

The walls and combined roofs of residential and non-residential public buildings were analysed, the requirements for which in DBN B.2.6-31:2016 and DBN B.2.6-31:2021 differ in the minimum permissible value of heat transfer resistance, but coincide in other indicators. Climate conditions for the operation of buildings are reflected by data on atmospheric air temperature at 57 weather stations of Ukraine, which are given in DSTU-N B V.1.1–27:2010. The comparison of the same type of enclosing structures is made according to the criteria of reducing annual heat losses due to the enclosing and the probable duration of thermal failures. Annual heat losses in the set of each of the 57 weather stations are calculated according to the known dependencies of thermal physics. The durations of thermal failures of enclosures according to the comfort criterion are determined by the probabilistic method previously developed by the authors, which takes into account random fluctuations in the temperature of the external atmospheric and internal air in the room, as well as the random character of the heat transfer resistance of the enclosures.

The probable duration of thermal failures of enclosing structures according to the comfort criterion, depending on the permissible temperature difference of the internal air and the inner surface of the enclosing structure, established in DBN B.2.6-31, can differ by two orders of magnitude. This indicator should be used only to compare the level of thermal reliability of enclosures with the same values of the permissible temperature difference. The increase in the heat transfer resistance of walls and roofs of residential and public buildings implemented in DBN V.2.6-31:2021 led to a decrease in heat loss by an average of 17%, a decrease in the probable duration of thermal failure of walls according to the comfort criterion by 17%, and combined roofs by 54 %.

residential and public buildings, walls, roofs, heat loss, the duration of the thermal failure

Одержано (Received) 03.01.2024

Прорецензовано (Reviewed) 29.02.2024

Прийнято до друку (Approved) 25.03.2024

УДК 624.014.27:004

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.74-82](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.74-82)

Г.Д. Портнов, доц., канд. техн. наук, **А.А. Тихий**, доц., канд. техн. наук, **В.В. Дарієнко**, доц., канд. техн. наук, **В.В. Пукалов**, доц., канд. техн. наук, **О. В. Кузик**, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: budkom999@gmail.com, vvdarienko@gmail.com

Л.В. Гасенко, доц., канд. техн. наук

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна
e-mail: lin02011@meta.ua

Створення бази комплементарних гнutoзварних профілів решітчастих металокопструкцій

Дослідження присвячено розробці бази даних комплементарних гнutoзварних профілів для автоматизованого проектування решітчастих металокопструкцій. Значна увага приділяється урахуванню місцевої стійкості та технологічних обмежень сполучення елементів металевих копструкцій ферм. Описано методику аналізу моделей проміжних вузлів з прямокутних труб у програмі SolidWorks і обробку результатів у Microsoft Excel, що дозволяє групувати елементи в комплементарні поєднання профілів. Результати дослідження демонструють зв'язок технологічних обмежень з міцністю елементів та спрощують процес підбору профілів за ДСТУ EN 10219-2:2009, мінімізуючи недонапруження до 5%.

металеві копструкції, сталева ферма, трикутна решітка, гнutoзварні профілі, ексцентриситет

Постановка проблеми. Сталеві прокатні профільні елементи широко застосовуються в сучасних металокопструкціях завдяки можливості створення виробів з мінімальною металоємністю [8]. На стадії проектування таких копструкцій необхідно

© Г. Д. Портнов, А.А. Тихий, В.В. Дарієнко, В.В. Пукалов, О. В. Кузик, Л.В. Гасенко, 2024

підбирати їх переріз не тільки із умов міцності та жорсткості, а й вирішувати задачу врахування місцевої стійкості та технологічні обмеження сполучення елементів конструкції. Це знижує ефективність використання систем автоматизованого проектування через відсутність систематизованої бази відповідних даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При задаванні шарнірної схеми поєднання стержневих елементів ферм покриття, однією зі значних їх переваг є робота більшості її елементів на повздовжні зусилля без виникнення згинальних моментів, що дозволяє зробити конструкцію оптимальною за масою [15; 16].

