

УДК 624.97.014.2-472.2/012.45

ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТИКИ ТА ПІДСИЛЕННЯ СПОРУД КАРКАСНОГО ТИПУ

Вячеслав Чабан, к. т. н., доц., Ігор Давидов, к. т. н., доц.,
Тетяна Ковтун-Горбачова, к. т. н., доц.

Державний вищий навчальний заклад

«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Постановка задачі. На сьогоднішній день як у нашій країні, так і за кордоном відбувається значна кількість аварій та руйнувань будівель і споруд різноманітного призначення (від регулярного руйнування конструкцій балконів в будівлях старовинної забудови до руйнування значних та широко знаних споруд – таких, як міст Моранді в м. Генуя, радіотелескоп «Аресібо» і т. п.). Дослідження аварійних ситуацій в різні періоди показує, що процент аварій, що сталися з причини порушення правил експлуатації невинно зростає за останні 60 років – із 15...20 % [1] до 50...60 % [2]. Одним із засобів запобігання створення аварійних ситуацій житлових, громадських та промислових будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації, є проведення діагностики технічного стану, а також своєчасного виконання робіт із ремонту, відновлення чи підсилення конструкцій (в залежності від результатів діагностики).

При проведенні діагностики одним із важливих питань є проведення перевірних розрахунків конструкцій споруд із врахуванням наявних навантажень та впливів, умов роботи конструкцій та наявності дефектів і пошкоджень (у відповідності до вимог національних стандартів [3; 4]). Тому при проведенні перевірних розрахунків споруд каркасного типу рекомендується використовувати розгалужені просторові моделі, що враховують реальні умови роботи окремих конструкцій та споруди в цілому [5]. Проведення розрахунків по такій методиці дозволяє виконувати аналіз напружено-деформованого стану (а також виконувати аналіз наявності дефектів і пошкоджень за методиками [6–8]) – за рахунок вивчення спектру власних частот та форм коливань.

Крім того, при проведенні розрахунків конструкцій підсилення (наприклад – методом збільшення перерізу чи методом зміни схеми роботи конструкції – [5]) необхідно враховувати можливий перерозподіл зусиль в елементах конструкцій споруди – як для статично-невизначеної схеми.

Мета дослідження. Основна ідея роботи полягає у визначенні впливу врахування підсилення конструкцій на розподіл внутрішніх зусиль (згинальних моментів M , зрізаючих сил Q та повздовжніх сил N) та напружень між елементами конструкцій (що входять до складу будівель каркасного типу) – при завантаженні різними видами впливів (в тому числі – динамічними). Це дозволяє оцінювати ефективність використання методів підсилення та більш ефективно використовувати та перерозподіляти між конструктивними елементами каркасу резерви несучої здатності.

Основні результати. В роботі наведені дослідження напружено-деформованого стану каркасних будівель різних типів: сталевій багатоповерховій етажерки, що працює за рамно-зв'язковою схемою (рис. а); одноповерхової будівлі, що працює за рамною схемою (рис. б); одноповерхової будівлі із неповним змішаним каркасом – із 2-ма повздовжніми цегляними стінами з пілястрами та середнім рядом залізобетонних колон (рис. в).

Під час виконання досліджень для кожної споруди були проведені: аналіз розподілу між конструктивними елементами внутрішніх зусиль – під час завантаження статичними та динамічними навантаженнями. Крім того, аналізувались власні частоти і форми.



a



б



в

Рис. Каркасні споруди, в яких досліджувались спектри власних частот і форм, а також розподілення внутрішніх зусиль та напружень

Аналіз спектрів власних частот і форм трьох споруд показав, що в споруді на рисунку *б* присутня недостатня жорсткість, що характеризується низькою власною частотою (величина власної частоти форми поступових коливань в напрямку повздовжніх рам складає лише $f = 0.62$ Гц). Крім того, ця форма коливань розташована на першому місці в спектрі власних коливань – що є нетиповим для споруд подібної схеми роботи. Такий діагностичний експрес-аналіз свідчить про можливу недостатню несучу здатність колон – що і було підтверджено повним комплексом розрахунків.

В якості підсилення був використаний метод зміни схеми роботи споруди в цілому – в даному випадку по колонах в напрямку повздовжніх рам були встановлені вертикальні зв'язки (тобто схема роботи каркасу стала рамно-зв'язковою). Це дозволило значно підвищити жорсткість будівлі (величина власної частоти форми поступових коливань в напрямку повздовжніх рам після підсилення склала $f = 1.06$ Гц), і відповідно, значно розвантажити колони каркасу.

Аналіз напружено-деформованого стану споруд на рисунку *а* та *в* показав, що несуча здатність стійок та колон цих споруд недостатня. В якості підсилення був використаний

метод нарощування перерізів. За результатами досліджень показано, що підсилення методом нарощування перерізів призвело до перерозподілу внутрішніх зусиль в конструкціях (за рахунок статичної невизначеності розрахункової схеми) і збільшення зусиль в підсиленіх конструкціях (на 20...30 % – для стійок етажерки на рисунку *a*; на 80...110 % – для колон та пілястрів стін споруди на рисунку *в*), що, в свою чергу призвело до необхідності коректування перерізів елементів підсилення.

Також для розглянутих споруд було проаналізовано підвищення несучої здатності конструкцій за рахунок їх часткового розвантаження (наприклад, за рахунок зменшення ваги покриття та покрівлі, зменшення ваги технологічного обладнання). При наявності динамічних навантажень ця методика призводить не тільки до зменшення повздовжніх зусиль в колонах та стійках, а і до зменшення згинальних моментів та поперечних зусиль – за рахунок підвищення власних частот коливань будівлі, і, відповідно, до зменшення динамічної складової навантажень. Наприклад, для будівлі рисунку *в* зменшення власної ваги покриття та покрівлі на 20...25 % призводить до зменшення згинальних моментів M та поперечних зусиль Q на 40...50 %.

Висновки. В роботі на прикладах розрахунків реальних споруд (різних типів) показана необхідність врахування перерозподілу внутрішніх зусиль в елементах конструкцій каркасів – при виконанні підсилення окремих конструкцій. Також показано, що при наявності динамічних навантажень підвищення несучої здатності конструкцій може виконуватись шляхом коректування значень власних частот (що призводить до зниження внутрішніх зусиль в елементах конструкцій).

Список використаних джерел

1. Лашенко М. Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений. Ленинград : Стройиздат, 1969. 184 с.
2. Пічугін С. Ф., Дмитренко С. А. Аналіз аварій у будівництві. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. Вип. 61. С. 331–338.
3. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 44 с.
4. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. Київ : Мінрегіон України, 2017. 80 с.
5. ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель та споруд. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 67 с.
6. Kulyabko V., Macarow A., Nechitailo O., Yaroshenko D. Structure dynamics: calculations, designing, diagnostic tests and nonlinear damping. *Harvard Journal of Fundamental and Applied Studies*. Harvard University Press, 2015. №1 (7). Pp. 520–530.
7. Kulyabko V., Chaban V., Makarov A., Yaroshenko D. Taking account of nonlinear properties of subsystems in problems of dynamic interaction of structures with loads, bases and flows. *Nonlinear Dynamics – 2016: Proceedings of the 5th International Conference*. National Technical University “Kharkov Polytechnic Institute” at al. Kharkov, 2016. Pp.125–132.
8. Давыдов И. И., Ковтун-Горбачева Т. А., Чабан В. П. Применение инновационных методов динамической диагностики к анализу нагруженности вытяжной башни санитарной трубы. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. Вып. 56. 2010. С. 138–142.