

ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРЕВАГИ ЄВРОПЕЙСЬКИХ НОРМ У ГАЛУЗІ ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Курс на євроінтеграцію є не тільки свідомим вибором України в умовах глобалізації, але і нагально необхідним з точки зору існуючої геополітичної ситуації, розташування та економічних пріоритетів. Отримавши статус країни з ринковою економікою, вступивши до Світової Організації Торгівлі та отримавши асоціацію з Євросоюзом, Україна опинилася перед необхідністю стрімкого перетворення майже усіх галузей народного господарства, у т.ч. будівельної. Особливістю будівельної галузі насамперед є дотримання нормативних положень при проектуванні та чітке виконання вимог щодо технології виготовлення та якості продукції будівельного призначення.

Єврокоди – це комплекс стандартів із проектування конструкцій, розроблених Європейським комітетом стандартизації (CEN) Комісії Європейської Співдружності (Великобританії, Нідерландів, Німеччини, Франції та інших країн) з початку 1990-х із метою охопити питання проектування несучих конструкцій. У 1990 р. вийшла перша редакція нормативного документа (Єврокод), у якому встановлено набір узгоджених технічних правил для проектування будівель і споруд. Мета Єврокоду – знайти на першому етапі альтернативу нормам різних країн, а потім, на другому, замінити їх. Після обговорення спільного документа усіма національними органами, відповідальними за нормування і стандартизацію, подальше удосконалення норм і підготовка їх остаточної редакції доручена Європейському комітету зі стандартизації, який розробив ряд норм і стандартів, що утворили загальноєвропейську систему вимог і рекомендацій щодо проектування будівельних конструкцій із різних матеріалів. Міжнародна організація з питань стандартизації ISO проголосила запровадження оцінки відповідності продукції за принципом «1+1+1», що означає «єдиний стандарт – єдиний метод випробувань – єдина процедура оцінки відповідності», який дозволяє об'єктивно оцінити якість продукції, в т.ч. будівельного призначення. Зіставлення систем нормативної документації України та ЄС наведено у таблиці 1.



А.С. Білик

доцент кафедри металевих і дерев'яних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури, к.т.н., керівник інженерного центру УЦСБ



С.І. Білик

завідувач кафедри металевих і дерев'яних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури, д.т.н., професор



Е.А. Ковалевська

провідний інженер-конструктор інженерного центру УЦСБ, м.т.н.

Таблиця 1

Національна система	Європейська система
Система ДБН та СНиП, що відносяться до промислових, громадських будівель, інших конструкцій, корозії тощо	Система Єврокодів на основі проектування, впливи та навантаження, на проектування різних конструкцій тощо
Система ДСТУ та ГОСТ у розвиток ДБН та СНиП	Система Євростандартів (EN) у розвиток Єврокодів

Особливості впровадження європейських норм проектування в Україні. Згідно з ДБН А.1.1-2:2004 [1], розроблення нормативних документів повинно ґрунтуватися на міжнародних чи регіональних стандартах, результатах науково-дослідних, дослідно-конструкторських, дослідно-технологічних, проектних робіт, патентних дослідженнях тощо та передбачати можливість досягнення консенсусу щодо положень нормативних документів. При цьому основним завданням стандартизації та нормування у будівництві повинно бути забезпечення заходів щодо гармонізації нормативних документів, що розробляються, із відповідними міжнародними (регіональними) стандартами [2].

В Україні основна частина європейських стандартів у галузі будівництва наразі пройшла процес гармонізації та була введена у дію з 1 липня 2014 р. у відповідності з ДБН А.1.1-94:2010 [3], затвердженим наказом Мінрегіонбуду № 523 від 16.12.2010 р. Згідно з 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. Протягом перехідного періоду в Україні, нарівні з європейськими, будуть діяти і вітчизняні будівельні норми на проектування. При цьому замовник будівництва має можливість самостійно вибрати і приймати рішення, за якими з 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 будівельні норми, гармонізовані із нормативними документами Європейського Союзу, у т.ч. і нормативні вимоги з навантажень і впливів повинні мати одну систему коефіцієнтів надійності, що і вимоги із перевірки міцності та стійкості конструкцій та їх елементів.

