

УДК 624.014.2:692.4:792.73

ТЕХНИКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ЛЕГКИХ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОКРИТТЯ ЛІТНЬОЇ ЕСТРАДИ

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ ЛЕТНЕЙ ЭСТРАДЫ

TECHNICAL ECONOMIC COMPARISON LIGHT STEEL STRUCTURES COVERAGE SUMMER VARIETY ART

Пичугін С.Ф., д.т.н., проф., Гасенко А.В., к.т.н., доц., Дмитренко А.Ю., к.т.н., доц., Крамарь А.С., студент (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава)

Пичугин С.Ф., д.т.н., проф., Гасенко А.В., к.т.н., доц., Дмитренко А.Ю., к.т.н., доц., Крамарь А.С. студент (Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава)

Pichugin S.F., doctor of technical sciences, professor, Gasenko A.V., candidate of technical sciences, assistant professor, Dmitrenko A.U., candidate of technical sciences, assistant professor, Kramar A.S. student (Poltava National Technical University named in honour of Uriy Kondratuk, Poltava)

Виконане техніко-економічне порівняння легких сталевих конструкцій покриття літньої естради.

Выполнено технико-экономическое сравнение легких стальных конструкций покрытия летней эстрады.

Executed technical economic comparison light steel structure covering the summer variety art.

Ключові слова:

Легкі сталеві конструкції, арка, балка, снігове і вітрове навантаження.

Легкие стальные конструкции, арка, балка, снеговая и ветровая нагрузки.

Lightweight steel construction, arch, beam, snow and wind loads.

Вступ. Постановка проблеми. Основним навантаженням на сталеві конструкції легких покриттів громадських будівель є снігове навантаження. За діючими нормами [1] снігове навантаження складає для території України близько 50-70% від загального навантаження, що включає і власну вагу конструкцій покриття. Граничне розрахункове значення снігового

навантаження на горизонтальну проекцію покриття (конструкції) згідно [1] залежить від району, в якому буде зводитися будівля, форми конструкцій покриття (ухилу покрівлі, наявності перепадів висот, єндов, парапетів), а також терміну та особливостей режиму експлуатації будівлі. До несприятливих комбінацій навантажень слід теж віднести і вітрове навантаження, тим більше, що воно має пульсаційні, змінні по висоті будівлі характеристики [3]. Тому питання розгляду ефективних форм конструкцій легких покриттів громадських будівель, що мають значну технологічність, високий естетичний рівень, низьку вартість є актуальним питанням.

Аналіз останніх досліджень. У наш час все більш поширеними стають легкі сталеві конструкції [4]. Їхні переваги над залізобетонними в тому, що вони більш легкі, під час їх зведення скорочуються терміни будівництва й інвестиційного циклу в цілому, економія енерговитрат при виробництві, транспортування та зведенні, що є особливо актуальним для України. Маса споруд з легких сталевих конструкцій (ЛСК) у п'ять разів менша ніж залізобетонних, витрати металу у тричі нижчі, продуктивність праці у 1,5-2 рази вища, а термін будівництва скорочується на 30-60%. Для перевезення ЛСК необхідно у 5-8 разів менше транспортних засобів, що суттєво знижує витрати пального. На рисунку 1 зображені приклади легких сталевих покриттів деяких споруд: ангар, зупинка, спортзал [5].

