

УДК 624.014

к.т.н., доцент Білик А.С.,  
Київський національний університет будівництва і архітектури,  
Ковалевська Е.Е.,  
Український центр сталевих будівництва, м. Київ

## КЛАСИ ПОПЕРЕЧНИХ ПЕРЕРІЗІВ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ВІТЧИЗНЯНИМИ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИМИ НОРМАМИ

*Показано рівень адаптації нормативних документів з проектування сталевих конструкцій за європейськими нормами і їх структуру. Наведено порівняння вимог до класів поперечних перерізів за вітчизняними і європейськими нормативними документами з проектування сталевих конструкцій.*

*Ключові слова: стійкість, міцність сталевих конструкцій, живучість, початкові недосконалості, класи перерізів.*

**Актуальність роботи.** Єврокоди є системою європейських стандартів із проектування конструкцій, що розроблені Європейським комітетом стандартизації (СЕН) Комісії Європейської Співдружності (Великобританії, Нідерландів, Німеччини, Франції та інших країн). Імплементация Європейських стандартів і нових нормативних документів із проектування будівельних конструкцій в Україні вимагає проведення додаткових наукових досліджень, аналізу проектних рішень за європейськими та вітчизняними нормами [1-5].

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Провідними науковими організаціями виконуються роботи із розвитку національних нормативних документів [6-8] та впровадження європейських стандартів [1-5]. За останні роки при підтримці Українського центру сталевих будівництва (УЦСБ) з'явилися ДСТУ [15-16] та ряд досліджень, які фактично є національними посібниками для введених в дію європейських норм через систему нормативних державних стандартів [17 та ін.]. Ряд публікацій виконані у співавторстві із іноземними вченими, які брали участь в розробці європейських нормативних документів [9-13]. Важливими є наукові пошуки, які показують спільність теоретичних основних положень із розрахунку сталевих конструкцій за нормами України та європейських норм [14].

**Постановка задачі.** Показати рівень адаптації нормативних документів з проектування сталевих конструкцій до європейських стандартів.

**Виклад основних результатів досліджень.** Основна частина європейських стандартів у сфері будівництва наразі пройшла процес гармонізації та була введена у дію із 1 липня 2014р. у відповідності із ДБН А.1.1-94:2010 [3],

затвердженого наказом МінРеґіонБуду №523 від 16.12.2010. Згідно із постановою Кабінету Міністрів України від 23 травня 2011 року № 547 «Про затвердження Порядку застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу» проектування за Єврокодами поширюється на нове будівництво та реконструкцію об'єктів, що відносяться до I, II, III та IV категорій складності. Наразі в Україні, нарівні із європейськими, діють і вітчизняні будівельні норми на проектування. При цьому замовник будівництва має можливість самостійно вибирати і приймати рішення, за якими із нормативних документів здійснювати проектування всіх конструкцій будівлі. У проектній документації на один об'єкт не можуть одночасно застосовуватися будівельні норми, розроблені на основі національних технологічних традицій, та імплементовані європейські норми. Гармонізовані документи видані з позначенням ДСТУ-Н Б EN 1991 - BS EN 1999 та ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 (EN 1990). Більшість із них складаються із ряду "Частин" та Національних Додатків, яким імплементується документ CEN. Кожна країна (Національний орган стандартизації) реалізує Єврокод або відповідну частину Єврокоду як Національний стандарт, опублікувавши перекладений (ідентичний) текст або схваливши одну із 3 мовних версій (англійську, німецьку, французьку).

Загальна структура Єврокодів складається із наступних документів:

EN 1990 Єврокод: Основи проектування конструкцій

EN 1991 Єврокод 1: Навантаження на конструкції

EN 1992 Єврокод 2: Проектування бетонних конструкцій

EN 1993 Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій

EN 1994 Єврокод 4: Проектування сталебетонних конструкцій

EN 1995 Єврокод 5: Проектування дерев'яних конструкцій

EN 1996 Єврокод 6: Проектування кам'яних конструкцій

EN 1997 Єврокод 7: Геотехнічне проектування

EN 1998 Єврокод 8: Проектування конструкцій при сейсмічному

навантаженні

EN 1999 Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій.

