**Список цитированных источников**

1. Тур, В. В. Применение постнапряженных плоских плит при устройстве фундаментов на слабых грунтах / В. В. Тур / Сб. статей Междунар. НТС по геотехнике в рамках ISSMGE «Теория и практика внедрения еврокодов по геотехнике в европейских странах и Республике Беларусь»; БрГТУ – Брест, 2018. – С. 98 – 104.
2. Гусев, Г. Н. Численное моделирование силового взаимодействия плитно-свайного фундамента с грунтовым массивом / Г.Н. Гусев, А. А. Ташкинов // Вычислительная механика сплошных сред. – 2012. – Т. 5, № 3. – С. 359–363.
3. Бартоломей, Л. А. Повышение эффективности способов проектирования массивных плитных и свайных фундаментов / Л. А. Бартоломей, И. В. Глушков, А. Г. Кузнецов // Развитие городов и геотехническое строительство. –М., 2006. – С. 48–53.
4. Отчет о результатах исследования несущей способности Cobiax-перекрытий из пустотелых блоков при нагрузке силами сдвига// Дормштадт: издательство Дормштацкого технического университета, 2008. – 37 с.
5. Чураков, А. Г. Двухосная пустотная плита с инновационными видами пустот / А. Г. Чураков // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2014. – № 6(21), С-Петербург. – С. 71–81.
6. Оржеховский, Ю. Р. Экспериментальное исследование плитно-свайного фундамента Ю. Р. Оржеховский, В. В. Лушников, А. С. Ярдаков // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. Строительные науки. – 2009. – Вып. 1. – С. 71 – 73.
7. Мирсаяпов, И.Т. Моделирование напряженно-деформированного состояния плитно-свайного фундамента при совместном деформировании с окружающим грунтовым массивом / И. Т. Мирсаяпов, Д. А. Артемьев // Вестник гражданских университетов. – С-Петербург, 2009. – № 2. – С. 121–124.
8. Шулятьев, О. А. Фундаменты высотных зданий / О.А. Шулятьев // Вестник ПНИПУ, «Строительство и архитектура». – М., 2014. – № 4. – С. 203–245.
9. Ильичев В. А. Принципы проектирования оснований и фундаментов высотных зданий, учитывающие их геотехнические особенности / В. А. Ильичев, В. П. Петрухин, В. И. Шейнин // Современное высотное строительство / ГУЦ «ИТЦ Москомархитектуры». М., 2007. – С. 255–261.
10. Петрухин, В. П. Эффект краевой сваи и его учет при расчете плитного ростверка / В. П. Петрухин, [и др.] // Развитие городов и геотехническое строительство. – М. : НИИОСП, 2007. – № 11. – С. 90–97.
11. Романов, О. М. Взаимодействие ростверка, свай и основания / О. М. Романов, Н. Ю. Анкяпец // Сб. научных трудов ПолКТУ. Полтава, 2012. – вып. 5(35). – С. 148–153.
12. Катценбах, Р. Опыт оптимизации стоимости фундаментов высотных зданий / Р. Катценбах, [и др.] // Научно-технический и производственный журнал. Жилищное строительство. – 2010. – № 5. – С. 7–13.

УДК 624.014.27

***Тышкевич А. А., Цыбулько В. А.***
***Научный руководитель: к. т. н., доцент Шурин А. Б.***

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМ ИЗ ГНУТОСВАРНЫХ ПРОФИЛЕЙ ПО СНИП II-23 И ТКП EN 1993-1-8

Общеизвестно, что в стержневых конструкциях из труб при бесфасоночных узловых соединениях расход металла определяется предельными состояниями узловых соединений. Следует отметить, что методы оценки предель-

ных состояний узловых соединений в нормативных базах являются эмпирическими и основаны на достаточно ограниченных базах экспериментальных исследований [4]. Далеко не для всех видов предельных состояний узловых соединений из прямоугольных труб предложены методики расчёта.

Расчет и конструирование 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 прикрепления элемента решетки к поясу* [4].

В Республике Беларусь с 01 января 2010 года введены европейские нормы проектирования. Применение при проектировании ферм из гнутосварных профилей ТКП EN 1993-1-8 [3] значительно расширяет их область применения. Расчет и конструирование таких узлов по методике, изложенной в ТКП EN 1993-1-8, производится:

- *на 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* [4].

Таким образом, ТКП EN 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. В [3] содержится больше вариантов разрушения узлов из прямоугольных труб, однако не по всем схемам разрушения приведены соответствующие формулы расчета. В частности, в ТКП EN 1993-1-8 расчет прочности сварных швов, прикрепляющих стержни решетки к поясам не приведен, вследствие принятой гипотезы равнопрочности их основному металлу. При этом игнорируется проблема использования разных сталей для стержневых элементов и деталей, соединяющихся в узлах. Также ТКП EN 1993-1-8 содержит более жесткие требования к профилям, их химическому составу и раскислению стали.

