

РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА НАДІЙНОСТІ ПРИ НОРМАЛЬНОМУ ЗАКОНІ РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ І НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ АРКИ

Богданов С. І., ст. викладач

e-mail: bogdanovscnn@gmail.com

Миколаївський національний аграрний університет

У роботі висвітлено основні підходи до методики розрахунків надійності N і ключового компоненту надійності коефіцієнту K елементів каркасу арок металевих конструкцій змінного перерізу. Розрахунок виконується при проектуванні оптимальних аркових конструкцій, які проектуються таким чином, щоб у всіх перетинах конструктивного елемента арки надійність була заданою, а маса при цьому була мінімально можливою.

Застосування легких арок із заданою надійністю забезпечує економію металу і зниження вартості конструкції, визначає перспективність застосування таких конструкцій у будівлях і сільськогосподарських спорудах.

Ключові слова: надійність, коефіцієнт надійності, сталевий каркас, площа перетину каркасу, довжина перетину каркасу, запас міцності, надійність сталевих конструкцій, стійкість сталевих конструкцій.

Актуальність проблеми.

Максимальне здешевлення збірно-розбірних легких металевих конструкцій та робіт, які пов'язані з їх будівництвом, є пріоритетною задачею на сучасному етапі розвитку будівельної галузі в Україні. Водночас зі здешевленням конструкцій під час проектування треба пам'ятати про забезпечення їх достатньої довговічності та надійності. Одним з ефективних засобів розв'язку цієї проблеми є запровадження методів теорії надійності, які дозволяють більш обгрунтованіше нормувати розрахункові параметри конструкції та навантажень на ймовірнісній основі. Більш важливим є перехід до ймовірнісного розрахунку каркасів арок змінного перерізу та оцінки несучої здатності конструкцій за основним технічним критерієм – ймовірністю відмови конструкції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження та результати випробовувань сталевих каркасів з гнучкою стінкою і поясами з холодногнутих профілів наведено у Натурних випробовуваннях сталевих рам прогином 30м. [1]. У цій роботі розглянуто основні підходи до розрахункової оцінки міцності і стійкості елементів сталевих каркасів.

У ДБН В.2.6-163:2010 Конструкції будинків і споруд [2] розглянуто розрахунок тільки розрізних балок з гнучкою стінкою і плоскими листовими поясами. Теоретична основа цих регламентацій висвітлена у роботах Б.М. Броуде, А.А. Евстратова, В.В. Бірюлева та інших. Принципові підходи і рекомендації цих робіт використовувалися при

розробленні даного сталевго каркаса і первинної оцінки його несучої здатності. Однак внаслідок конструктивних особливостей каркаса основним критерієм для розроблення розрахункових положень є результати натурних випробувань рами прогином 30 м, складеної з універсальних елементів довжиною 3 м.

Мета завдання. Випробування сталевго каркаса з гнучкою стінкою і поясами з холодногнутих профілів, які до цього часу проводились і є відомими, показали, що основні зусилля стиснення N і вигин M , які є найбільш впливовими на показник надійності H сприймаються поясами елементів з пов'язаною з ними частиною стінки перетину. Робота гнучкої стінки характеризується практичною відсутністю стадії докритичного опору. В реальних конструкціях при товщині стінки $t_m \leq 4$ мм глибина вигинів порівнянна з товщиною і досягає $4t_m$, внаслідок чого деформація стінки від початку навантаження виникає не за площинною схемою, а за рахунок перерозподілу вигинів, зміни їх значень та напрямків.

Процес перерозподілу обумовлений як характером вихідних вигинів, так і змінною гнучкості стінки, що призводить до невизначеного його розвитку і такого стану, коли під дією переважаючого зусилля характер деформацій відповідає стиску або зсуву. Новизна цієї роботи в тому, що в ній пропонується запровадження методів теорії ймовірності до дослідження надійності арки H шляхом встановлення ключової величини, а саме коефіцієнта надійності каркасів арок змінного перерізу на відміну від динамічних методів, які використовувалися раніше, як загальноприйняті, при розрахунку сталевго каркаса з гнучкою стінкою і поясами з холодногнутих профілів. В роботі допущено, що на елементи конструкції каркаса діє навантаження, яке є випадковою функцією часу, імовірнісні характеристики цієї функції відомі. Потрібно визначити розміри поперечного перерізу конструкції, виходячи із заданої надійності. А також необхідно розрахувати значення коефіцієнта запасу міцності k при постійних перерізах поясів, значення коефіцієнта K який необхідний для визначення розмірів поперечного перерізу сталевго каркаса і видати рекомендації для визначення надійності сталевгої конструкції у цілому. Під мірою надійності H будемо розуміти ймовірність того, що жодного разу за термін служби T максимальна напруга s не перевищить несучої здатності сталевгої конструкції R .

Виклад основного матеріалу.