Ферми із замкнутих гнutoзварних профілів проектується, зазвичай, з вузлами без фасонки та спиранням легкого покриття безпосередньо на верхній пояс або на прогони [13]. Для спрощення конструкції вузлів решітку приймають трикутну без додаткових стійок [14]. В Україні виготовлення кроквяних ферм із таких елементів виконується, зокрема, із урахуванням вимог ДСТУ Б В.2.6-74:2008 «Ферми сталеві кроквяні з гнutoзварних профілів прямокутного перерізу» [6]. Матеріал конструкцій приймається із сталі С245 чи С355 за ДСТУ 8539:2015 «Прокат для будівельних сталевих конструкцій». Пояси та елементи решітки виготовляються із квадратних і прямокутних труб за ДСТУ 8940:2019 «Труби сталеві профільні» [4] або ДСТУ EN 10219-2:2019 «Профілі порожнисті зварні холодного формування нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій» [5].

Ефективним прикладом застосування сталевих конструкцій виробничих будівель, виготовлених із замкнутих гнutoзварних профілів прямокутного перерізу, є ферми покриття типу «Молодечно». У даний час широке розповсюдження отримали ферми типу «Молодечно» з трикутною решіткою. У вузлах таких ферм передбачено безпосереднє з'єднання розкосів із поясами (див. рис.1).

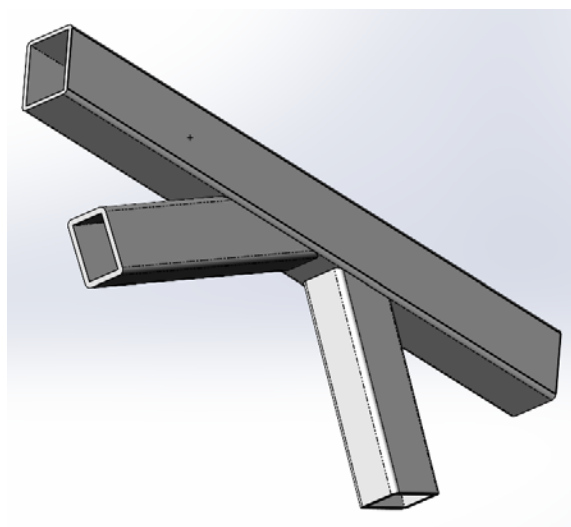


Рисунок 1 – Загальний вигляд проміжного вузла ферми

Джерело: розроблено авторами

Фактично у більшості випадків вузли ферм виконуються зварними, тому прийняте в розрахунку шарнірне з'єднання елементів ферм не реалізується. У зварній фермі жорстке сполучення елементів призводить до виникнення згинальних моментів у вузлах утвореної таким чином статично невизначеної конструкції. Значення згинальних моментів в елементах, які поєднуються, зростає, коли їх осі не перетинаються в одній точці (розцентрування осей елементів у вузлі). Це може відбуватися як у результаті похибки виготовлення, так і згідно з проектним рішенням. У цьому випадку елементи

ферм слід розраховувати як позацентрово-стиснуті, що обмежує можливості раціонального використання матеріалу [3; 17].

Вплив розцентрування осей елементів у вузлі на працездатність конструкції може бути різним і залежить від умов навантаження елементів та граничного стану.

Щоб уникнути подвійного різну у розкосах під час влаштування їх стикування у вузлах, допускається розцентрування. При обмеженні величини розцентрування $e \leq 0,25H$, де H – висота панелі елемента пояса в площині ферми, фактична жорсткість вузлів незначно впливає на зусилля в елементах, тому у розрахунковій схемі такі вузли ферм приймаються шарнірними.

Згідно з ДБН В.2.6-198.2014 [3], осі стержнів ферм і решітчастих структур повинні бути, як правило, центрованими в усіх вузлах. Центрування стержнів у фермах слід виконувати у вузлах за центрами ваги їх поперечних перерізів. За наявності ексцентриситетів у вузлах, елементи ферм і решітчастих структур слід розраховувати з урахуванням дії відповідних згинальних моментів (п. 17.3.1 ДБН В.2.6-198.2014) [3].

