтверждения.

По ТКП EN 1993-1-8 во фрикционных соединениях несущая способность определяется не только силами трения между соединяемыми элементами, но и несущей способностью болтов на срез и несущей способностью соединяемых элементов на смятие, т. е. запускается сдвиг соединяемых элементов относительно друг друга. Здесь следует иметь в виду, что во фрикционных соединениях разность диаметров отверстий и болтов может достигать до 6 мм, т. е. вполне возможно не равномерное распределение сдвигающего усилия между болтами и поэтому не обоснованно определять несущую способность соединения, как сумму несущих способностей болтов на срез или как сумму несущих способностей соединяемых элементов на смятие (см. п. 3.7).

В п. 3.9.3 ТКП EN 1993-1-8 допускается использовать смешанные соединения: сварка плюс высокопрочные болты. С этим трудно согласиться, т.к. сварка за счет сварочных напряжений и деформаций может существенно ослабить плотность контакта соединяемых деталей, и тем самым уменьшить несущую способность соединения, определяемую силами трения. Кроме того, сварка, сопровождаемая высокой температурой, может существенно изменить результаты предварительной обработки контактных поверхностей соединяемых элементов.

Выводы

1. Еврокоды ТКП EN 1993-1-1 и ТКП EN 1993-1-8 не могут быть внедрены на территории Республики Беларусь без нарушения принципов и правил предусмотренных в этих еврокодах.

2. При использовании ТКП EN 1993-1-1 исключается из применения наиболее распространенный фасонный и листовой прокат, поставляемый по ГОСТ 27772–2015.

3. Согласно ТКП EN 1993-1-8 покрытые электроды по ГОСТ 9467 и сварочные проволоки по ГОСТ 2246 не могут быть использованы при изготовлении и монтаже стальных конструкций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Давыдов Е. Ю. К вопросу применения Европейских норм для расчета строительных конструкций // Сб. статей по мат. Международной научно-технической конференции. – Минск: БНТУ, 2016. – С. 189–195.

2. Строительная климатология : СНБ 2.04.02–2000.
3. Металлы. Методы испытания на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температурах (с изменениями №1, 2) : ГОСТ 9454–78.
4. Давыдов Е. Ю. К вопросу увеличения крутильной жесткости открытых профилей //ж. ПГС № 1. – 2010. – С.12–13.

УДК 693.22

СОПРОТИВЛЕНИЕ ВЕТРОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ ПОЭТАЖНО ОПЕРТОГО МНОГОСЛОЙНОГО СТЕНОВОГО ОГРАЖДЕНИЯ С ОБЛИЦОВОЧНЫМ СЛОЕМ В СВЕТЕ ТРЕБОВАНИЙ ЕВРОКОДА 6

ДЕРКАЧ В. Н., ДЕМЧУК И. Е.

Филиал РУП «Институт БелНИИС» – Научно-технический центр,
Брест, Беларусь

В практике современного домостроения широкое распространение получили многоэтажные здания с монолитным железобетонным каркасом, в которых наружные и внутренние стены возводятся из мелкоштучных кладочных изделий с опиранием на диски перекрытий в пределах каждого этажа. Наружные стены таких зданий часто возводят по технологии многослойной кладки с облицовочным слоем из керамического или силикатного кирпича. Последний крепится к основному слою стены с помощью гибких анкерных связей. Между основным и облицовочным слоями кладки располагается воздушный зазор и слой эффективной теплоизоляции. Указанные стены выгодно отличаются от однослойных стен по теплостойкости, акустическим свойствам, пожарной безопасности и долговечности.

Конструктивное решение многослойных стен с наружной облицовкой кирпичом было разработано ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и представлено в рабочих чертежах серии 2.130-8 (выпуски 0 и 1), выпущенной в 1988 г. В этой серии не было предусмотрено поэтажное опирание наружных стен, а высота зданий со стенами из облегченной кладки ограничивалась пятью этажами. Массовое