

УДК 624.046

Володимир Семенюк; Ярослав Ковальчук, к.т.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗВАРНОЇ ФЕРМИ ЗА КОМБІНОВАНОЇ ДІЇ СТАТИЧНИХ ТА ВИПАДКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Анотація. Запропоновано введення додаткового коефіцієнту імпульсних навантажень при проектуванні тримкості зварних ферм для будівельних конструкцій.

Ключові слова: напружено-деформований стан, зварні ферми, статистичне моделювання, комп'ютерний моделюючий експеримент.

Volodymyr Semeniuk; Yaroslav Kovalchuk, Ph.D., Assoc. Prof.

SYSTEMS ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A WELDED TRUSS UNDER COMBINED STATIC AND STOCHASTIC LOADING

Abstract. It is proposed to introduce an additional impulse load factor when designing the load-bearing capacity of welded trusses for building structures.

Keywords: stress-strain state, welded trusses, stochastic modeling, computer simulation experiment.

У конструкціях зварних сталевих ферм, що застосовуються для перекриття різноцільових будівель, вузлові з'єднання є зоною найбільшої локалізації напружень та втомного пошкодження, тому їх проектування має передбачати не лише нормативне експлуатаційне навантаження, а множину експлуатаційних, конструктивних, технологічних та випадкових факторів.

Поєднання снігових, вітрових та аварійних впливів відображено в ДСТУ-Н Б EN 1990:2008 Єврокод, згідно з яким розрахунок здійснюється сумарним впливом постійних і змінних навантажень із використанням часткових коефіцієнтів надійності та коефіцієнтів комбінування, що відображено у формулах 6.10, 6.10a, 6.10b [1].

Оскільки коефіцієнти надійності та комбінування є загальними в межах стандарту, а регіональні аномальні засніження чи інші зовнішні фактори можуть епізодично перевищувати закладені значення, то впровадження додаткового коефіцієнта, що передбачає імпульсні перевищення розрахункових даних, дозволить проектувати стійкі до локальних імпульсів ферми.

Для визначення доцільності введення такого коефіцієнту застосовано комп'ютерно-моделюючий експеримент, яким досліджено спрощену модель зварної ферми розмірами 18000 x 3600 мм, виконану зі сталі ВСт3пс, для якої побудовано скінченно-елементну модель у середовищі ANSYS Workbench 2025 R2 з метою оцінки напружено-деформованого стану ферми при різних сценаріях навантаження (рис. 1).

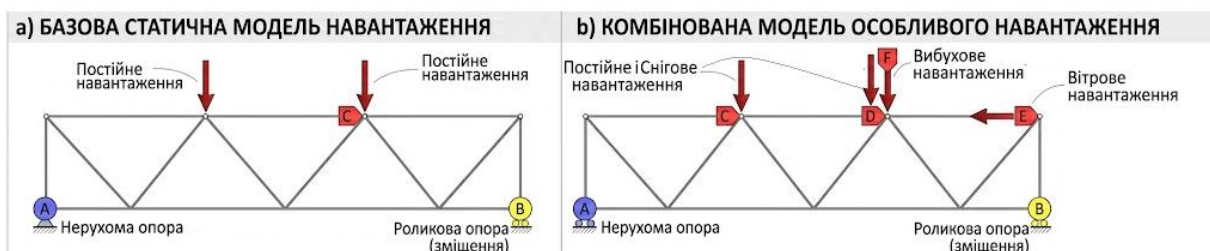


Рисунок 1. Схеми навантажень для експлуатаційного навантаження (а) та комбінації навантажень (б)

Моделювання виконано для сценаріїв статичного експлуатаційного навантаження і суми випадкових значень експлуатаційного, снігового, вітрового та вибухового впливів, як еквівалентного одночасного статичного навантаження.