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 СЕН. Кожна країна (Національний орган із стандартизації) реалізує Єврокод або відповідну частину Єврокоду як Національний стандарт, опублікувавши перекладений (ідентичний) текст або схваливши одну з 3 мовних версій (англійську, німецьку, французьку).

Національний стандарт, який впроваджує Єврокод, має складатися з національної титульної сторінки, національної передмови, тексту Єврокоду і національного додатка. Національний додаток публікується від імені і з дозволу національних компетентних органів влади і містить параметри, які призначаються за встановленою процедурою і враховують особливості географічних і кліматичних умов, засобів життя, встановлюваних рівнів безпеки.

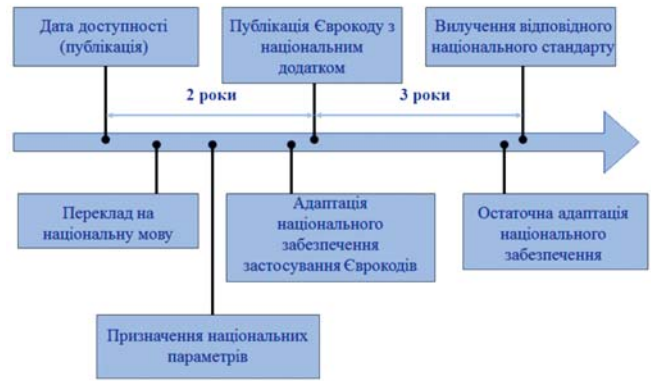


Рис. 1. Процедура впровадження Єврокодів в Україні

СТРУКТУРА ЄВРОКОДІВ			
10 розділів, 58 Євростандартів			
ДБН А.1.1-94:2010 «Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами»			
ДСТУ-Н	EN 1990	Основи проектування конструкцій	1
ДСТУ-Н	EN 1991	Навантаження та впливи	10
ДСТУ-Н	EN 1992	Залізобетонні конструкції	4
ДСТУ-Н	EN 1993	Металеві конструкції	20
ДСТУ-Н	EN 1994	Сталезалізобетонні конструкції	3
ДСТУ-Н	EN 1995	Дерев'яні конструкції	3
ДСТУ-Н	EN 1996	Кам'яні конструкції	4
ДСТУ-Н	EN 1997	Геотехнічне проектування	2
ДСТУ-Н	EN 1998	Проектування сейсмостійких конструкцій	6
ДСТУ-Н	EN 1999	Алюмінієві конструкції	5

Проектування металевих конструкцій: 36 Євростандартів, 5 Єврокодів

Рис. 2. Структура Єврокодів

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»

Проектування	
Загальні правила проектування	Мости
Розрахунки на вогнестійкість	Башти і вишки
Холодноформовані елементи	Димові труби
Нержавіюча сталь	Силоси
Пластинчасті елементи	Резервуари
Міцність і надійність оболонок	Трубопроводи
Пластинчасті елементи при навантаженнях поза площею	Палі
Проектування з'єднань	Підкранові конструкції
Довговічність	
Властивості тріщиностійкості і міцності матеріалу в напрямку товщини прокату	
Конструкції з розтягнутими елементами	
Додаткові правила до сталевих конструкцій із сталей класів вище S700	

Слід зазначити, що існуючі в Україні національні норми із проектування сталевих конструкцій ДБН В 2.6-163:2010 «Сталеві конструкції» (2011–2014) та їх оновлена редакція ДБН В 2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування», що набули чинності з 1 січня 2015 р., містять багато положень, що певною мірою гармонізовані із європейськими нормами. Це стосується введення трьох класів перерізів за напружено-деформованим станом, кривих стійкості тощо. Проте варто зазначити детальніше найголовніші відмінності проектування згідно з Єврокодом 3 [7] та національними нормами:

1. Через використання точних, апроксимаційних, базованих на експериментах теоретичних моделей, Єврокоди орієнтовані в основному на комп'ютерні, а не ручні методи розрахунку. На практиці у Європі широко використовуються пакети прикладних програм, що скорочують рутинні операції. В нашій країні також розробляється спеціалізоване ПЗ, але воно у більшій мірі застосовується на практиці для визначення напружено-деформованого стану конструкцій і орієнтоване на національну нормативну базу.

2. В залежності від характеру роботи конструкції, у європейських нормах закладена необхідність урахування геометричної та фізичної нелінійності. Як правило, при статичному розрахунку найбільш часто враховується геометрична нелінійність. При використанні сучасних програмних комплексів на рівні статичного або динамічного розрахунку є можливість врахування фізичної та геометричної нелінійності.