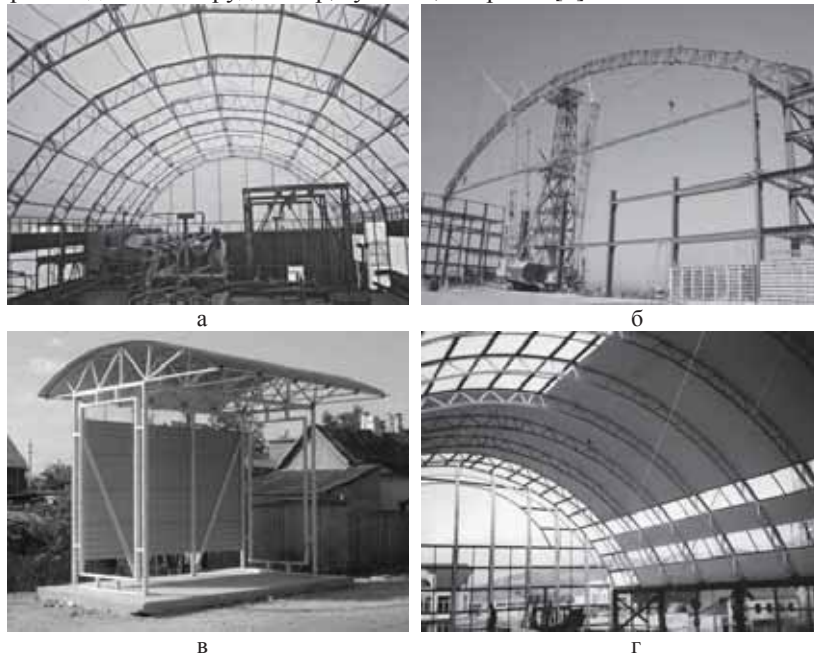


Рис. 1. Легкі сталеві конструкції: а, б – ангар; в – зупинка; г – спортзал

Мета даної роботи – виконати техніко-економічне порівняння чотирьох конструкцій легкого покриття літньої естради.

Виклад основного матеріалу. Аналіз впливу величини снігового та вітрового навантаження на зміну внутрішніх зусиль у несучих елементах покриття виконано на прикладі порівняння арочного та балочного покриття літньої естради. Основною несучою конструкцією покриття естради являються арки чи балки (в залежності від типу розрахунку) прольотом 5,1 метра, встановлені з кроком 1,5 метра. Елементи покриття (арки чи балки, прогони, затяжки) виконані із сталевих прокатних профілів. Ухил покрівлі змінюється залежно від висоти споруди та обрису арки від 2° до 61° до горизонталі.

На рисунку 2 зображені схематичний план та поперечні розрізи літньої естради, на якому показані арки А1, балки Б1, в'язі горизонтальні ВГ1, підкоси ПД1 та ПД2, затяжки З1.

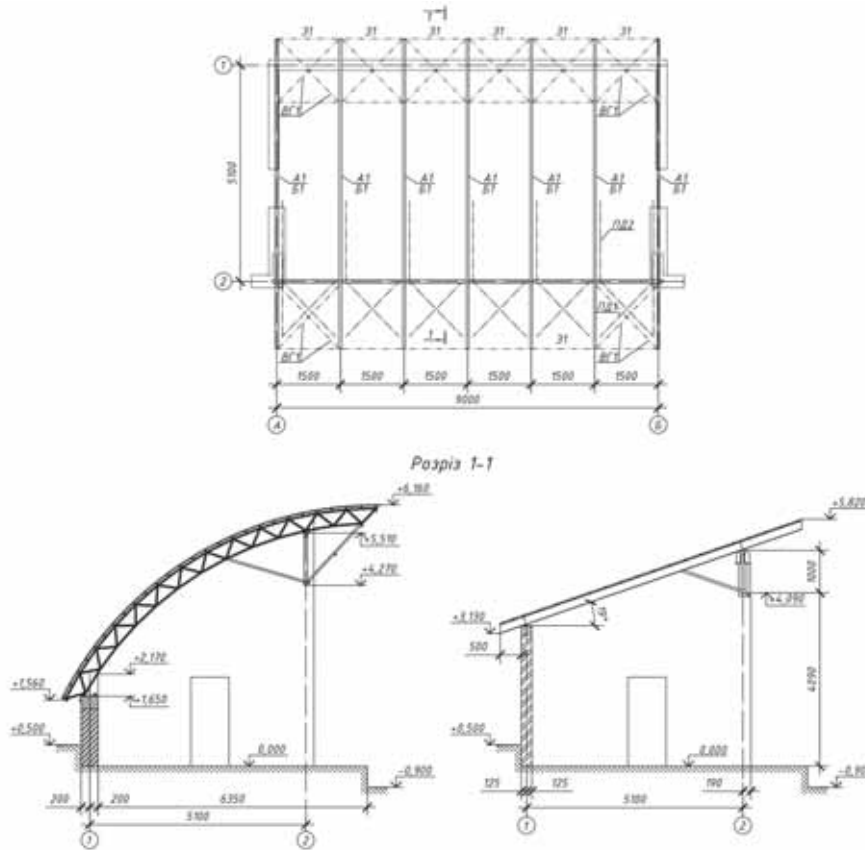


Рис. 2. План літньої естради, розріз 1-1

Збір навантажень на верхній пояс кроквяної арки та визначення напружень у її елементах для зручнішого порівняння виконувалися у табличній формі (див. табл. 1).