При розрахунку плоских ферм, з'єднання елементів решітки з поясом у вузлах ферм допускається приймати шарнірними при трубчастих типах поперечних перерізів елементів, якщо відношення $h/l \leq 0,1$, де h – висота перерізу, l – геометрична довжина елемента. При перевищенні зазначених відношень h/l , слід враховувати додаткові згинальні моменти, що виникають в елементах ферми від жорсткості вузлів; при цьому допускається враховувати жорсткості вузлів у фермах наближеними методами, а осьові зусилля визначати за шарнірною схемою (п. 17.3.2 ДБН В.2.6-198.2014) [3].

Крім того, існують обмеження співвідношень розмірів контактуючих поверхонь елементів решітчастих структур з міркувань збереження місцевої стійкості елементів.

До технологічних обмежень відносяться співвідношення розмірів перерізів елементів поясу і решітки, кути між осями а також мінімальна відстань між сусідніми зварними швами.

При розрахунку вузлів ферм зі стержнями з прямокутних труб і прикріпленням елементів решітки безпосередньо до поясу необхідно перевіряти несучу здатність:

- стінки поясу при місцевому зминанні (продавлюванні) у місцях примикання елементів решітки;
- бічної стінки поясу в місці примикання стиснутого елемента решітки;
- елементів решітки в перерізі, що примикає до поясу;
- при перевірці міцності стінки необхідно враховувати сумісну дію зусиль у поличці та в прилеглому елементі решітки (п. 17.3.5 ДБН В.2.6-198.2014) [3].

Розрахунок вузлів з вираженим ексцентриситетом в [3] не знайшов чіткого представлення, ферми розраховуються з врахуванням жорсткості вузлів, але методика розрахунку не приводиться. Запропоновані в [2; 10; 11] методи не знайшли відображення в сучасних нормативних документах.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Зазвичай, розробка конструкції ферм виконується у 4 етапи:

- 1) підбір перерізів елементів за результатами розрахунку ферми за шарнірною схемою;
- 2) креслення вузлів ферми для визначення ексцентриситетів з урахуванням конструктивних і технологічних обмежень;
- 3) уточнення дійсної розрахункової схеми ферми з урахуванням отриманих ексцентриситетів;
- 4) підбір перерізів елементів дійсної розрахункової схеми з урахуванням наявності потрібних профілів.

На практиці навіть при використанні сучасних ПК типу «Ліра» [1; 7; 9] процес підбору перерізів має трудомісткий характер і проводиться у наступній послідовності:

1) після опрацювання розрахункової схеми, ПК «Ліра» визначає розрахункові внутрішні зусилля (за РСЗ чи РСН) в стержнях;

2) ПК «Ліра» пропонує обрати перерізи елементів в рамках визначеної номенклатури профілів;

3) перевірка запропонованих профілів з урахуванням особливостей роботи тонкостінних елементів і технологічних обмежень виробництва, як правило, показує непридатність запропонованого варіанта;

4) конструктор вручну підбирає профілі, спираючись на попередні результати розрахунку з врахуванням обмежень, характерних для тонкостінних конструкцій та наявної номенклатури профілів;

5) підібрані профілі вводяться в розрахункову схему з перерахунком зусиль;

6) при отриманні позитивного результату виконується розрахунок вузлів з урахуванням дійсних ексцентриситетів;

7) як правило, запропоновані профілі потребують корегування виходячи зі значень зусиль, виникаючих в перерізах елементів і зварних швах;

8) процес виконання п.п. 5 і 6 повторюється до досягнення прийнятних результатів.

В умовах обмеження номенклатури наявних профілів рішення приймається на підставі розгляду можливих комбінацій елементів поясу і решітки з оцінюванням економічних показників конструкції, урахуванням логістичних витрат, що потребує перебору багатьох варіантів зі значними витратами часу.

Завданнями проведеного авторами дослідження є:

1. Обґрунтування методики визначення сполучень гнutoзварних профілів прямокутного перерізу (комплементарних сполучень), які відповідають як діючим вимогам першого граничного стану, так і технологічним обмеженням виробництва.