3. При статичному розрахунку Єврокоди вимагають враховувати теоретичні початкові недосконалості системи двома шляхами: 1 – моделювання системи з геометричними відхиленнями; 2 – задавання моделюючих недосконалості еквівалентних зусиль. На практиці рекомендується застосовувати другий підхід.

4. Поперечні перерізи елементів за напружено-деформованим станом розподіляються на 4, а не 3 класи як у національному ДБН. Процес визначення класу перерізів по суті є перевіркою можливості втрати місцевої стійкості частин перерізу.

Клас 1 – поперечні перерізи, у яких може утворюватися повний пластичний шарнір без зниження несучої здатності від втрати місцевої стійкості.

Клас 2 – поперечні перерізи, у яких можуть утворюватися часткові пластичні деформації, обмежені внаслідок втрати місцевої стійкості.

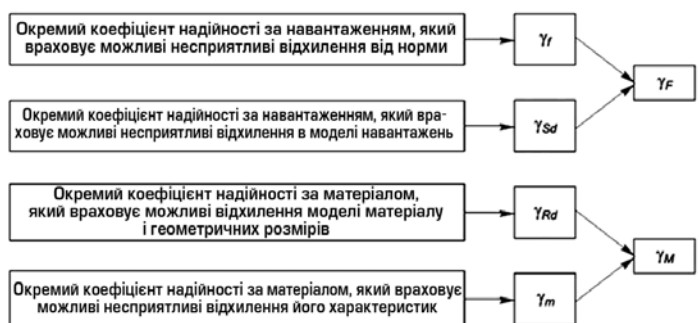
Клас 3 – поперечні перерізи, які працюють у пружній області, а напруження досягають межі текучості тільки у крайніх волокнах. Пластичні деформації у перерізах 3 класу не розвиваються внаслідок втрати місцевої стійкості.

Клас 4 – поперечні перерізи, у яких втрата місцевої стійкості у одній або кількох ділянках перерізу настає до досягнення текучості.

До конструкцій 4 класу в основному відносяться легкі тонкостінні елементи, балки і колони з гофрованою стінкою, балки і колони з гнучкою стінкою, а також деякі інші типи конструкцій. Незважаючи на втрату місцевої стійкості, в залежності від техніко-економічного обґрунтування та навантаження на конструктивну систему, вони можуть конкурувати з іншими типами конструкцій.

Для більшості конструкцій при використанні традиційної технології виготовлення сталевих конструкцій намагаються компонувати профілі таким чином, щоб вони підпадали під перші два класи. Клас перерізу у свою чергу визначає тип розрахунку елемента та систему формул, що при цьому застосовуються.

5. 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:



6. 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 «Прогини та переміщення».

7. У Єврокодах основною геометричною характеристикою зварних швів є не катет шва, а його висота (перпендикуляр з вершини умовного перерізу шва до гіпотенузи). Також немає розділення перевірки міцності зварного шва за металом шва та межею зплавлення. Фактично вважається, що межа зплавлення та метал шва рівномічні, а руйнування може відбутися тільки за металом шва.

8. У Єврокодах до основних перевірок болтових з'єднань додана перевірка на відрив частини перерізу.

Зазначені відмінності між національними та європейськими нормами не є фундаментальними, вони пов'язані, насамперед, із різним обсягом наукових досліджень, що стали основою для стандартів, традиційністю галузі, точністю виготовлення металоконструкцій, рівнем нормування та контролю якості виробництва.

Ефективність застосування Єврокоду 3. З метою порівняння ефективності проектування за європейськими нормами проведений порівняльний розрахунок конструкцій покриття згідно з ДБН 2.6-198:2014 і Єврокодом 3.