Документи в свою чергу включають спеціальні частини. Основними базовими документами при розрахунку сталевих конструкцій є ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 (EN 1990) Єврокод: "Основи проектування конструкцій", ДСТУ-Н Б EN 1991, Єврокод 1: Дії на конструкції та Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій [4-6]. Структура Єврокоду 3 «Сталеві конструкції» виглядає наступним чином:

1. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1993-1-1:2005, ЮТ).
2. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, ЮТ).
3. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-3:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-3. Загальні положення. Додаткові правила для холоднодеформованих елементів і пластин (EN 1993-1-3:2006, ЮТ).
4. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-4:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-4. Загальні положення. Додаткові правила для неіржавіючої сталі (EN 1993-1-4:2004, ЮТ).
5. 20. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-5:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-5. Пластинчасті конструктивні елементи (EN 1993-1-5:2006, ЮТ).
6. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-6:2011 Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-6. Міцність і стійкість оболонок (EN 1993-1-6:2007, IDT).
7. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-7:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-7. Пластинчасті конструкції при навантаженні поза межами площини (EN 1993-1-7:2007, IDT).
8. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-8:2011 Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-8. Проектування вузлів (EN 1993-1-8:2005, IDT).
9. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-9:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-9. Витривалість (EN 1993-1-9:2005, IDT).
10. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-10:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-10. Ударна в'язкість (EN 1993-1-10:2005, ЮТ).
11. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-11:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-11. Проектування конструкцій з елементами, що напружуються (EN 1993-1-11:2006, IDT).
12. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-12:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-12. Додаткові правила до EN 1993 для сталей класів вище S 700 (EN 1993-1-12:2007, ЮТ).
13. ДСТУ-Н Б EN 1993-2:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 2. Сталеві мости (EN 1993-2:2006, IDT).
14. ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 3-1. Башти, щогли і димові труби - Башти і щогли (EN 1993-3-1:2006, IDT).
15. ДСТУ-Н Б EN 1993-3-2:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 3-2. Башти, щогли і димові труби - Димові труби (EN 1993-3-2:2006, ЮТ).
16. ДСТУ-Н Б EN 1993-4-1:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 4-1. Силоси (EN 1993-4-1:2007, ЮТ).

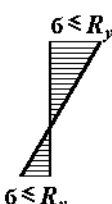

17. ДСТУ-Н Б EN 1993-4-2:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 4-2. Резервуари (EN 1993-4-2:2007, ЮТ).
18. ДСТУ-Н Б EN 1993-4-3:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 4-3. Трубопроводи (EN 1993-4-3:2007, ЮТ).
19. ДСТУ-Н Б EN 1993-5:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 5. Палі (EN 1993-5:2007, ЮТ).
20. ДСТУ-Н Б EN 1993-6:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 6. Підкранові конструкції (EN 1993-6:2007, ЮТ).

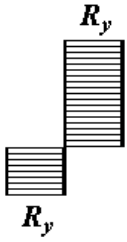
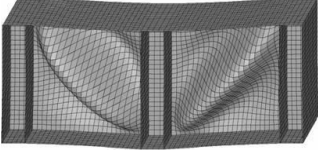
Національні норми із проектування сталевих конструкцій ДБН В 2.6-163:2010 «Сталеві конструкції» (2011-2014) [7] та їх оновлена редакція ДБН В 2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування» [8], що набрала чинності із 2015 року, певною мірою гармонізовані із Європейськими нормами. Це стосується зокрема введення **трьох класів перерізів за напружено-деформованим станом (НДС)** розрахункового перерізу при допущенні обмежень щодо розвитку обмежених пластичних деформацій (п. 1.1.3.7, ДБН В.2.6-198:2014).