2. Розробка таблиці комплементарних сполучень гнutoзварних профілів прямокутного перерізу за ДСТУ EN 10219-2:2019 [5].

Виклад основного матеріалу. Геометричні параметри вузла ферми, що розглядається, представлені на рисунках 2 і 3.

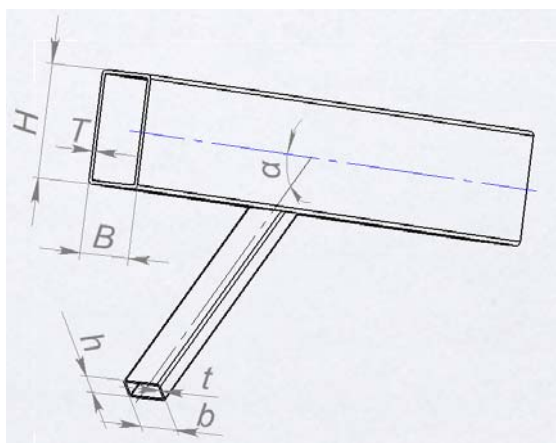


Рисунок 2 – Геометричні параметри сполучення елементів поясу і решітки

Джерело: розроблено авторами

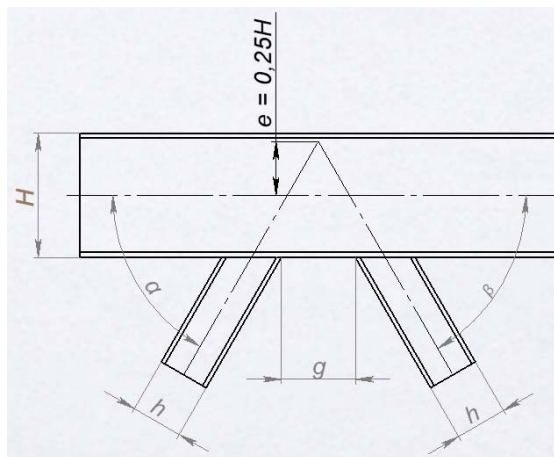


Рисунок 3 – Геометричні параметри вузла ферми з трикутною решіткою

Джерело: розроблено авторами

У таблиці 1 представлені граничні умови формування проміжного вузла ферми (креслення див. рису. 2 і 3) з поясненнями.

Таблиця 1 – Обмеження значень геометричних параметрів проміжного вузла ферми

№	Гранична умова	Пояснення
1	$\alpha \geq 30^\circ; \beta \geq 30^\circ$	Забезпечення щільності примикання розкосів
2	$b \leq B - 2(T + t)$	Зручність накладання зварних швів
3	$b \geq 0,6B$	Запобігання продавлюванню
4	$g = 20 \text{ мм}$	Зручність накладання зварних швів
5	$e = 0,25H$	Відповідність шарнірній схемі сполучення стержнів
6	$H \geq B$	Стійкість із площини ферми забезпечується зв'язками
7	$h \leq b$	Розрахункові довжини елементів решітки в головних площинах однакові, раціональна орієнтація обумовлена прагненням максимально зблизити стінки поясу та розкосу
8	$T \leq 3t$	Зварюваність тонкостінних елементів
9	$T \geq 3 \text{ мм}; t \geq 3 \text{ мм}$	Вимоги ДСТУ Б В.2.6-74:2008

Джерело: розроблено авторами

Обмежимо граничну величину розцентрування у вузлі ферми $e \leq 0,25H$. Визначимо сполучення H і h (див. рис. 2 і 3) із запропонованого сортаменту, для яких є можливість обрання кута нахилу розкоса в межах $\alpha + \beta \geq 120^\circ$. Зазначені передумови вибрані з міркувань того, що фактичний ексцентриситет не буде суттєво впливати на розподіл зусиль у вузлі.

