

УДК 624.042.7

ПРОГНОЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА НАВАНТАЖЕНОСТІ БУДІВЕЛЬ ЗІ СТАЛЕВИМ КАРКАСОМ ЗА АНАЛІЗОМ ЇХ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Давидов І. І.¹, к. т. н., доц., Чабан В. П.², к. т. н., доц.,
Ковтун-Горбачова Т. А.³, к. т. н., доц., Голубєва-Судакіна В. А.⁴, магістрантка
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
[1 davydov.ihor@pdaba.edu.ua](mailto:davydov.ihor@pdaba.edu.ua); [2 chaban.viacheslav@pdaba.edu.ua](mailto:chaban.viacheslav@pdaba.edu.ua);
[3 kovtun-horbachova.tetiana@pdaba.edu.ua](mailto:kovtun-horbachova.tetiana@pdaba.edu.ua); [4 19008.golubeva@365.pgasa.dp.ua](mailto:19008.golubeva@365.pgasa.dp.ua)

Постановка проблеми. Події в Україні, пов'язані з агресією Росії, землетруси у Туреччині та Сирії у 2023 році не тільки обурили все людство, а й показали, що сучасний рівень безпеки (збереження своєї цілісності) будівель, споруд та інфраструктури не відповідає існуючим завданням у галузі динаміки будівель та споруд.

Війни та катастрофи, природні лиха стали причинами повних руйнувань будівель та споруд. Це відповідає вимогам існуючих нормативних документів. Завдання динаміки будівель та споруд потребують нових підходів та інновацій у проектуванні, будівництві та розрахунках, щоб забезпечити безпеку та живучість будівель та споруд в умовах природних впливів або військових дій.

Саме тому автори розвивають методи підготовки спеціалістів для швидкої практичної оцінки технічного стану конструкцій та споруд, для яких може бути ускладнений доступ для візуального та інструментального обстеження за стандартними підходами до оцінки технічного стану, ремонту та розрахунків [1–3]. Наприклад, для частково пошкоджених конструкцій, для заглиблених у ґрунт елементів підвальних приміщень і фундаментів; для зон, інтенсивно навантажених технологічним обладнанням, розведеннями трубопроводів і т. д.; поверхонь зварних швів та інших з'єднань.

Інструменти для такого динамічного аналізу будівель і споруд повинні включати використання коректних моделей, більш точних і комплексних програмних пакетів, а також більш ретельну оцінку якості даних і параметрів, що використовуються в розрахунках.

Мета роботи полягає в прогнозуванні змін навантаженості будівель зі сталевими каркасами за їх динамічними характеристиками. Пропонується враховувати недоліки споруд зі сталевих конструкцій: слабкі демпферні коливання, підвищена гнучкість та низькі частоти власних коливань, - щоб швидко без детального обстеження проаналізувати основні критерії технічного стану будівельних конструкцій [4–5].

Основна частина. Розглядається промислова будівля з несучим сталевим каркасом прямокутної форми в плані з розмірами 18×18 м висотою 40 м з монолітними заглибленими залізобетонними конструкціями підвалу. Просторова жорсткість каркаса забезпечена спільною роботою несучих сталевих рам та системи вертикальних і горизонтальних зв'язків. У будівлі розташовані випробувальні стенди, що створюють динамічні навантаження, мостові крани вантажопідйомністю 11 тс на відм. +35.860. Конструкції покриття по крайніх вісях виконані у вигляді балок із прокатних двутаврів № 20. По середнім вісям виконані ферми покриття: верхній пояс і опорні розкоси – нерівнополочні прокатні кутки 130×90×8 мм, нижній пояс – рівнополочні прокатні кутки 63×8 мм, розтягнуті розкоси – рівнополочні прокатні кутки 50×6 мм, стиснуті розкоси – рівнополочні прокатні кутки 100×8 мм, стійки – рівнополочні прокатні кутки 50×6 мм. Вузли сполучення ферм, балок та колон виконані жорстко. Прогони покриття виконані з прокатних швелерів № 16. Колони сталевого каркаса виконані зіставного