Розглянемо розв'язок задачі по знаходженню надійності H арки для частинного випадку, коли розподіл навантаження арки та її несучої здатності підпорядковується нормальному закону. Цей випадок має широке застосування і дозволяє отримувати просте замкнуте рішення. Застосування нормального закону справджується у випадку сумісної дії досить великої кількості випадкових сил, які підлягають різним законам розподілу якщо серед них немає домінуючого. Результируючий вплив згідно центральної граничної теореми теорії ймовірностей має розподіл, який близький до нормального. На практиці розподіл багатьох збурень

відмінний від нормального хоча б тому, що цілий ряд параметрів (границя міцності арки, розміри арки, і т.д.) не можуть бути величиною від'ємною. Але похибки законів розподілу як правило не великі, що дозволяє ігнорувати теоретичну не строгість припущення нормального розподілу.

Таким чином:

Зовнішнє навантаження арки q :

$$f(q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_q} \exp\left(-\frac{(q-m_q)^2}{2\sigma_q^2}\right) \quad (1)$$

Несуча здатність арки R :

$$f(R) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_R} \exp\left(-\frac{(R-m_R)^2}{2\sigma_R^2}\right) \quad (2)$$

За правилами знаходження законів розподілу функції випадкового аргументу діюче максимальне навантаження арки S знайдеться:

$$f(S) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}K\sigma_q} \exp\left(-\frac{(S-Km_q)^2}{2k^2\sigma_q^2}\right) \quad (3)$$

Різниця між значеннями несучої здатності арки R та максимального навантаження на неї S також буде розподілена за нормальним законом з математичним очікуванням:

$$m_{R-S} = m_R - Km_q \quad (4)$$

та дисперсією:

$$\sigma_{R-S}^2 = \sigma_R^2 + K^2\sigma_q^2 \quad (5)$$

Тоді надійність H арки буде:

$$H = P(0 < R - S < \infty) = \int_0^\infty f(z)dz = \Phi\left(\frac{m_R - S}{\sigma_{R-S}}\right), \quad (6)$$

$$\Phi(\gamma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\gamma} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

де $\Phi(\gamma)$ – табульована нормальна функція розподілу.

Для заданої надійності арки H за таблицями нормальної функції можна знайти відповідне їй значення коефіцієнта γ . Тоді можна записати:

$$\frac{m_R - S}{\sigma_{R-S}} = \frac{m_R - Km_q}{\sqrt{\sigma_R^2 + K^2\sigma_q^2}} = \gamma \quad (7)$$

Відомо, що для пружних систем залежність максимальних напружень S від навантаження q в загальному вигляді можна записати таким чином:

$$S = Kq \quad (8)$$

Де коефіцієнт K залежить від розмірів поперечного перетину арочної конструкції.

Розв'язуючи це рівняння відносно коефіцієнта K отримуємо:

$$K = \frac{\varepsilon - \sqrt{\varepsilon^2 - 4\lambda\beta}}{2\lambda} \quad (9)$$

$$\text{Де } \lambda = m_q^2 - \gamma^2 \sigma_q^2 ; \quad \beta = m_q^2 - \gamma^2 \sigma_R^2 ; \quad \varepsilon = 2m_R m_q \quad (10)$$

Таким чином знаючи коефіцієнт K легко знайти розміри поперечного перетину арки, тобто задача знаходження розмірів розв'язана.

Якщо ввести позначення

$$A_R = \frac{\sigma_R}{m_R}$$

$$A_q = \frac{\sigma_q}{m_q} \quad (11)$$

Тоді замість (9) можна записати:

$$K = \frac{m_R(1 - \gamma^2 A_R^2)}{m_q(1 + \gamma\sqrt{A_R^2 + A_q^2 - \gamma^2 A_R^2 A_q^2})} \quad (12)$$

З формули (12) бачимо, що не при всіх значеннях A_R та A_q можливо спроектувати арку з заданою надійністю. Зокрема коли $A_R > \frac{1}{\gamma}$, то не існує арки, яка має гауссівський рівень надійності γ .

Графік, який показує залежність відносних розмірів поперечного перетину $\frac{F}{F^*}$ від гауссівського рівня надійності несучої здатності A_R та навантаження A_q показано на рисунку 1.

