

УДК 626.014

## Дослідження напружено-деформованого стану бісталевих стержнів та впливу снігового навантаження на сталеві каркаси

**Богданов С.І.**

ст. викладач

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

**Анотація:** У роботі проведено узагальнення підходів до визначення експлуатаційних характеристик елементів аркових металевих систем, зокрема їх міцності, стійкості та надійності. Особливу увагу приділено принципам проектування конструкцій із мінімальною матеріаломісткістю за умови забезпечення нормативного рівня надійності у всіх характерних перерізах.

З урахуванням курсу України на гармонізацію нормативної бази з європейськими стандартами актуалізується потреба у зіставленні підходів до забезпечення надійності конструкцій. Це стосується як загальних принципів проектування, так і специфіки розрахунку легких металевих каркасів.

**Ключові слова:** сталеві конструкції, гнучкі елементи, аркові системи, несуча здатність, коефіцієнт запасу, стійкість, надійність.

**Постановка проблеми.** Ефективне функціонування аграрного сектору значною мірою залежить від умов зберігання продукції, що безпосередньо пов'язано з поняттям продовольчої безпеки. Одним із сучасних рішень є використання швидкокомтованих будівель із легких металевих конструкцій, які відзначаються мобільністю, технологічністю та економічністю.

Застосування таких споруд дозволяє скоротити строки будівництва, зменшити витрати на транспортування та забезпечити можливість повторного використання конструктивних елементів. Проте при цьому особливої ваги набуває питання забезпечення їхньої надійності протягом усього терміну експлуатації.

Сучасні тенденції проектування спрямовані на зниження матеріаломісткості конструкцій, що потребує більш точного врахування факторів, які впливають на їхню роботу. У зв'язку з цим виникає необхідність переходу від детермінованих методів розрахунку до ймовірнісних підходів, які дозволяють враховувати випадковий характер навантажень і властивостей матеріалів.

**Аналіз сучасних досліджень.** Результати експериментальних досліджень сталевих каркасів із гнучкою стінкою та елементами, сформованими з холодногнутих профілів, наведені у роботах, присвячених натурним випробуванням рамних систем значного прольоту [1]. У зазначених дослідженнях узагальнено підходи до визначення міцності та втрати стійкості елементів сталевих каркасів.

У представленій роботі виконано оцінку впливу снігового навантаження на напружено-деформований стан каркасів, сформованих із універсальних конструктивних елементів. Для аналізу було прийнято 14 варіантів конструктивних схем (табл. 1), кожна з яких включає вісім однакових елементів.

Визначення снігового навантаження здійснювалося відповідно до чинних нормативних документів [3], а для окремих випадків — із використанням результатів попередніх досліджень [2]. Оцінювання роботи каркасів проводилося через визначення

силового потоку в елементах конструкції при дії як постійних, так і тимчасових (снігових) навантажень. Додатково розглядався варіант, у якому враховувалося лише постійне навантаження, що дало змогу виконати порівняльний аналіз.

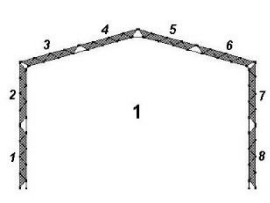
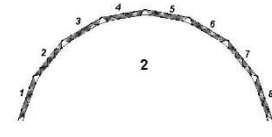
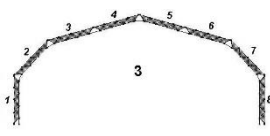

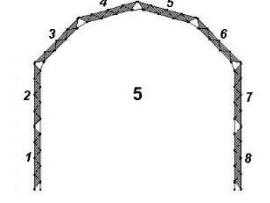
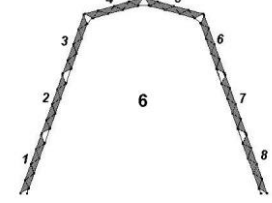
Окрему увагу приділено дослідженню впливу характеру розподілу снігового навантаження — симетричного та несиметричного (рис. 2). Прийнята методика розрахунку базується на визначенні залежностей зміни силового потоку залежно від геометрії каркасу та типу навантаження.

На рисунку 1 представлено результати розрахунків, де пунктирною лінією відображено вплив постійного навантаження, а суцільною — сумісну дію постійного та снігового. Отримані графічні залежності свідчать про суттєву різницю у роботі окремих схем.

Зокрема, встановлено, що для деяких конфігурацій (схеми 6 та 8) вплив снігового навантаження є визначальним і призводить до зростання силового потоку у 1,5–5 разів порівняно з дією лише постійного навантаження, що свідчить про їх конструктивну неефективність. Водночас виділено групу схем (2, 5, 9, 11, 13), які демонструють більш раціональну роботу за рахунок збалансованого розподілу зусиль.

Для інших варіантів (3, 4, 10, 14) основний вплив на напружений стан конструкції здійснює власна вага, що визначає їх поведінку незалежно від додаткових снігових навантажень.