Граничне розрахункове значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття (конструкції) згідно [1] обчислюється за формулою:

$$S_m = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot C; \quad (1)$$

де $S_0 = 1600 \text{ Па}$ – характеристичне значення снігового навантаження для даного району зведення естради, що визначається згідно з [п. 8.5, 1].

$$C = \mu \cdot C_e \cdot C_{alt}; \quad (2)$$

де μ – коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву на поверхні ґрунту до снігового навантаження на покрівлі, який змінюється в межах від 0 до 1 в залежності від кута нахилу покрівлі до горизонталі (див. рис. 3), визначається за 8.7, 8.8 [1].

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження згідно [1] обчислюється за формулою:

$$W_m = \gamma_{fm} \cdot W_0 \cdot C; \quad (3)$$

де $W_0 = 450 \text{ Па}$ – характеристичне значення вітрового навантаження для даного району зведення естради, що визначається згідно з [п. 9.6, 1];

C – коефіцієнт, що визначається за вказівками 9.7, [1]:

$$C = C_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d; \quad (4)$$

де C_{aer} – аеродинамічний коефіцієнт, який змінюється в межах від 1,35 до -0,13 в залежності від кута нахилу покрівлі (див. рис. 3), визначається за 9.8 [1];

C_h – коефіцієнт висоти споруди, який змінюється в межах від 1,2 до 1,27 (див. рис. 3), визначається за 9.9 [1];

Виконано чотири варіанти розрахунку арок, які відрізняються врахуванням снігового і вітрового навантаження:

- тип 1 – прикладене снігове навантаження, коефіцієнт μ залежить від ухилу покрівлі (рис. 3, а); епюра напружень наведена на рис. 4, а;
- тип 2 – прикладене вітрове навантаження, коефіцієнт C залежить від форми та висоти споруди, вітер діє від покрівлі (рис. 3, б); епюра напружень наведена на рис. 4, б;
- тип 3 – прикладене вітрове навантаження, коефіцієнт C залежить від форми та висоти споруди, вітер діє на покрівлю (рис. 3, в); епюра напружень наведена на рис. 4, в;
- тип 4 – прикладене снігове та вітрове навантаження, коефіцієнт μ залежить від ухилу покрівлі, коефіцієнт C залежить від форми та висоти споруди, вітер діє на покрівлю (рис. 3, г); епюра напружень наведена на рис. 4, г.

Розрахунок проводиться в табличній формі та за допомогою програмного комплексу Autodesk Robot Structural Analysis Professional.

Таблиця 1
Порівняння внутрішніх зусиль та напружень в залежності від типу навантаження на арки

№	Тип навантаження	Навантаження на покриття, Па	Внутрішні зусилля		Максимальні напруження σ_{\max} , МПа
			M_{\max} , Нм	N_{\max} , кН	
1	Сніг ↓	1824	117,3	22,3	103,1
2	Вітер ↑	846,3	57,3	20,5	78
3	Вітер ↓	831,1	40,2	6,8	29,8
4	Сніг + вітер ↓	1851,9	114,4	27,9	123,7