суцільного зварного перерізу із прокатних швелерів № 30 та розв'язані системами вертикальних хрестових зв'язків по периметру з рівнополочних прокатних кутків 100×8 мм, а також горизонтальними вітровими фермами на відм. +12.000 та +24.000, підкрановими та гальмівними фермами, замкнутими системами конструкцій зв'язків по верхніх і нижніх поясах ферм покриття з одиночних рівнополочних прокатних кутків 100×8 мм. Горизонтальні вітрові ферми виконані з поясами із прокатних швелерів № 16, 30 та ґрат із спарених прокатних рівнополочних кутків 63×6 мм. Підкранові конструкції ферм: верхній пояс виготовлений з прокатних двутаврів № 36 з накладкою по верхньому поясу 330×16 мм. Нижній пояс та опорні розкоси виконані з нерівнополочних прокатних кутків 130×90×10 мм. Розкоси виконані з рівнополочних прокатних кутків 100×8 мм. Вбудовані майданчики виконані на відм. +4.000, +8.000, +12.000, +16.000, +20.000, +24.000. Несучі балки майданчиків та балки заповнення виконані із прокатних двутаврів № 30, швелерів № 30, 16. По балках виконаний рифлений сталевий настил завтовшки 6 мм. Заповнення стін виконано у вигляді системи легкоскидувальних конструкцій із навісних щитів-панелей по сталевих прогонах.