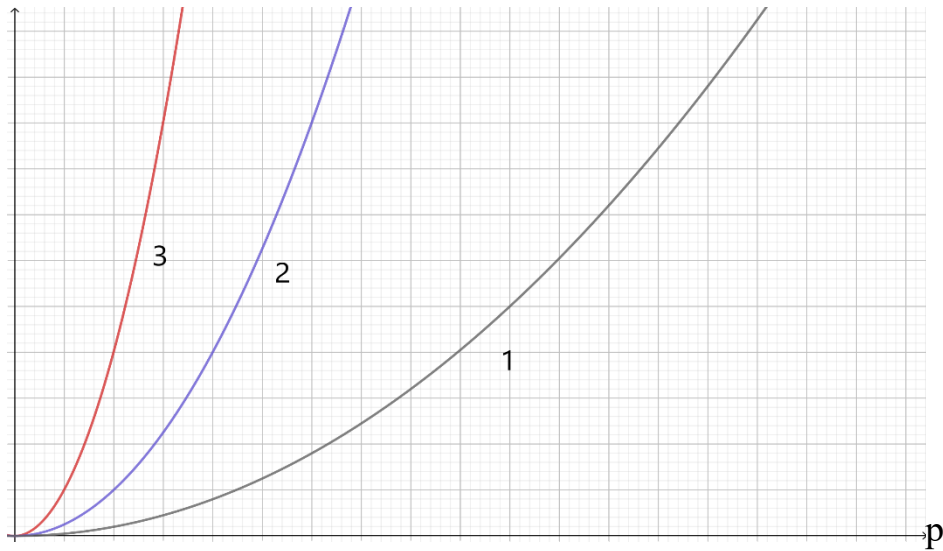


Рис. 1. Залежність відносних розмірів поперечного перетину від гауссівського рівня надійності γ

1. $A_R = A_q = 0,1$. 2. $A_R = A_q = 0,2$. 3. $A_R = A_q = 0,316$.

Тут F^* – площа поперечного, підрахована при навантаженні та несучої здатності, які дорівнюють їх математичним очікуванням.

Аналіз показує, що зміна A_R сильніше впливає на $\frac{F}{F^*}$ чим зміна величина A_q . Тому особливо важливо зменшити величину A_R . Одним з можливих шляхів є зменшення закону розподілу несучої здатності шляхом відбраковки матеріалу конструкції. Якщо значення коефіцієнтів варіації A_R та A_q невеликі, то їх квадратами, які помножені на γ^2 можливо знехтувати. Тоді отримуємо наближену формулу.

$$K = \frac{m_R}{m_q (1 + \gamma \sqrt{A_R^2 + A_q})}$$

Висновки: Формулу (12) можна використовувати при проектуванні конструкцій з заданою надійністю по жорсткості у випадках нормального закону розподілу навантаження.

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. EC3, Eurocode No 3, "Common Unified Rules for Steel Structures", Commission of the European Communities, April 1990.

4. Rudnev V.O. *Racionalnoj forme sploshnoj uprugoj arki v svjazi s sovremennymi metodami vozvedenija*. Warsaw, 1990.
5. Числовий метод визначення напружено-деформованого стану і критичних навантажень втрати стійкості арок / В. С. Шебанін, 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).
6. Полегшені арки криволінійного контура / В. С. Шебанін, І. І. Хилько, С. І. Богданов, В. Г. Богза // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture an International Journal on Operation of Farm and Agri-Food Industry Machinery Polish Academy of Sciences University of Engineering and Economics in Rzeszow. - Lublin-Rzeszow, 2014. Vol. 16, No. 2 – P. 5-8, URL: <http://dSPACE.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/1916>* (дата звернення 14.11.18).
7. Розрахунок каркасів змінного перерізу з гнучкою стінкою / В. С. Шебанін, І. І. Хилько, С. І. Богданов, В. Г. Богза // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. An International Journal on Operation of Farm and Agri-Food Industry Machinery. Polish Academy of Sciences University of Engineering and Economics in Rzeszow. – Lublin-Rzeszow. – 2015. – Vol. 17, No. 2 – P. 35-39, URL: <http://dSPACE.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/1919>* (дата звернення 14.11.18).
8. Гнітко О. *Розрахунок надійності сталевих статично невизначених конструкцій: Вип. 1* Полт. держ.техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. Полтава: ПДТУ ім. Юрія Кондратюка, 1998. Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво).
9. Богза В.Г., Богданов С.І. *Нові типи сільськогосподарських споруд // Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сборник науч. тр. Одесса, ООО «Внешрекламасервис», – 2005. – с. 4-8.*
10. Богза В.Г. *Принципы создания конструктивных форм стальных каркасов облегченного типа из универсальных элементов. Металлические конструкции, №1. – 1998. – 61-64 с.*
11. Bohza V.H. *Pryntsypy sozdanyia konstruktivnykh form stalnykh karkasov oblehchenoho typu yz unyversalnykh elementov. Metallicheskye konstruksyy, №1. – 1998. – 61-64 с.*

УДК 631.4

ВПЛИВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

Галабан Є. В., аспірант

e-mail: galabanevgenia@gmail.com

Миколаївський національний аграрний університет

Нульовий обробіток ґрунту останнім часом стає все популярнішим: технологія дозволяє істотно знизити витрати на виробництво і при цьому зберігає природну родючість ґрунту. Як наслідок, це сприяє вирішенню проблеми ерозії та відновлення виснажених земель. Крім того, No-Till вигідна і фермерам: оскільки польових робіт потрібно менше, знижується амортизація техніки й витрати на паливо для тракторів. Однак при переході на No-Till вітчизняні аграрії нерідко постають перед труднощами, оскільки для України система досить нова і поки ще не скрізь є повне розуміння її процесів.