Таблиця 2

Специфікація перерізів елементів та зварних швів при розрахунку

Елемент	Стержні	За європейськими нормами					За національними нормами				
		Переріз	Розмір швів, мм				Переріз	Розмір швів, мм			
			по обушку		по перу			по обушку		по перу	
			k_f , об	l_w , об	k_f , п	l_w , п		k_f , об	l_w , об	k_f , п	l_w , п
Верхній пояс	1	2L125*16	10	150	6	100	2L160*10	5	40	5	40
	2	2L125*16	10	150	6	100	2L160*10	10	250	8	200
	3	2L125*16	10	150	6	100	2L160*10	10	250	8	200
	4	2L125*16	10	150	6	100	2L180*11	10	250	8	200
	5	2L125*16	10	150	6	100	2L180*11	10	250	8	200
	6	2L125*16	10	150	6	100	2L180*11	10	250	8	200
	7	2L125*16	10	150	6	100	2L180*11	10	250	8	200
	8	2L125*16	10	150	6	100	2L160*10	10	250	8	200
	9	2L125*16	10	150	6	100	2L160*10	10	250	8	200
	10	2L125*16	10	150	6	100	2L160*10	5	40	5	40
Нижній пояс	11	2L100*10	10	150	6	110	2L80*7	8	130	5	90
	12	2L100*10	10	150	6	110	2L140*10	10	240	6	180
	13	2L100*10	10	150	6	no	2L140*10	10	300	6	230
	14	2L100*10	10	150	6	110	2L140*10	10	240	6	180
	15	2L100*10	10	150	6	110	2L80*7	8	130	5	90
Розкоси	16	2L125*9	8	100	6	60	2L140*10	10	160	6	140
	17	2L70*6	6	100	4	70	2L90*7	8	150	5	110
	18	2L100*10	6	80	4	50	2L110*8	8	110	5	80
	19	2L70*6	6	100	4	80	2L90*7	8	70	5	50
	20	2L100*10	6	80	4	50	2L90*7	5	50	5	40
	21	2L100*10	6	80	4	50	2L90*7	5	50	5	40
	22	2L70*6	6	100	4	80	2L90*7	8	70	5	50
	23	2L100*10	6	80	4	50	2L110*8	8	110	5	80
	24	2L70*6	6	100	4	70	2L90*7	8	150	5	110
	25	2L125*9	8	100	6	60	2L140*10	10	160	6	140
Стояки	26	2L63*6	4	40	4	30	2L70*7	5	60	5	40
	27	2L63*6	4	40	4	30	2L70*7	5	60	5	40
	28	2L63*6	4	40	4	30	2L70*7	5	60	5	40
	29	2L63*6	4	40	4	30	2L70*7	5	60	5	40
	30	2L63*6	4	40	4	30	2L70*7	5	60	5	40
	31	2L63*6	4	40	4	30	2L70*7	5	60	5	40

Таблица 3

Норми часу на виконання зварювальних робіт

Розрахунок за європейськими нормами				Розрахунок за українськими нормами			
Катет шва, мм	Загальна довжина шва, м	Норма часу на 10 м.п.	Загальна норма часу на виріб	Катет шва, мм	Загальна довжина шва, ч	Норма часу на 10 м.п.	Загальна норма часу на виріб
4	1,84	1,5	0,276	4	3	2,3	0,69
6	4,78	3,3	1,5774	6	1,74	3,3	0,5742
3	0,4	4,6	0,184	3	4,52	4,6	2,0792
10	4,5	1,5	0,675	10	6,2	1,5	0,93
Разом	11,52		2,7124	Разом	15,46		4,2734

Робота здійснена в рамках діяльності УЦСБ та кафедри МК КНУБА. Було прийнято стандартну промислову будівлю із покриттям по фермах із парних кутиків прогоном 30 м у м. Києві, проектний термін експлуатації 50 років, клас наслідків СС2. Було зібрано навантаження, визначено зусилля, підбрано перерізи елементів із парних кутиків та довжини і розміри зварних швів (табл. 2).

Окрім матеріалоемності та параметрів швів, за укрупненими нормами часу було обчислено трудомісткість виконання зварюваль-

них робіт при виробництві відправної марки ферми (табл. 3).

У результаті порівняння розрахунків за Єврокодом та за ДБН встановлено, що у першому випадку маса ферми менша на 8 % (3599 кг проти 3909 кг); загальна довжина швів на ферму скоротилась на 25,5 %; витрати електродів скоротилась на 34,9 %. Також за рахунок зменшення довжини зварних швів та використання менших катетів швів вдалось досягти скорочення витрати часу на 36,5 % у порівнянні з чинними нормами.

