

УДК 624.014.2.004.15:725.4

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ СТАЛЕВИХ КАРКАСІВ ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ

RELIABILITY ESTIMATION FEATURES OF STEEL FRAMEWORKS OF INDUSTRIAL BUILDINGS

д.т.н., проф. Пічугін С.Ф., асистент Патенко Ю.Е. (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка)

Dr. Tech. Sc., Professor Pichugin S., Assistant Patenko Yu., (Poltava National Technical University named by Yuriy Kondratuk)

Анотація. Робота присвячена оцінюванню надійності сталевих каркасів виробничих будівель, обладнаних мостовими кранами, з урахуванням збільшення характеристичних значень кранових навантажень та просторової роботи сталевих каркасів.

Ключові слова: сталеві каркаси, одноповерхові виробничі будівлі, просторова робота каркасів, кранові навантаження, надійність конструкцій.

Abstract. This article is devoted to the reliability assessment of steel frameworks of one-storey industrial buildings with overhead travelling cranes. The increased values of crane loads and spatial behavior of steel frameworks were accounted in the probabilistic computations.

Key words: steel frameworks, one-storey industrial buildings, spatial behavior, crane loads, structural reliability.

Вступ

На сучасному етапі розвитку ймовірнісних розрахунків залишається невирішеним питання оцінювання надійності сталевих каркасів одноповерхових виробничих будівель (ОВБ). Така ситуація склалася, зважаючи на складний математичний апарат ймовірнісних методів для аналізу складних систем каркасів виробничих будівель. Вирішення цього питання пов'язане із урахуванням випадкового характеру міцності сталі та навантажень, які діють на конструкції, а також дійсного характеру роботи каркасів.

Для виробничих будівель основними являються навантаження від мостових кранів, величини яких значно перевищують навантаження від огорожуючих конструкцій та кліматичних впливів. До кінця 2006 р. значення кранових навантажень при проектуванні будівель та споруд визначались за СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» [1]. У ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» [2], які введені в дію з 1 січня 2007 року, методика та величини навантажень мостових кранів,

що діють на конструкції каркасів промислових будівель, суттєво змінені. Особливо це стосується врахування горизонтальних кранових навантажень. Цей факт обумовлює актуальність оцінювання надійності конструкцій нових одноповерхових виробничих будівель та існуючих ОВБ, які вимагають обстеження чи реконструкції.

Порівняльний аналіз кранових навантажень

Порівняльним розрахунком навантажень, регламентованих різними нормами [1, 2], виявлено перевищення навантажень на колесо чотириколісних мостових кранів, визначених за ДБН [2], до 1,3...9,6 разів, порівняно із навантаженнями, розрахованими згідно зі СНиП [1]. При переході до визначення силових впливів чотириколісних мостових кранів за ДБН згинальні моменти в колонах поперечних рам ОВБ від бічних сил зростають у 1,9...6,9 разів, порівняно із зусиллями від гальмівних сил за СНиП, та у 1,2...7,8 разів зростають згинальні моменти в конструкціях підкранових балок. Виявлене деяке зростання матеріаломісткості підкранових балок, що в середньому становить 1,1 %, а також виявлене зростання до 24 % матеріаломісткості підкранових частин колон будівель, обладнаних чотириколісними кранами.

У такій ситуації підвищення в ДБН В.1.2-2:2006 основних навантажень, які діють на конструкції виробничих будівель, обладнаних мостовими кранами, особливо чотириколісними, можливими засобами уникнення невиправданих перевитрат матеріалів є перехід від спрощеного розрахунку плоских поперечних рам до розрахунку каркасів будівель як просторових систем. Так, встановлено, що врахування у розрахунках поперечних рам ефекту просторової роботи каркасів дозволяє наблизити матеріаломісткість конструкцій ОВБ, запроектованих на навантаження, визначені за нормами ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи», до конструкцій, розрахованих на навантаження за СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» [3].

Натурні дослідження просторової роботи сталевго каркаса

Розвиток сучасних програмних комплексів дозволяє відійти від спрощених розрахунків каркасів ОВБ у вигляді плоских поперечних рам із наближеними характеристиками конструкцій та спрощеним урахуванням просторової роботи каркасів. У той же час формування розрахункових комп'ютерних моделей каркасів будівель вимагає їх уточнення у напрямку виявлення внесків окремих в'язей у забезпечення просторовості каркасів. Питання про відповідність прийнятих розрахункових моделей дійсному характеру роботи

каркасів можливо вирішити шляхом проведення натурних досліджень й наступного порівняння даних із результатами розрахунків.

У ході експерименту досліджувався вплив в'язевих дисків на забезпечення просторової роботи каркаса, зокрема в'язей у площині нижніх поясів кроквяних ферм та поздовжніх в'язей по колонах. Випробування проводилися у два етапи: перший етап – до монтажу в'язей покриття, другий етап – після монтажу в'язей у площині нижніх поясів кроквяних ферм. Дослідний об'єкт розташований у м. Полтава та являє собою однопрольотний каркас із габаритними розмірами в осях 9,8 x 20,7 м (рис. 1).



Рисунок 1. Загальний вигляд дослідного каркаса

Перший етап випробувань дав відомості про вплив в'язей по колонах на забезпечення сумісної роботи поперечних рам каркаса. Ці в'язі забезпечують залучення в роботу безпосередньо завантаженої рами каркаса інших незавантажених рам, які отримують 19...40 % переміщень завантаженої поперечної рами (рис. 2).