Таблиця 1

Архітектурна форма каркасу	Силовий потік при дії навантаження		Архітектурна форма каркасу	Силовий потік при дії навантаження	
	постійного	снігового		постійного	снігового
	142.08	237.74		63.21	86.00
	154.26	86.61		216.53	121.74
	94.83	96.03		72.15	450.75



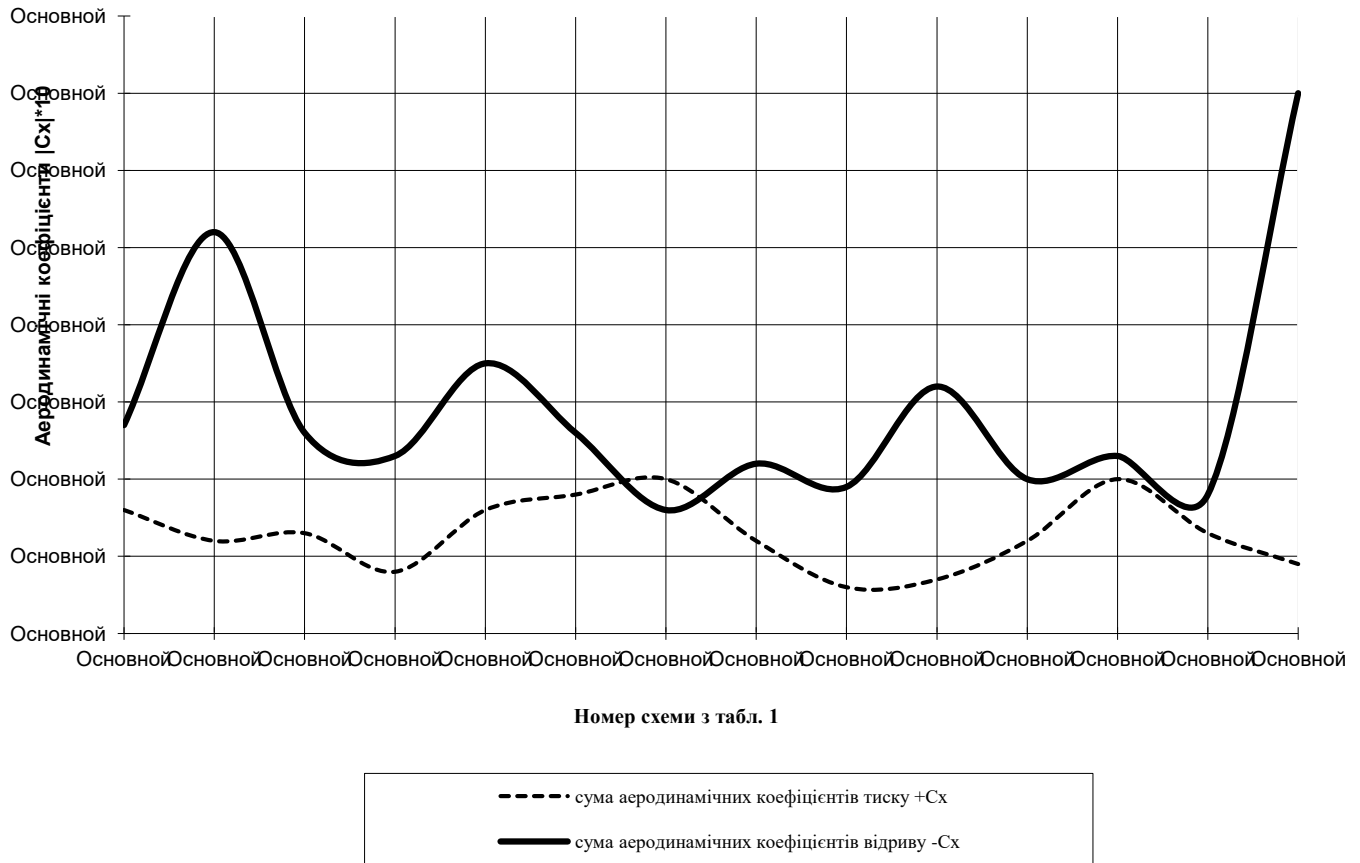


Рис. 2

### Основні результати

Проведений аналіз дозволив виявити суттєвий вплив характеру прикладання снігового навантаження (симетричного або асиметричного) на роботу каркасної системи. Отримані залежності свідчать про те, що геометрія конструкції відіграє визначальну роль у формуванні внутрішніх зусиль.

Встановлено, що для окремих схем величини зусиль від снігового навантаження значно перевищують аналогічні показники від власної ваги конструкції, що вказує на їхню конструктивну неефективність. Водночас визначено групу конфігурацій, для яких спостерігається більш рівномірний розподіл зусиль, що дозволяє вважати їх раціональними з точки зору проектування.

Також виявлено випадки, коли визначальним фактором у роботі конструкції залишається постійне навантаження, незалежно від впливу снігу.

### Висновки

Результати дослідження підтверджують доцільність урахування варіативності навантажень при проектуванні сталевих каркасів. Використання ймовірнісних методів дозволяє більш точно оцінювати надійність конструкцій та обґрунтовувати вибір оптимальних схем.

Запропонований підхід може бути використаний при розробці нових конструктивних рішень у сфері легких металевих конструкцій, зокрема для об'єктів аграрного призначення.

### Список використаних джерел:

1. Натурні випробування сталеві рами прогину 3 м.
2. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будинків і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Текст] : на заміну СНиП II-23-81\* окрім розділів 15\* – 19, СНиП III-18-75 окрім розділів 3 – 8, СНиП 3.03.01-87 у частині, що стосується сталевих конструкцій окрім пп. 4.78 – 4.134 : чинний з 2011–09-01 – К. : Мінрегіонбуд України, 2011 – 202 с..
3. Числовий метод визначення напружено-деформованого стану і критичних навантажень втрати стійкості арок / В. С. Шибанін, І. І. Хилько, С. І. Богданов, В. Г. Богза // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture Polish Academy of Sciences University of Engineering and Economics in Rzeszow, Lublin-Rzeszow, 2013. Vol. 15, No. 2P. 129-132, URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/927> (дата звернення 14.11.18)

**Abstract:** The paper summarizes approaches to determining the operational characteristics of elements of arched metal systems, in particular their strength, stability and reliability. Particular attention is paid to the principles of designing structures with minimal material consumption while ensuring the regulatory level of reliability in all characteristic sections.

**Keywords:** steel structures, flexible elements, arch systems, bearing capacity, safety factor, stability, reliability.