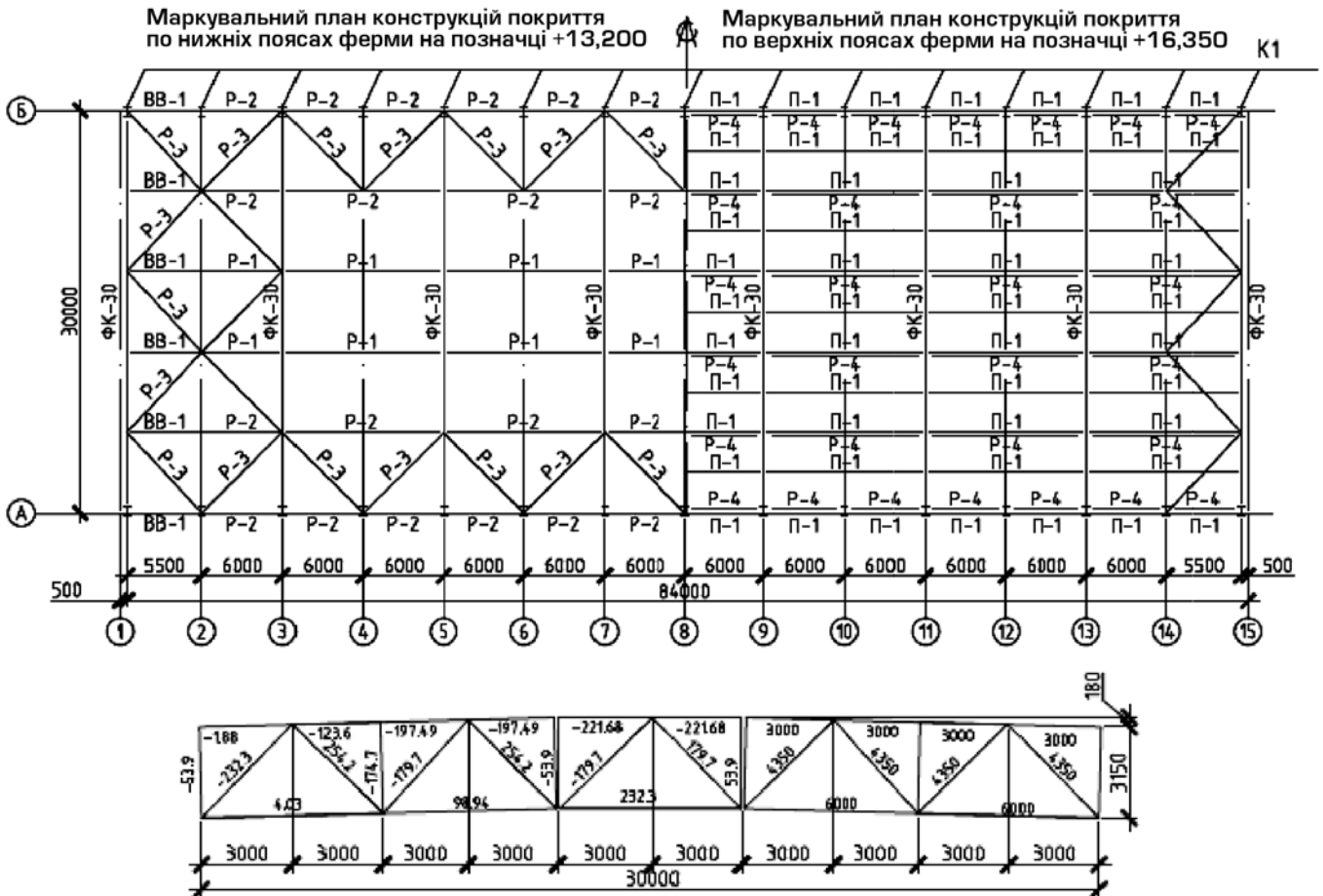


Рис. 3. Маркувальний план по верхніх та нижніх поясах ферм покриття та монтажна геометрична схема ферми