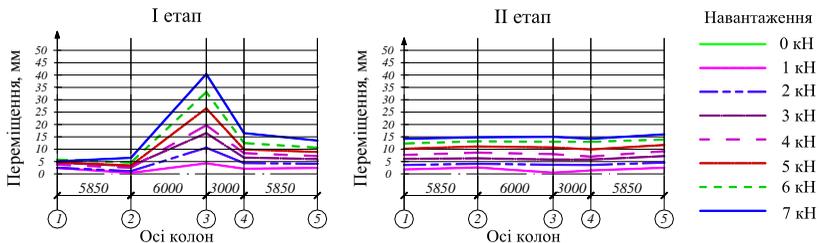


Рисунок 2. Графіки зміщень колон каркаса при завантаженні колони по осі «3»

Випробування другого етапу передбачали повторення відпрацьованої методики випробувань після монтажу в'язей покриття у рівні нижніх поясів кроквяних ферм. Введення у систему дослідного

каркаса в'язей покриття дозволило отримати приблизно однакові значення зміщень усіх рам будівлі при завантаженні середньої рами та зменшити переміщення колон до 3-х разів порівняно з першим етапом випробувань (рис. 2).

Оцінка надійності сталевих каркасів ОВБ

Проведене оцінювання надійності каркасів одноповерхових виробничих будівель, запроєктованих на навантаження за ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи», а також досліджений вплив різних чинників на надійність каркасів протягом 50 років.

Для виявлення впливу на надійність каркаса в'язевих дисків почергово видалялися окремі в'язеві блоки до отримання плоскої рами будівлі та порівнювалися параметри роботи плоскої поперечної рами та рам, у складі просторових блоків. Результати ймовірного розрахунку дев'яти варіантів каркасів будівлі та плоскої поперечної рами (варіант 10) показані на рис. 3 у вигляді ймовірностей безвідмовної роботи конструкцій протягом 50 років $P(t)$, вираженої у белах $P_L = -\lg[1 - P(t)]$. Ймовірнісні розрахунки колон у складі каркасів при урахуванні у просторових розрахункових моделях гальмівних конструкцій, підкранових балок та в'язей покриття по нижніх поясах кроквяних ферм (варіант 7) виявили високу надійність конструкцій, для яких ймовірність відмови протягом 50 років становить $Q(t) = 1,75 \cdot 10^{-7}$. Введення у розрахункові моделі інших елементів, таких як в'язі покриття по верхніх поясах ферм (варіант 6), прогонів покриття (варіант 5), горизонтальних ригелів стінового фахверку (варіант 3) незначно підвищує надійність каркасів. Ймовірність відмови при таких варіантах розрахункових схем знаходиться в межах $Q(t) = 1,73 \cdot 10^{-7} \dots 1,05 \cdot 10^{-7}$ й різко знижується, якщо не враховувати у просторових моделях каркасів в'язей покриття та гальмівних конструкцій [4].

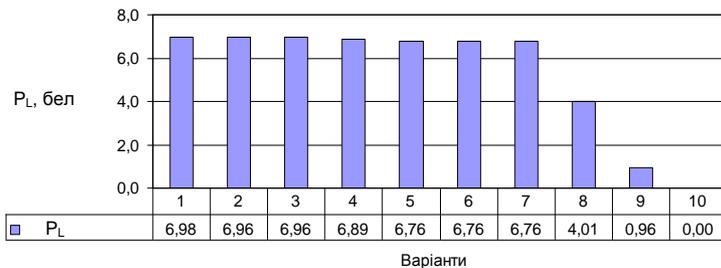


Рисунок 3. Ймовірність безвідмовної роботи колон каркаса ОВБ при різних варіантах врахування просторової роботи

Проведений чисельний експеримент із виявлення впливу на оцінки надійності колон у складі каркасів, запроєктованих на навантаження згідно із ДБН В.1.2-2:2006 [2], наступних чинників: вантажопідйомності та режиму роботи мостових кранів, кроку колон, типу вузла з'єднання ригеля із колоною, виду покриття та значень вітрового й снігового навантажень. Результати оцінювання надійності колон ОВБ показали високу параметричну надійність усіх конструкцій, для яких імовірність відмови складає $Q = 1,1 \cdot 10^{-5} \dots 9,3 \cdot 10^{-9}$ [5].

Висновки

Імовірнісними розрахунками обґрунтована необхідність врахування у розрахункових моделях для розрахунків на програмних комплексах каркасів ОВБ із мостовими кранами елементів гальмівних конструкцій, горизонтальних в'язей у рівні низу кроквяних ферм. Встановлено, що врахування інших в'язевих елементів не дає значного ефекту в розрахунках каркасів ОВБ на навантаження мостових кранів.

Рекомендовано встановлення поздовжніх в'язевих ферм у площині нижніх поясів кроквяних ферм у цехах виробничих будівель із покриттям по сталевому профільованому настилу при обладнанні будівель мостовими кранами будь-якої вантажопідйомності та режиму роботи.

Список літератури:

1. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 36 С.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи : [Чинний від 2007-01-01]. – К. : Мінбуд України, 2006. – 59 с.
3. Пічугін С. Ф. Питання надійності сталевих каркасів виробничих будівель / С. Ф. Пічугін, Ю. Е. Патенко // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць. – Макіївка : ДонНАБА, 2011. – Вип. 4 (90). – С. 146–153.
4. Патенко Ю. Е. Надійність сталевих каркасів одноповерхових виробничих будівель : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / Ю. Е. Патенко. – Полтава : ПолтНТУ, 2012. – 25 с.
5. Пічугін С. Ф. Оцінка надійності сталевих колон постійного перерізу виробничих будівель / С. Ф. Пічугін, Ю. Е. Патенко // Современные строительные конструкции из металла и древесины : сб. науч. тр. – Одесса : ОГАСА, 2011. – № 15. – Ч. 2. – С. 191–197.