На основі граничних умов, приведених в таблиці 1 були обчислені можливі комбінації комплементарних перерізів профілів поясів та решітки з квадратних і прямокутних труб за ДСТУ EN 10219-2:2019 «Профілі порожнисті зварні холодного формування нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій» [5].

Фрагмент таблиці, розроблений в програмі Microsoft Excel, представлений в таблиці 2, у якій A_n і A_p – відповідно площі поперечних перерізів поясу і розкоса ферм.

Таблиця 2 – Фрагмент таблиці комплементарних профілів за ДСТУ EN 10219-2:2019

№	Пояс		Розкіс	
	$B \times H \times T$, мм	A_n , см ²	$b \times h \times t$, мм	A_p , см ²
1	2	3	4	5
1	40×60×3	5,41	25×25×3	2,41
2	40×80×3	6,61	25×25×3	2,41
3	50×70×3	6,61	30×30×3	3,01
4	60×60×3	6,61	40×20×3	3,01
5	40×60×4	6,95	25×25×3	2,41
6	40×100×3	7,81	25×25×3	2,41
7	50×90×3	7,81	30×30×3	3,01
8	60×80×3	7,81	40×20×3	3,01
9	50×100×3	8,41	30×30×3	3,01
10	40×80×4	8,55	25×25×3	2,41
11	50×70×4	8,55	30×30×3	3,01

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
12	60×60×4	8,55	40×20×3	3,01
13	60×100×3	9,01	40×20×3	3,01
14	80×80×3	9,01	50×30×3	4,21
15	80×80×3	9,01	50×30×4	5,35
16	80×80×3	9,01	60×40×3	5,41
17	80×80×3	9,01	60×40×4	6,95
18	80×80×3	9,01	60×40×5	8,36
19	40×100×4	10,1	25×25×3	2,41
20	50×90×4	10,1	30×30×3	3,01
21	60×80×4	10,1	40×20×3	3,01
22	60×120×3	10,2	40×20×3	3,01
23	80×100×3	10,2	50×30×3	4,21
24	80×100×3	10,2	50×30×4	5,35
25	80×100×3	10,2	50×50×3	5,41
26	80×100×3	10,2	50×50×4	6,95
27	80×100×3	10,2	50×50×5	8,36
28	80×100×3	10,2	60×40×3	5,41

Джерело: розроблено авторами

Запропонована методика попереднього визначення робочих варіантів вузлів ферм, за допомогою розробленої бази комплементарних сполучень елементів, дозволяє значно зменшити трудомісткість процесу підбора перерізів за рахунок скорочення п.п. 3...7 процесу підбору перерізів ферм за допомогою ПК типу «Ліра» (див. вище).

Робота з таблицею комплементарних профілів (див. табл. 2) виконується за наступним алгоритмом.

1. За результатами розрахунку розрахункової схеми ферми за допомогою програмних комплексів [1; 7; 9; 12], розробленої без урахування ексцентриситетів, визначаються площі перерізів панелі поясу A_n і розкосу A_p .

2. Використовуючи фільтри «МІЖ» таблиці Excel для перерізів панелі поясу A_n і розкосу A_p з урахуванням дискретності значень таким чином, щоб можливе недонапруження не перевищувало 5%, отримуємо таблицю допустимих сполучень профілів.

3. Виконується верифікація запропонованих варіантів з розрахунком напружень в елементах і вузлах моделі.

Кількість можливих комбінацій перерізів «Пояс – розкіс» $N = 4582$. Діапазони значень $A_n = 5,41 \dots 235 \text{ см}^2$; $A_p = 2,41 \dots 139 \text{ см}^2$ (в залежності від значення A_n).

Зі зростанням значень площі перерізів елементів поясу A_n і розкосу A_p можливість обрання варіантів профілів з недонапруженням 5% зникає. Так, наприклад, різниця між найближчими значеннями A_n 235 і 203 см^2 складає 11,5% (див. рис. 4).