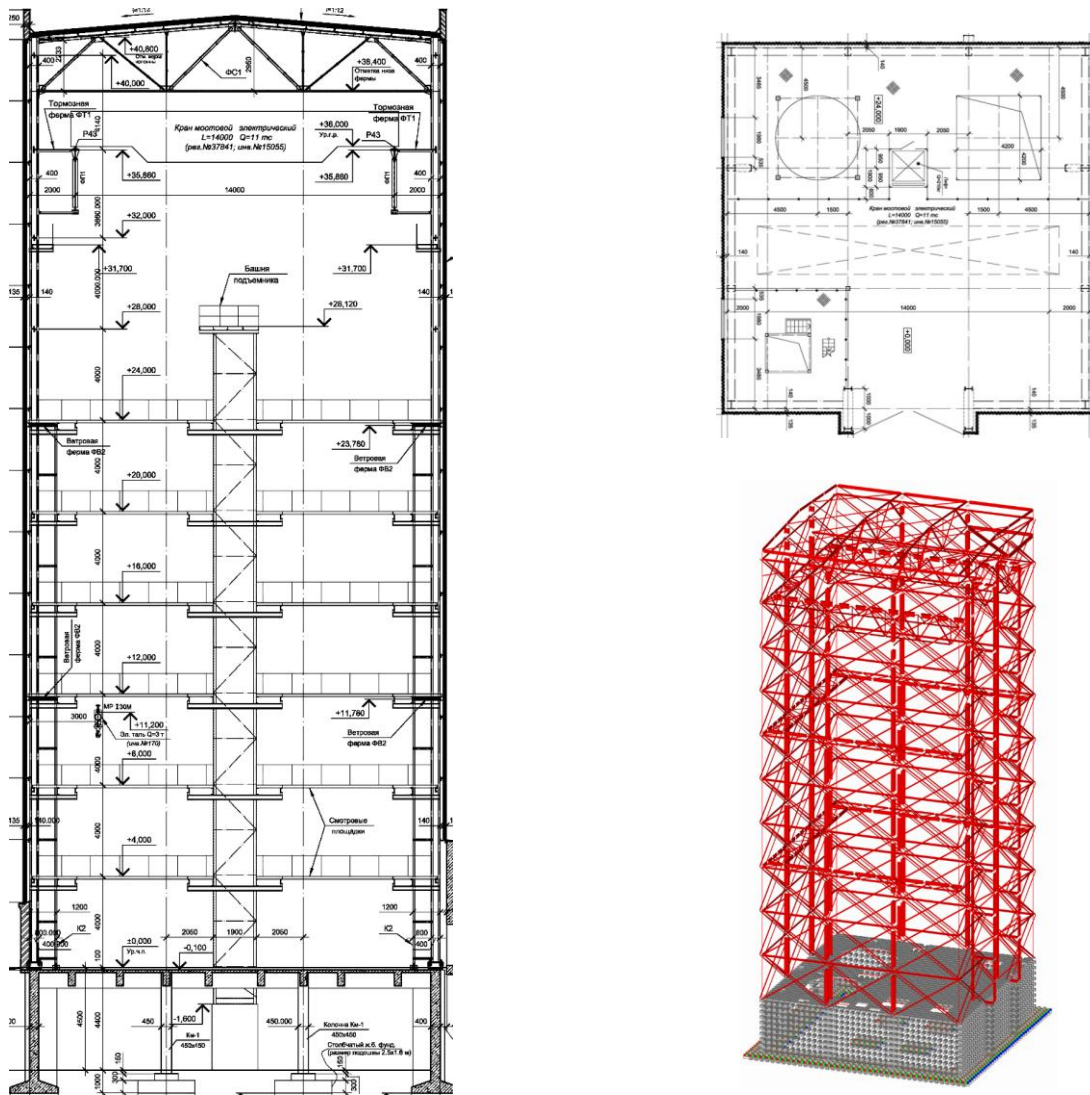


Рис. 1. Об'єкт дослідження – просторовий сталевий каркас, розріз та план будівлі

На рисунку 2 приведені діаграми зміни 10 частот власних коливань для різних схем та стану зв'язків, колон та ригелей каркаса по варіантах 2–6.

Пошкодження кожного окремого типу конструкцій відповідають певному характеру змін частот власних коливань каркасу. Крім того, кількісний вплив по-різному відображається для форм коливань. Наприклад, для форм 1–2, обумовлених найбільшими згинальними коливаннями колон, які призводять до поступальних переміщень перекриттів. Для форми 3, обумовленої найбільшими згинальними коливаннями колон, які призводять до закручування перекриттів щодо вертикальної осі. Для форм 4–10, обумовлених найбільшими згинальними коливаннями конструкцій перекриттів і колон. Пошкодження конструкцій може привести до зниження значень частот певних форм коливань до 60 %. Таким чином, через зміни характеру частот і форм коливань можна спрогнозувати наявність пошкоджень і перерозподіл зусиль і переміщень конструкцій каркасу.