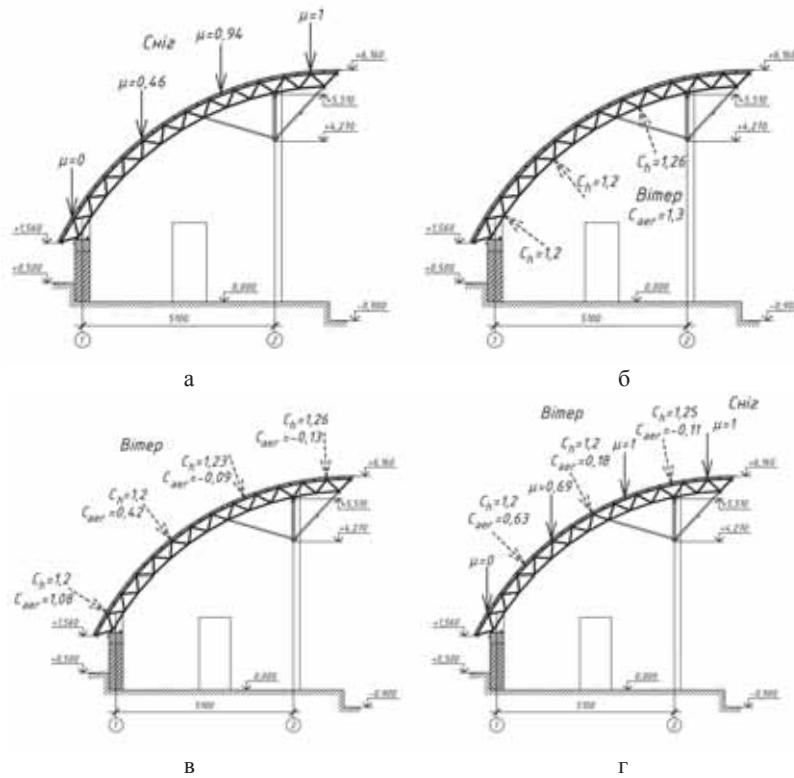


Рис. 3. Схема прикладення навантаження:
а – сніг до покрівлі; б – вітер від покрівлі; в – вітер до покрівлі;
г – сніг та вітер до покрівлі

- тип III – балка, переріз швелер №16;
- тип IV – балка, переріз двотавр №16.

Порівняння виконувалося за трьома параметрами – максимальними напруженнями в поперечних перерізах несучої конструкції, прогинами конструкції та маси (а отже і вартості) конструкції. Результати порівняння зведені до таблиці 2.

Таблиця 2

Техніко-економічне порівняння типів перерізів несучої конструкції покриття

№	Тип конструкції покриття	Переріз	Напруження σ_{\max} , МПа			Прогини $\frac{f}{l}$	Маса конструкції, кг
			σ_N	σ_{Mzg}	загальні		
I	Арка	елементи 40×40×4	95	33	123,7	$\frac{1}{340}$	190
II		појаси 40×40×4, розкоси 40×20×4	95	33	123,7	$\frac{1}{340}$	175
III	Балка	Швелер №16	1,6	88,3	88,5	$\frac{1}{392}$	107
IV		Двотавр №16	1,4	76	76,2	$\frac{1}{340}$	120

Аналізуючи отримані дані значень напружень в елементах сталевих конструкцій покриття, прогинів та маси конструкцій, наведені у таблиці 2, можна зробити наступні **висновки з проведеного дослідження**: найбільш економічно доцільною (по масі, а отже і вартості конструкції) є балка, виконана з прокатного швелера №16. Проте застосування арки надає споруді архітектурної виразності, покращує акустичні якості естради та частково (майже в два рази) зменшує витрати матеріалів (цегли) на задню стінку, хоча при її використанні маса сталі збільшується на 44% та виникають затрати на виготовлення самої арки (зварювальні, токарні роботи).

1. Навантаження і впливи : ДБН В.1.2-2:2006. – [Чинний з 2007–01–01]. – К. : Мінбуд України, 2006. – 59 с. – (Державні будівельні норми України). 2. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу : ДБН В.2.6-163:2010. – [Чинний з 2011–01–01]. – К. : Мінбуд України, 2011. – 220 с. – (Державні будівельні норми України). 3. Пічугін С. Ф. Ветровая нагрузка на строительные конструкции / С.Ф. Пічугін, А.В. Махінько. – Полтава, 2005. – 342с. 4. Клименко Ф. Є. Металеві конструкції : підручник. / Ф.Є. Клименко, В.М. Барабаш, Л.І. Стороженко; за ред. Ф.Є. Клименка – 2-ге вид., випр. і доп. – Львів : Світ, 2002. – 312 с. 5. Горохов Е. В. Надежность эффективных пространственных большепролетных конструкций покрытий спортивных сооружений / Е.В. Горохов, В.Ф. Мущанов // Сб. науч. трудов Института строительства и архитектуры МГСУ. – М., 2008. – С. 91–95.