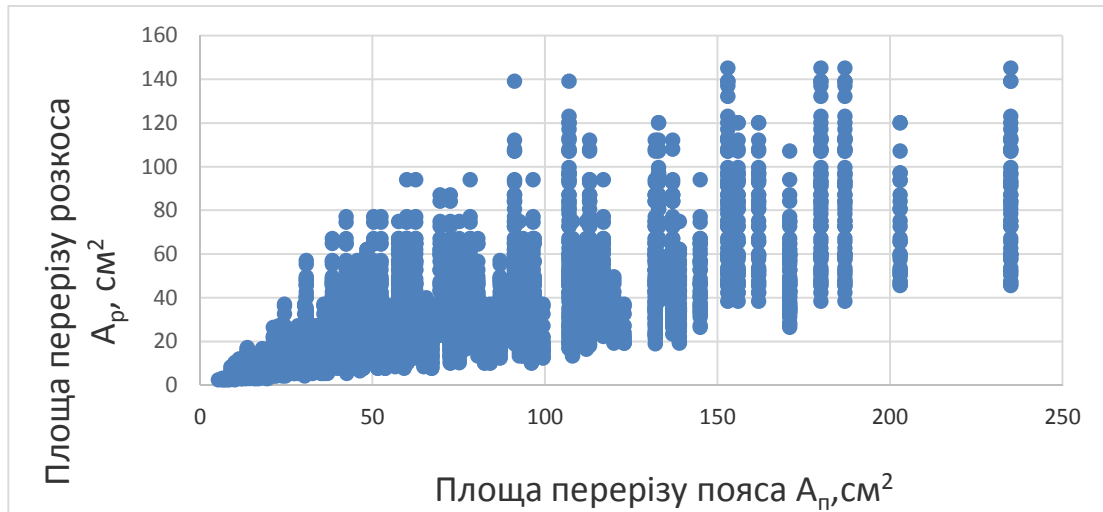


Рисунок 4 – Розподіл комбінацій перерізів комплементарних профілів за ДСТУ EN 10219-2:2019
Джерело: розроблено авторами

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено наступне.

1. Представлена методика обробки даних параметрів гнutoзварних профілів прямокутного поперечного перерізу зі зведенням результатів в таблицю Microsoft Excel створює передумови удосконалення процесів автоматизації розрахунку і проектування зварних конструкцій за рахунок створення бази комплементарних сполучень.

2. Окремі підібрані значення комплементарних сполучень профілів із заданою номенклатурою перерізів не дозволяють проектування решітчастих конструкцій із мінімальним недонапруженням 5%.

3. Аналіз дискретних площ перерізів комплементарних профілів створює умови для включення в ДСТУ нової номенклатури профілів, які дозволять здійснювати економічно обгрунтований вибір перерізів з 5% недонапруженням.

Список літератури

1. Григор'єв О.В. Ліра-САПР: Проектування та розрахунок металевих конструкцій. Київ : Вища школа, 2016. 240 с.
2. Григор'єв О.В. Проектування та розрахунок балок і ферм з гнutoзварних труб. *Науковий вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2017. № 834. С. 245-250.
3. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. Зі Зміною № 1. К.: Держбуд України, 2022. 205 с.
4. ДСТУ 8940:2019. Труби сталеві профільні. Технічні умови. К.: Держбуд України, 2021. 42 с.
5. ДСТУ EN 10219-2:2009. Профілі порожнисті зварні холодного формування з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 2. Розміри, граничні відхилення та характеристики (EN 10219-2:2006, IDT). К.: Держбуд України, 2021. 67 с.
6. ДСТУ Б В.2.6-74:2008. Конструкції будинків і споруд. Ферми сталеві кроквяні з гнutoзварних профілів прямокутного перерізу. Технічні умови. К.: Держбуд України, 2009. 27 с.
7. Іванов М.М., Ковальчук В.П., Іванова І.М. Розрахунок будівельних конструкцій в системі Ліра-САПР. Львів : Світ, 2017. 320 с.
8. Пічугін С.Ф., Семко О.В., Бібік В.М., Трусів Г.М., Бібік М.В., Гасенко А.В. Особливості зміни зусиль в елементах сталевих каркасів промислової будівлі за 80 років експлуатації. *Вісник ОДАБА*. 2016. Вип. 61. С. 339-346.
9. Ткаченко В.М., Ткаченко Б.М., Ткаченко О.В. Ліра-САПР: Посібник користувача. Київ : Академія, 2018. 480 с.
10. Ткаченко В.М., Ткаченко Б.М., Ткаченко О.В. Проектування та виготовлення гнutoзварних трубчастих ферм. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2018. № 854. С. 351-356.