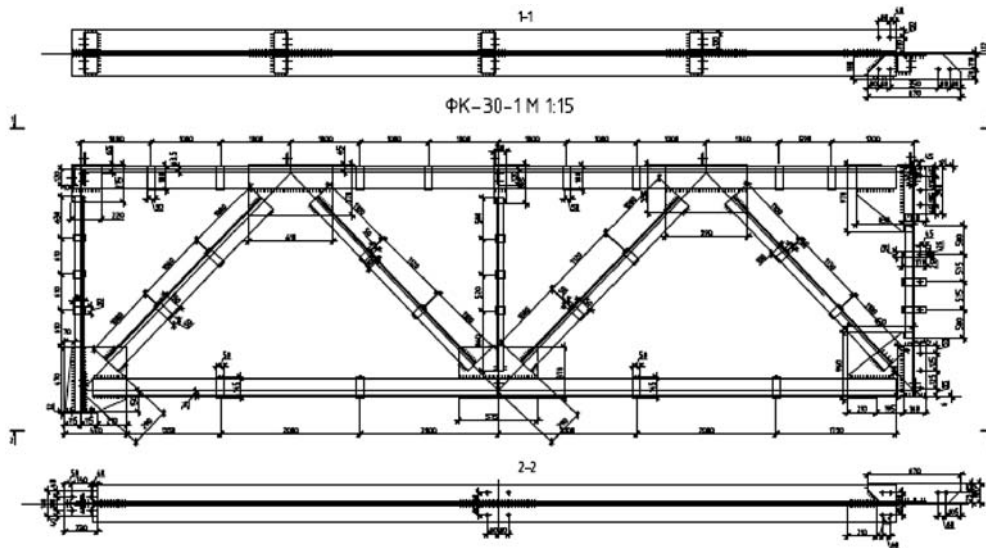


Рис. 4. Відправний елемент ферми

Важливо, що зазначена економічність досягається без зниження надійності. При цьому слід пам'ятати, що система коефіцієнтів безпеки та навантаження для розрахунку мають бути прийняті відповідно до інших Єврокодів, імплементованих в Україні, із відповідними національними додатками, а одночасне використання різних норм в одному проекті не дозволяється.

Висновки. Український Центр Сталевого Будівництва проводить послідовну діяльність із впровадження кращих світових практик проектування і застосування сталевих конструкцій. Так, зокрема, вже здійснено низку системних кроків для впровадження європейських норм: видано чотири [8–11] і підготовлено до друку два посібники із проектування відповідно до імплементованих європейських норм у частині проектування сталевих прокатних, зварних і тонкостінних конструкцій, а також вогнезахисту; проведено ряд семінарів та популяризаційних заходів з метою підвищення кваліфікації інженерів, ознайомлення їх із сучасними нормами та прикладами проектування тощо.

Очевидно надання чинності базисним європейським документам у галузі проектування сталевих конструкцій є значним поступом, на що багатьом державам знадобилися десятиріччя. Введення норм і перехід на них при проектуванні не викликає в основному надлишкових витрат, окрім як на освітні курси інженерного складу.

Зазначимо, що впровадження норм не замінє вітчизняного розвитку науки щодо металобудівництва, а, навпаки, сприяє інтеграції віт-

чизняної науки у європейський інформаційний простір – найбільш наукоємну систему в світі. Це стимулює вихід технології виготовлення і монтажу конструкцій на нові рівні якості. Для багатьох специфічних областей проектування метало-конструкцій мають бути проведені відповідні експерименти, підведена теоретична підоснова, що враховує національні особливості сталей, профілів,

монтажних допусків тощо при проектуванні. Із європейськими нормами проектувальник отримує замкнений апарат керування надійністю та контролю довговічності будівлі. Знання Єврокодів підвищує конкурентоспроможність та привабливість українських компаній для іноземних інвесторів.

Одним із бар'єрів на шляху до масового застосування нових норм є те, що система Єврокодів цілісно спирається на систему євростандартів, багато з яких ще не імплементовано в Україні, а аналогів національних документів немає. Також не слід забувати про інерціальність проектної галузі при впровадженні нових норм. Тут слід зазначити, що створити відповідні умови і стати мотиватором для впровадження європейських норм та систем якості має держава, виступаючи ефективним замовником та прокладаючи шлях для приватного сегмента на зовнішні ринки.

Українським Центром Сталевого Будівництва заплановано також наступні дії щодо впровадження Єврокодів:

- Подальше створення системи методичних рекомендацій щодо роботи з Єврокодами та затвердження їх як офіційних посібників до відповідних частин норм.
- Проведення для проектувальників практичних навчальних семінарів на системній постійній основі.
- Подальша гармонізація євростандартів, внесення пропозицій щодо планів, складу національних додатків через ТК 301 та інші інструменти.