**Класифікація поперечних перерізів за Єврокод 3 (ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010)** пов'язана із визначенням обмежень геометричних характеристик та відповідних меж НДС, при досягненні яких опір та поворотна здатність перерізу (граничний кут повороту, при якому забезпечено заданий рівень несучої здатності) при розвитку пластичних деформацій обмежуються втратою місцевої стійкості перерізу. Розрізняють чотири класи поперечних перерізів за НДС (табл.1).

Таблиця 1.

Класи поперечних перерізів за НДС

Порівняння класів перерізів за вітчизняними і європейськими нормативними документами з проектування сталевих конструкцій за НДС		
Ескіз НДС поперечного перерізу	За ДБН В.2.6-198-2014	за Єврокод 3 (ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010)
	1 клас конструкцій і елементів. Пружна стадія роботи сталі у розрахункових перерізах	3 клас поперечних перерізів. Пружна стадія роботи сталі у розрахункових перерізах
	2 клас конструкцій і елементів Дозволяється розвиток обмежених пластичних деформацій у розрахунковому перерізі	2 клас поперечних перерізів. Дозволяється розвиток обмежених пластичних деформацій у розрахунковому перерізі. Перерізи мають обмежену поворотну здатність внаслідок можливості втрати місцевої стійкості

	<p>3 клас конструкцій і елементів Дозволяється повний розвиток пластичних деформацій у розрахунковому перерізі із утворенням шарніра пластичності</p>	<p>1 клас поперечних перерізів. Дозволяється повний розвиток пластичних деформацій у розрахунковому перерізі із утворенням шарніра пластичності</p>
	<p>Не класифікуються.</p>	<p>4 клас перерізів. Допускається місцева втрата стійкості. Елементи з гнучкою стінкою та профілі, в яких допускається втрата місцевої стійкості полиці або стінки: балки із гофрованою стінкою, балки із гнучкою стінкою, тонкостінні профілі із поздовжніми гофрами)</p>

Відмінності проектування згідно Єврокоду 3 [10] та національними нормами в основному сконцентровані на таких положеннях: 1) Використання базових прикладних програм для підбору перерізів та перевірки міцності і стійкості елементів, 2) Максимальне врахування геометричної та фізичної нелінійності роботи всіх типів сталевих елементів. При статичному розрахунку Єврокоди вимагають враховувати теоретичні початкові недосконалості системи двома шляхами: 1 - моделювання системи із геометричними відхиленнями; 2 - задавання моделюючих недосконалості еквівалентних зусиль. На практиці рекомендується застосовувати другий підхід. 3) Поперечні перерізи елементів за НДС розподіляються на 4, а не 3 класи як у національному ДБН. 4) Система часткових коефіцієнтів надійності за матеріалом, умовами роботи, навантаженнями тощо у ДБН фактично відповідає Єврокодам. Однак, у загальному випадку, Єврокоди зводять їх до приведених коефіцієнтів надійності за навантаженнями та несучою здатністю. 5) У Єврокодах відсутні обмеження за гнучкістю та переміщеннями елементів, що віднесено до сфери визначення Національних додатків. Національний додаток України визначає обмеження за переміщеннями відповідно до чинного ДСТУ Б В 1.2.3:2006 [9]. 6) У Єврокодах немає розділення перевірки міцності зварного шва за металом шва та межею зплавлення. Фактично вважається, що межа зплавлення рівномірна із металом шва, а руйнування може відбутися тільки за металом шва. 7) У Єврокодах до основним перевірок болтових з'єднань додана перевірка на відрив частини перерізу.

Окремі дослідження показують, що використання європейських нормативних документів з проектування можуть дати зменшення ваги сталевих

конструкцій до 8-10%, особливо значне зменшення зварних швів та стиснутих стержнів без зниження надійності роботи [17].

**Висновки.** Є необхідність у проведенні наукових досліджень із метою встановлення запасів міцності і стійкості конструкцій при розрахунку із урахуванням фізичної і геометричної нелінійності їх роботи; узагальнення впливу фізичної і геометричної нелінійності роботи конструкцій на визначення впливу недосконалостей виготовлення і монтажу конструкцій, на НДС кожного класу конструкцій, відповідно визначення дійсних коефіцієнтів надійності конструкцій в залежності від класу і типу конструкцій.