Такий підхід відповідає ідеї EN 1990, згідно з якою розрахунковий ефект дій визначається сумарним впливом постійних і змінних навантажень із використанням часткових коефіцієнтів надійності та коефіцієнтів комбінування.

Для спроектованої балкової моделі конструкції 18000 x 3600 мм задано експлуатаційне навантаження 175000 N (постійне), а випадкові комбінації згенеровано в близьких до реальних діапазонах та для візуалізації вибрано одну з комбінацій, де снігове навантаження – 38000 N, боковий вітер – 12000 N, вибуховий вплив – 86000 N.

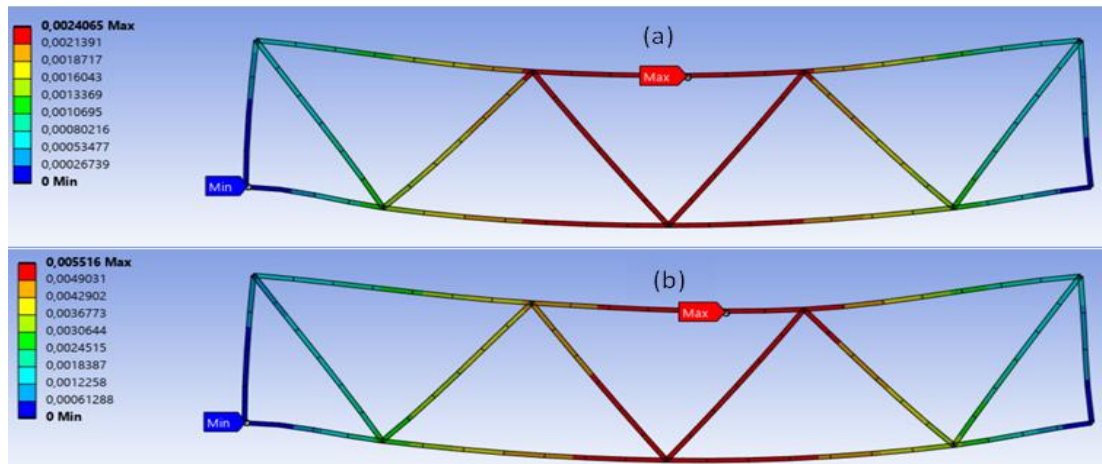


Рисунок 2. Результати моделювання деформацій під час експлуатаційного навантаження (a) та одного з випадкових сценаріїв комбінації факторів (b)

Результати моделювання деформацій на спрощеній моделі вказують, що проектування лише з розрахунком статичного експлуатаційного навантаження (рис. 2a) здійснює прогин 2.4 мм, а зі сценарієм найбільшої випадкової комбінації з вибуховим навантаженням на один вузол відображає майже вдвічі більший прогин 5.516 мм і підтверджує доцільність використання коефіцієнтів надійності та необхідність врахування більшої множини факторів для перевірки їх достатності.

Оскільки розрахунок на спрощеній моделі не враховує геометрію вузлів, імпульсного різносилового впливу вибуху на сусідні вузли, а лише відображає необхідність багатокритеріального підходу, який може бути узагальнений змінним коефіцієнтом надійності для імпульсних впливів, то в подальших дослідженнях необхідно збільшити кількість реальних факторів, використовуючи системний підхід [2], дослідити їх вплив на вузли з врахуванням нерівномірного розподілення імпульсних навантажень, верифікувати модель з результатами натурного силового експерименту та виділити діапазон значень додаткового коефіцієнта.

Перелік посилань

1. ДСТУ-Н Б EN 1990:2008 Єврокод. Основи проектування конструкцій (EN 1990:2002, IDT). [Чинний від 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 81 с. (Національний стандарт України).
2. Семенюк В. В., Ковальчук Я. О. Особливості формування стохастичних вхідних параметрів при циклічних навантаженнях на зварні ферми. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XIV міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, Тернопіль, Україна, 11–12 груд. 2025. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. С. 38–39.