- Демонстрація кращих практик проектування відповідно до Єврокодів, написання статей, розгляд кейсів.
- Впровадження технологій мінімізації витрат на вогнезахист сталевих конструкцій.
- Стимулювання зовнішньоекономічної діяльності, вироблення дорожніх карт доступу та виходу українського проектування та металобудівництва на ринки європейських країн.
- Організація освітніх заходів, конференцій тощо для учасників галузі.

Для науковців і проектувальників подальші наукові дослідження і впровадження сучасних стандартів у проектування концентруються за такими напрямками:

- Подальше порівняння техніко-економічних показників різних типів конструкцій каркасів будівель і споруд, які розраховані за різними нормативними підходами. Це відкриває можливість підвищити конкурентоспроможність конструктивних рішень сталевих конструкцій.
- Впровадження нових типів сталевих конструкцій, високотехнологічних при виготовленні, адаптація методик розрахунку та існуючих нормативних документів до сучасних конструктивних рішень.
- Впровадження нових конструктивних рішень систем каркасів будівель і споруд із покращеними експлуатаційними властивостями, які забезпечують підвищену живучість конструкцій та вогнестійкість. Моделювання процесів живучості та вогнестійкості конструкцій.
- Використання нових марок сталі, в т.ч. із надвисокою міцністю.

- Проведення і розвиток наукових досліджень з метою визначення впливу недосконалої виготовлення конструкцій на напружено-деформований стан. Визначення впливу на стійкість і міцність конструктивних ексцентриситетів для кожного із класів конструкцій.
- Проведення наукових досліджень із метою встановлення запасів міцності і стійкості конструкцій при розрахунку із урахуванням фізичної і геометричної нелінійності роботи конструкцій. Узагальнення впливу фізичної і геометричної нелінійностей конструкцій при проектуванні різних конструкцій.
- Визначення дійсних коефіцієнтів надійності конструкцій в залежності від її класу і типів при використанні технологічних можливостей для різних типів конструкцій.

Україна повинна керуватися насамперед двома концепціями гармонізації – зваженість та доцільність. Це пов'язано із специфікою металевих конструкцій. Зокрема норми нерозривно пов'язані із технологією виготовлення металоконструкцій. Тому гармонізація норм повинна супроводжуватися переоснащенням основних виробничих фондів у галузі виробництва металопрокату [12]. Події останнього часу довели, що країни ЄС єдині з Україною у поглядах вирішення енергетичних та оборонних проблем. Але так само нагальними є питання європейської колективної безпеки, єдиної системи енергозабезпечення, системи розподілу ресурсів та економічного простору, а також питання узгодженого нормативного простору у будівництві.

[1] ДБН А.1.1-2:2004 Правила розроблення нормативної документації – К.: 2004.

[2] ДБН А.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 з 01.07.2014.

[4] ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 (EN 1990) Єврокод: «Основи проектування конструкцій» Чинний із 01.07.2014.

[5] ДСТУ-Н Б EN 1991, Єврокод 1: Дії на конструкції Чинний з 01.07.2014.

[6] ДБН В.2.6-163:2010 «Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу». Мінрегіон, К: Сталь – 127 с.

[7] Eurocode 3: Design of steel structures. EN 1993-1-3: 2004. CEN. 2004.

[8] Н. Беляев, А. Бильк, Д. Браун, М. Бретл. Расчет стальных конструкций зданий в соответствии с Еврокодом 3 и национальными приложениями Украины УЦСБ 2014 – 97с.

[9] К. Калафат, А. Бильк, Н. Беляев, Э. Ковалевская. Расчет огнестойкости стальных конструкций и проектирование огнезащиты в соответствии с Еврокодом 3 и национальными приложениями Украины УЦСБ 2014 – 83 с.

[10] Семко В. Расчет несущих и ограждающих конструкций из стальных холодноформованных профилей в соответствии с Еврокодом 3 УЦСБ 2015 – 143 с.

[11] Н. Беляев, А. Бильк, С. Бильк, Э. Уей, М. Хейвуд. Расчет элементов из стальных холодноформованных профилей в соответствии с Еврокодом 3 УЦСБ 2015 – 99 с.

[12] CONSLEG: 1989LO106 - UA - 20.11.2003 - 002.001 – 3

Надійшла 13.05.2015 р.