Важливим етапом вбачається проведення моніторингу та порівняння техніко-економічних показників різних конструктивних рішень, які розраховані за різними нормативними підходами. Подальше моделювання процесів живучості та вогнестійкості конструкцій відкриває можливість розвинути нові підходи, щодо проектування сучасних конструкцій.

### Список літератури

1. ДБНА.1.1-2:2004. Правила розроблення нормативної документації – К.: 2004.
2. ДБНА.1.1-1:2004. Мета і основні завдання стандартизації та нормування у будівництві. – К.:2004.
3. ДБН А.1.1-94:2010 Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами. Основні положення. Чинний із 1.7.2014.
4. ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 (EN 1990) Єврокод: "Основи проектування конструкцій". Чинний із 1.7.2014.
5. ДСТУ-Н Б EN 1991, Єврокод 1: Дії на конструкції Чинний із 1.7.2014.
6. ДБН В.2.6-163:2010 «Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу». Мінрегіон. - К: Сталь – 127 с.
7. ДБН В 2.6-198:2014 «Сталеві конструкції Норми проектування». Мінрегіон. - К: Сталь. – 199 с.
8. ДСТУ Б В 1.2.3:2006 «Прогини та переміщення». Чинний із 1.1.2007.
9. Eurocode 3: Design of steel structures. EN 1993-1-3: 2004. CEN. 2004.
10. Н. Беляев, А. Билык, Д. Браун, М. Бретл. Расчет стальных конструкций зданий в соответствии с Еврокодом 3 и национальными приложениями Украины / К.: УЦСБ 2014 -97с.
11. К. Калафат, А. Билык, Н. Беляев, Э. Ковалевская. Расчет огнестойкости стальных конструкций и проектирование огнезащиты в

соответствии с Еврокодом 3 и национальными приложениями Украины / К.: УЦСБ, 2014. – 83с.

12. Семко В. Расчет несущих и ограждающих конструкций из стальных холодноформованных профилей в соответствии с Еврокодом 3. - К.: УЦСБ 2015 – 143 с.

13. Н. Беляев, А. Билык, С. Билык, Э. Уей, М. Хейвуд. Расчет элементов из стальных холодноформованных профилей в соответствии с Еврокодом 3. - К.:УЦСБ 2015 – 99 с.

14. Білик С.І. Теоретичне порівняння фактора стійкості і коефіцієнта поздовжнього згину центрально-стиснутих сталевих колон з урахуванням початкових деформацій та вигинів//Збірник наукових праць УкрНДІПСК ім. В.М. Шимановського. Вип. 15. – К.: Вид-во «Сталь», 2015. – С. 48-61.

15. ДСТУ Б В.2.6-215:2016 «Розрахунок і конструювання сталезалізобетонних конструкцій з плитами по профільованим настилам». - К.: Мінрегіонбуд 2016 – 65 с.

16. ДСТУ Б В.2.6-216:2016 «Розрахунок і конструювання з'єднувальних елементів сталезалізобетонних конструкцій». - К.: Мінрегіонбуд 2016 – 40 с.

17. Розрахунок сталевих конструкцій будівель відповідно до Єврокоду 3 та національних додатків України / Білик А.С., Ковалевська Е.А. Посібник до ДСТУ Н Б ЕН. - К.: УЦСБ 2016 – 231 с.

#### **Анотация:**

Показано уровень адаптации нормативных документов по проектированию стальных конструкций за европейскими нормами, а также их структуру. Наведено сравнение требований к классам поперечных сечений украинских и европейских норм по проектированию металлических конструкций.

Ключевые слова: стойкость, прочность стальных конструкций, живучесть, Начальные несовершенства, классы сечений.

#### **Abstract:**

in article are shown the adapted level of regulations for the design of steel structures in accordance with Eurocodes. Comparison of requirements for cross-sections classes with national design documents are estimated.