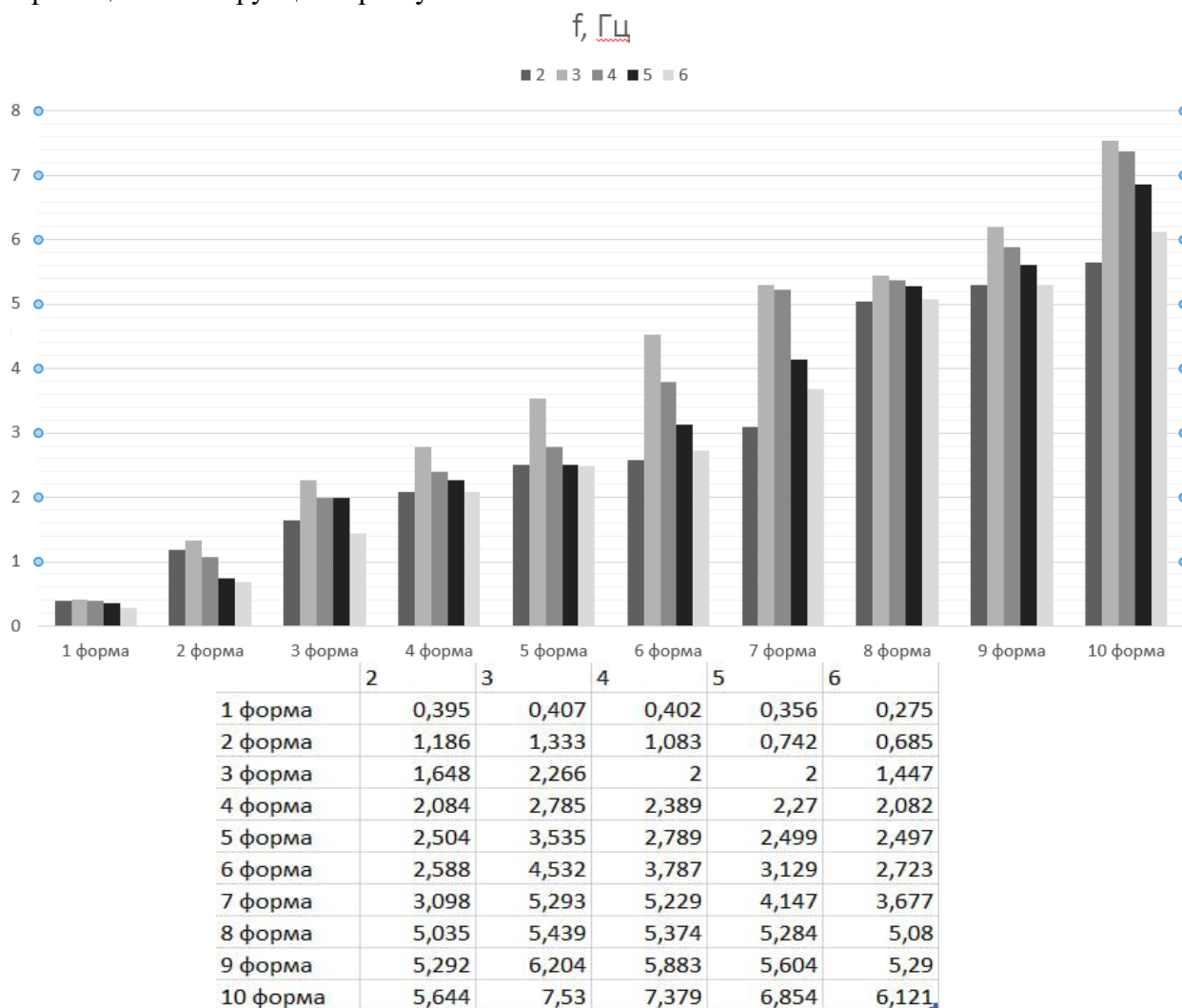


Рис. 2. Зміни частот власних коливань залежно від технічного стану зв'язків, колон та ригелей, Гц

Наприклад, внаслідок пошкодження зв'язків по верхньому та нижньому поясу ферм покриття (варіант 5), відбудеться зменшення просторової жорсткості каркасу та відповідне збільшення зусиль у фермах та колонах.

