

МЕТОД РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ КАРКАСІВ АРОК
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ СПОРУД

Богданов С.І., старший викладач

Миколаївський національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0001-7207-2546>

Анотація. В роботі показана розробка імовірнісних методів розрахунку збірно-розбірних легких металевих конструкцій з показом уточнення оцінки надійності та ранжування їх елементів за ступенем відповідальності та уточнення резервів несучої здатності.

Ключові слова: елемент змінного перерізу, ймовірнісний метод, сталевий збірно-розбірний каркас, стійкість стислого пояса, надійність збірно-розбірної конструкції, площа стиснутого пояса.

Актуальність проблеми. При військовому стані в Україні в сільськогосподарському будівництві в першу чергу увага повинна приділятися найбільшому здешевленню будівельних конструкцій та різноманітних робіт по їх зведенню, але забезпечувати треба одночасно достатню довговічність та надійність конструкцій. Для цього треба звернутися до застосування методів теорії надійності, які дозволяють дослідити елементи конструкцій зокрема легких збірно-розбірних та навантажень на ймовірнісній основі, яка математично найбільш опрацьована. Необхідно виконати ймовірнісний розрахунок збірно-розбірних каркасів арок змінного перерізу та оцінки несучої здатності конструкцій за найбільш важливою технічною характеристикою – ймовірністю відмови конструкції.

Виклад основного матеріалу. В місцях з'єднань збірно-розбірних елементів легких конструкцій напруга Q , незалежно від величин n і m , стиск стінки відбувається під впливом деформації з утворенням складок по діагоналі, пружних за природою. Ці пружні складки викликають надлишкові сили розтягу [2]:

$$\sigma_{\alpha} = 2Q / t_{\omega} h_{\omega} \sin 2\alpha, \quad (1)$$

де: α - кут нахилу сили деформації до напрямку її прикладання, яка сприймає приймає на себе найбільшу деформацію. Міцність ділянок деформації завжди перевіряється на рівні примикання поясів за такою формулою:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{N+M}^2 + \sigma_Q^2 - \sigma_{N+M} + 3\tau^2} \leq R_{ym}. \quad (2)$$

При підстановці σ_N і σ_M у подальших характеристиках кожного перерізу повинні бути враховані своя довжина перерізу відповідно до норм проектування [1], а при підстановці σ_Q і τ - повна довжина перерізу.

Граничний стан елемента каркасу це рівність $\sigma = R_{yn}$. Перерізи арок виконують роботу як стислі або розтягнуті стрижні під дією поздовжньої сили:

$$N_f = 0.5N \pm M / (h_0 - v_f) , \quad (3)$$

Гранична умова взаємодії двох стислих перерізів арок підраховується за формулою:

$$[N / N_u + M / M_u (1 - N / N_{cr})] \leq 1 , \quad (4)$$

де $N = N_f$ і $M = M_f$ - найбільші розрахункові зусилля у поясі перерізу збірно-розбірної арки, при цьому виконується умова $N_u = R_{ynf} A_f$, $M_u = R_{ynf} W_{fpt}$,

Тепер візьмемо елемент збірно-розбірної арки у якої найбільша напруга s пропорційно дорівнює навантаженню q $S = Kq$,

де коефіцієнт K дорівнює особливостям розмірів поперечних перерізів елемента арки збірно-розбірної конструкції. Виконаємо підстановку в рівняння

$$H = P_0 = \exp \left[- \int_0^T \int_0^\infty S f(R, S / t) dS dt \right] , \quad (5)$$

рівняння $S = Kq$, і звідси отримаємо шуканий коефіцієнт K .

Знаючи його значення, визначимо розміри поперечного перерізу збірно-розбірного каркасу арки.

Якщо $s(t)$ - нормальний стаціонарний процес, то для $V(R/T)$ маємо:

$$V(R/T) = \frac{T \sigma_s}{2\pi \sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_R^2}} \exp \left[- \frac{(m_R - m_s)^2}{2(\sigma_s^2 + \sigma_R^2)} \right] . \quad (6)$$

Звідси надійність визначиться:

$$H = \exp \left\{ - \frac{T \sigma_s}{2\pi \sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_R^2}} \exp \left[- \frac{(m_R - m_s)^2}{2(\sigma_s^2 + \sigma_R^2)} \right] \right\} , \quad (7)$$

З урахуванням кореляційної функції навантаження вираз для надійності запишеться:

$$H = \exp \left\{ - \frac{T \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} K \sigma_q}{2\pi \sqrt{K^2 \sigma_q^2 + \sigma_R^2}} \exp \left[- \frac{(m_R - K m_q)^2}{2(K^2 \sigma_q^2 + \sigma_R^2)} \right] \right\} , \quad (8)$$

З цієї формули можна визначити коефіцієнт K , а за допомогою його і самі розміри поперечного перерізу каркасу збірно-розбірної арки.

Звідси, враховуючи рівняння (5) визначимо надійність сталеві конструкції:

$$H = \exp \left\{ - \frac{T}{2\pi} \frac{\sigma_s \alpha}{\sigma_s^2 + \alpha^2} \right\} , \text{ враховуючи, що: } \sigma_s = K \sigma_q ; \sigma_s = K \sigma_q \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} , \quad (9)$$

тоді:

$$H = \exp \left\{ - \frac{TK \sigma_q \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{2\pi (K^2 \sigma_q^2 + \alpha^2)} \right\} \quad (10)$$

Вираховуючи рівність відносно K , отримаємо:

$$K^2 - \frac{\alpha\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{2\pi\sigma_q(-\ln H)} K + \frac{\alpha^2}{\sigma_q^2} = 0. \quad (11)$$

Позначивши: $\frac{T\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{2\pi(-\ln H)} = B$, значення шуканого коефіцієнта K :

$$K_{1,2} = \frac{\alpha}{\sigma_q} \left(\frac{B}{2} \pm \sqrt{\frac{B^2}{4} - 1} \right). \quad (12)$$

Висновки. Практичне значення розрахунку коефіцієнта K полягає в тому, що запропоновані методи його розрахунку дозволяють виконати оцінку надійності арок виконаних зі збірно-розбірних елементів, а також провести підбір їх елементів наближаючись до оптимальних характеристик по рівномірності і рівнонадійності.

Список використаних джерел

1. 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 Київ : Мінрегіонбуд України, 2011 – 202 с..
2. 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)
3. 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).

Annotation. The work shows the development of probabilistic methods for calculating prefabricated light metal structures, showing the refinement of reliability assessment and ranking of their elements by degree of responsibility, and the refinement of bearing capacity reserves.

Keywords: variable cross-section element, probabilistic method, steel prefabricated frame, stability of the compressed belt, reliability of the prefabricated structure, area of the compressed belt.