11. Шевченко В.В., Шевченко О.А. Несуча здатність гнutoзварних трубчастих ферм. *Сучасні проблеми науки та освіти*. 2019. № 1. С. 130-134.
12. Шевченко В.В., Шевченко О.А. Проектування та розрахунок металевих ферм з круглих труб на основі програмного комплексу Ansys. *Сучасні проблеми науки та освіти*. 2018. № 4. С. 124-128.
13. Hancock G.J. Tubular Structures: Design and Behaviour. Elsevier, 2013.
14. Richard J.Y., Dubas P. Design of Steel Truss Bridges with Tubular Members. *Journal of Constructional Steel Research*. 2014. Vol. 93. P. 14-27.
15. Richard J.Y., Dubas P. Structural Steel Design. London : CRC Press, 2014. 800 p.
16. Sherbourne A.N. Design of Steel Structures. New York : John Wiley & Sons, 2016. 640 p.
17. Sherbourne A.N. Design of Tubular Steel Structures. CRC Press, 2015.

References

1. Hryhor'iev, O.V. (2016). Lira-SAPR: *Proektuvannia ta rozrakhunok metalevykh konstruksij [Lira-CAD: Design and calculation of metal structures]*. Kyiv : Vyscha shkola [in Ukrainian].
2. Hryhor'iev, O.V. (2017). Proektuvannia ta rozrakhunok balok i ferm z hnutozvarnykh trub [Design and calculation of beams and trusses from bent-welded pipes]. *Naukovyj visnyk Natsional'noho universytetu «L'vivs'ka politekhnika» – Scientific Bulletin of the Lviv Polytechnic National University, 834, 245-250* [in Ukrainian].
3. DBN V.2.6-198:2014. (2022). Stalevi konstruksii. Normy proektuvannia. Zi Zminoiu № 1 [Steel structures. Design standards. With Amendment No. 1]. K.: Derzhbud Ukrainy [in Ukrainian].
4. DSTU 8940:2019. (2021). Truby stalevi profil'ni. Tekhnichni umovy [Steel profile pipes. Specifications]. K.: Derzhbud Ukrainy [in Ukrainian].
5. DSTU EN 10219-2:2009. (2021). Profili porozhnysti zvarni kholodnoho formuvannia z nelehovanykh i dribnozernystykh stalej dlia konstruksij. Chastyna 2. Rozmiry, hranychni vidkhyly ta kharakterystyky [Cold-formed hollow welded profiles of unalloyed and fine-grained steels for structures. Part 2. Dimensions, tolerances and characteristics] (EN 10219-2:2006, IDT). K.: Derzhbud Ukrainy [in Ukrainian].
6. DSTU B V.2.6-74:2008. (2009). Konstruksii budynkiv i sporud. Fermy stalevi krokviani z hnutozvarnykh profiliv priamokutnoho pererizu. Tekhnichni umovy [Structures of buildings and structures. Steel rafter trusses made of bent-welded profiles of rectangular section. Specifications]. K.: Derzhbud Ukrainy [in Ukrainian].
7. Ivanov, M.M., Koval'chuk, V.P. & Ivanova, I.M. (2017). *Rozrakhunok budivel'nykh konstruksij v systemi Lira-SAPR [Calculation of building structures in the Lira-CAD system]*. L'viv : Svit [in Ukrainian].
8. Pichuhin, S.F., Semko, O.V., Bibik, V.M., Trusov, H.M., Bibik, M.V. & Hasenko, A.V. (2016). Osoblyvosti zminy zusyly v elementakh stalevoho karkasu promyslovoi budivli za 80 rokiv ekspluatatsii [Peculiarities of changes in forces in steel frame elements of an industrial building over 80 years of operation]. *Visnyk ODABA – Bulletin ODABA, 61, 339-346* [in Ukrainian].
9. Tkachenko, V.M., Tkachenko, B.M. & Tkachenko, O.V. (2018). *Lira-SAPR: Posibnyk korystuvacha [Lira-CAD: User's Guide]*. Kyiv : Akademiia [in Ukrainian].
10. Tkachenko, V.M., Tkachenko, B.M. & Tkachenko O.V. (2018). Proektuvannia ta vyhotovlennia hnutozvarnykh trubchastykh ferm [Design and manufacture of bent-welded tubular trusses]. *Visnyk Natsional'noho universytetu «L'vivs'ka politekhnika» – Bulletin of the Lviv Polytechnic National University, 854, 351-356* [in Ukrainian].
11. Shevchenko, V.V. & Shevchenko, O.A. (2019). Nesucha zdattnist' hnutozvarnykh trubchastykh ferm [Bearing capacity of bent-welded tubular trusses]. *Suchasni problemy nauky ta osvity – Modern problems of science and education, 1, 130-134* [in Ukrainian].
12. Shevchenko, V.V. & Shevchenko, O.A. (2018). Proektuvannia ta rozrakhunok metalevykh ferm z kruhlykh trub na osnovi prohramnoho kompleksu Ansys [Design and calculation of metal trusses from round pipes based on the Ansys software complex]. *Suchasni problemy nauky ta osvity – Modern problems of science and education, 4, 124-128* [in Ukrainian].
13. Hancock, G.J. (2013). Tubular Structures: Design and Behaviour. Elsevier [in English].
14. Richard, J.Y. & Dubas, P. (2014). Design of Steel Truss Bridges with Tubular Members. *Journal of Constructional Steel Research, 93, 14-27* [in English].
15. Richard, J.Y. & Dubas, P. (2014). Structural Steel Design. London : CRC Press. 800 p. [in English].
16. Sherbourne, A.N. (2016). Design of Steel Structures. New York : John Wiley & Sons. 640 p. [in English].
17. Sherbourne, A.N. (2015). Design of Tubular Steel Structures. CRC Press [in English].