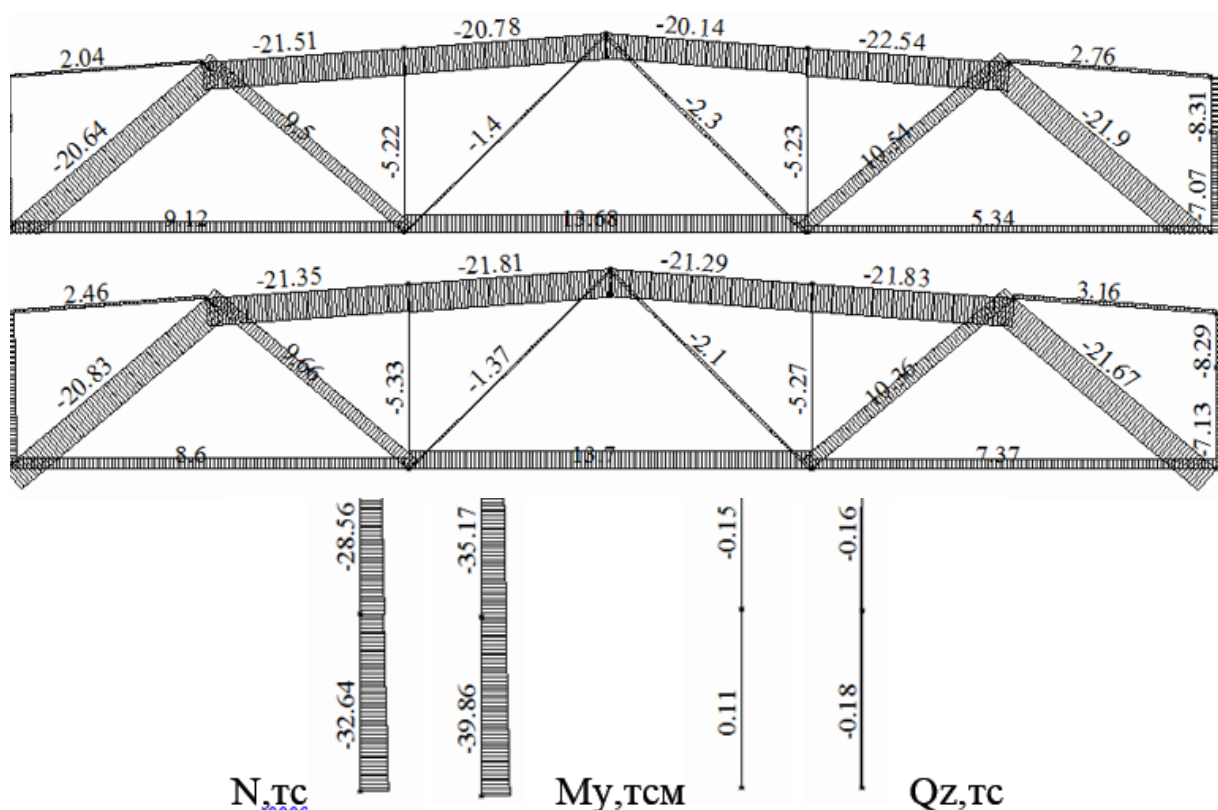


Рис. 3. Зміни епюр поздовжніх зусиль в елементах ферми покриття, тс

Висновок. Для швидкого прогнозу пошкоджених несучих конструкцій та прискорення отримання висновку про технічний стан сталевих конструкцій в цілому можна використовувати їх динамічний аналіз – зіставлення частот та форм нижчих коливань несучих конструкцій, які є інтегральним показником міцності та жорсткості констриктивної системи. Для цього необхідно проаналізувати обмеження та розробити чіткі рекомендації проведення натурних динамічних випробувань в комплексі з попередніми та остаточними динамічними розрахунками.

Такий підхід також полегшує розробку спеціальних конструктивних заходів та рішень щодо боротьби з відміченими недоліками при проектуванні сталевих конструкцій.

Список використаних джерел

1. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються: ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Київ : Мінрегіон України, 2017. 80 с.
2. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель та споруд : ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Київ : ДП «УкрНДЦ», 2017. 67 с.
3. Сталеві конструкції. Норми проектування: ДБН В.2.6-198:2014. Київ : Мінрегіон України, 2014. 199 с.
4. Davydov Ihor, Chaban Viacheslav, Kovtun-Horbachova Tetiana. The analysis of technical condition of tower steel frames according to their dynamic characteristics. *Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture : the book of abstracts of the 18th International Scientific and Practical Conference*. 2020. Pp. 24–27.
5. Давыдов И. И. Оценка технического состояния и усиление металлических конструкций мачты мобильной связи. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. 2018. Вып. 104. С. 121–128.