Сравнительный анализ области применения ферм из гнутосварных профилей приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Область применения стержней ферм из прямоугольных труб по СНиП II-23 и ТКП EH 1993-1-8 [5]

| 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<br>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 | С245…С460 | Стали с $f_y \leq$ 460 МПа |
| Требования к профилям | Нет | Должны соответствовать EN 10210 или EN 10219 |
| Требования к химическому составу | Нет | $C$ = (0,09-0,15) %;<br>$P \leq$ 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<br>(узлы типа КК, ТТ и ХХ) |

Расчёт и конструирование узлов ферм из прямоугольных труб в соответствии с требованиями, приведенными в [2] производится при углах наклона решётки к поясу от 38 градусов. В соответствии с требованиями Еврокодов, приведенными в ТКП EN 1993-1-8 [3] от 30 градусов (таблица 1).

Анализ применения конструктивных решений ферм из прямоугольных труб для сооружений в Республике Беларусь показал, что их проектирование зачастую ведется с отклонениями от требований, приведенных не только в EN 1993-1-8 [3], но и СНиП II-23 [1, 2]. Часть отклонений связаны с выходом за пределы углов наклона стержней решетки в узлах при их проектировании по соответствующим нормам (рисунок 1, 2).

а)

б)

*а – несоответствие угла наклона стержней решетки в узлах требованиям [2, 3]; б – трещины в поясах ферм из-за некачественных сварных швов*

***Рисунок 1 – Ошибки при конструировании ферм из ГСП***

***Рисунок 2 – Применение нетипового опорного узла фермы***

Достаточно ярким примером непонимания проектировщиками методологии расчёта и проектирования узлов, основанной строго на экспериментальных исследованиях являются рамные конструкции пилонов, поддерживающих навес стадиона в г. Бресте (Республика Беларусь). В плоских фермах консолей пилонов навеса над стадионом угол наклона раскосов к поясам составляет менее 30 градусов (рисунок 1а). Обрушения не происходит только ввиду относительно небольших усилий в элементах решётки. Наблюдается разрушение элементов ферм вследствие замерзания попавшей воды из-за некачественных сварных швов в пятках раскосов, причём чрезвычайно сложно обнаружить дефекты такого характера (рисунок 1б).

Вторая типичная ошибка – применение типов узловых соединений, для которых не исследованы виды отказа, поэтому применение формул из нормативных документов [2, 3] при их конструировании недопустимо (рисунок 2).

**Выводы:**

1. В результате анализа конструктивных решений ферм из прямоугольных труб в Республике Беларусь установлено, что их проектирование зачастую ведется с отклонениями от требований, приведенных не только в ТКП EN 1993-1-8 [3], но и СНиП II-23-81 [1, 2].

2. Расчёт и конструирование узлов ферм из прямоугольных труб при углах наклона решётки к поясу менее 38 градусов по СНиП II-23-81*, и менее 30 градусов по ТКП EN 1993-1-8 не производится. Данная тема является актуальной с точки зрения исследования предельных состояний и технологии сварки и нуждается в дальнейшей разработке, что позволит расширить область применения пространственных и плоских ферменных конструкций.

3. Еврокод [3] 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. В [3] содержится больше вариантов разрушения узлов из прямоугольных труб, однако не по всем схемам разрушения приведены соответствующие формулы расчета, что зачастую игнорируется проектировщиками.

**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. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1–8. Расчет соединений : ТКП EN 1993-1-8-2009*. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2015. – 128 с.

4. Шурин, А. Б. Трёхгранные фермы из гнутосварных профилей / А. Б. Шурин, [и др.] // Вестник БрГТУ. – Брест, 2019. – № 1 : Строительство и архитектура. – с. 47-49.

УДК 504.055

***Фу Бинциен , Гао Ен, Шао Инин***
***Научный руководитель: к. т. н., профессор Шведовский П. В., ст. преподаватель Клебанюк Д. Н.***

## ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Социально-экономическое развитие общества, ориентированное на быстрые темпы экономического роста, сегодня нанесло уже ощутимый вред окружающей природной среде.

При этом одним из наиболее существенных влияний на окружающую среду является строительство скоростных автомобильных дорог. Это воздействие на животный и растительный мир осуществляется как при выполнении строительно-монтажных работ, так и при эксплуатации дорожной сети. По характеру и степени воздействия технологические процессы при строительстве автомобильных дорог можно разделить на следующие виды [1]:

– разработка, перемещение и укладку грунта и других минеральных материалов при возведении земляного полотна и устройстве оснований дорожных одежд;

– приготовление материалов и изделий на производственных предприятиях дорожного строительства;

– укладка и монтаж материалов и конструкций;