Gennadiy Portnov, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Andrii Tykhyi**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Viktor Dariienko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Viktor Pukalov**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleksandr Kuzyk**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Lina Hasenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Kherson State agrarian and economic University, Kherson, Ukraine

Creating a database of complementary bent-welded profiles of lattice metal structures

This article discusses the development of a database for complementary bent-welded profiles, which facilitates the automation of the design of lattice metal structures. The main focus is on determining the conditions necessary to create efficient and technologically optimized solutions for metal trusses, taking into account the local stability of elements and the limitations of technological connections. The methodology involves analyzing models of rectangular tube intermediate assemblies in Solid Works and processing the results in Microsoft Excel, which allows elements to be grouped into complementary profile combinations. This study helps to link technical constraints to the strength of elements and simplifies the selection of profiles in accordance with DSTU EN 10219-2:2019, minimizing under loading by up to 5%.

The authors emphasize the importance of technological optimization in the design of metal structures, using modern software solutions to analyze and select optimal solutions. They emphasize the importance of integrating profile databases with design software, which significantly increases the speed and quality of design solutions. This work makes a significant contribution to the practice of designing lattice metal structures by providing engineers with tools for efficiently selecting profiles based on technical characteristics and constraints.

The article concludes with an analysis of the results obtained and prospects for further research in this area. The authors discuss the possibilities of expanding the database to include additional profile parameters and developing more flexible design tools, which will allow for even greater technological efficiency and cost-effectiveness of metal structures. This approach opens up new horizons for innovation in the design of metal structures, contributing to the development of more sustainable and efficient construction.

metal structures, steel truss, triangular lattice, bent-welded profiles, eccentricity

Одержано (Received) 16.01.2024

Прорецензовано (Reviewed) 23.02.2024

Прийнято до друку (Approved) 25.03.2024