

ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ДЕФЕКТІВ ТА ЖОРСТКОСТІ КОНСТРУКЦІЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто оцінювання технічного стану будівельних конструкцій з урахуванням впливу дефектів, температурних дій та геометричних параметрів елементів на їх механічну роботу. Показано, що накопичення пошкоджень призводить до зменшення жорсткості конструктивних елементів і зміни напружено-деформованого стану. Запропоновано підхід до інтерпретації результатів технічного обстеження, який дозволяє пов'язати виявлені дефекти зі зростанням деформацій і зміною роботи конструкцій.

Ключові слова: технічний стан, дефекти конструкцій, жорсткість, геометричні параметри, напружено-деформований стан, температурні дії.

Abstract

The assessment of the technical condition of building structures considering the influence of defects, temperature effects and geometric parameters of elements on their mechanical behavior is discussed. It is shown that damage accumulation leads to a reduction in structural stiffness and changes in the stress-strain state. An approach to interpreting inspection results is proposed, allowing detected defects to be related to increased deformations and changes in structural behavior.

Keywords: technical condition, structural defects, stiffness, geometric parameters, stress-strain state, temperature effects.

Вступ

Експлуатація будівельних об'єктів відбувається в умовах тривалої дії навантажень, деградації матеріалів та впливу факторів середовища. Поряд із силовими навантаженнями істотний вплив на роботу конструкцій мають температурні дії, зокрема сезонні коливання температури та температурні градієнти, які спричиняють додаткові деформації й напруження. У поєднанні з накопиченням дефектів це призводить до зміни напружено-деформованого стану та зниження експлуатаційної надійності конструкцій [1].

У практиці технічного обстеження основна увага зосереджується на фіксації дефектів конструктивних елементів, однак оцінювання їх впливу на механічну роботу будівлі часто має якісний характер. При цьому характер і розвиток дефектів значною мірою залежать від конструктивної схеми та архітектурно-будівельних рішень, що визначають умови просторової роботи будівлі в експлуатації [2].

Перспективним напрямом оцінювання технічного стану будівельних об'єктів є аналіз зміни жорсткості конструкцій з урахуванням впливу дефектів і температурних дій на механічну роботу елементів, що проявляється у зміні співвідношення між напруженнями та деформаціями при експлуатаційних навантаженнях. Такий підхід створює передумови для переходу від описової фіксації пошкоджень до кількісної інтерпретації результатів технічного обстеження.

Основна частина

Оцінювання технічного стану будівельних об'єктів у практиці експлуатації базується на визначенні здатності конструкцій забезпечувати механічний опір і стійкість за дії розрахункових навантажень та впливів протягом усього строку служби. Такий підхід передбачає врахування фактичного стану конструктивних елементів, наявності дефектів і пошкоджень, а також можливих змін механічних характеристик матеріалів у процесі експлуатації [3, 4]. Для об'єктів із підвищеним рівнем відповідальності вимоги до надійності та безпеки зумовлюють необхідність більш детальної інтерпретації результатів обстежень із позицій напружено-деформованого стану конструкцій [5].

Для опису роботи конструкцій, що мають експлуатаційні пошкодження, класична лінійно-пружна модель потребує уточнення з позицій механіки деформованого твердого тіла. У цьому випадку лінійно-пружна модель матеріалу, у межах якої жорсткість елемента визначається нахилом початкової ділянки діаграми «напруження – деформація», та з урахуванням зниження ефективних деформаційних характеристик унаслідок пошкоджень записується через ефективні характеристики жорсткості:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E_0 (1 - \psi) \varepsilon,$$

де σ – діюче напруження, ε – відносна деформація, E_0 – початковий модуль пружності непошкодженого матеріалу, а ψ – узагальнений параметр пошкодженості (damage parameter), що відображає зниження ефективної жорсткості матеріалу та змінюється в межах $[0;1]$. На рівні конструктивного елемента накопичення пошкоджень $\psi > 0$ призводить до зниження його експлуатаційної жорсткості k . Виходячи зі співвідношення:

$$k = \frac{F}{\delta},$$

де F – прикладене навантаження, δ – переміщення або прогин, стає очевидним механічний наслідок деградації: зменшення жорсткості k при незмінному навантаженні F неминуче призводить до зростання деформацій δ та зміни напружено-деформованого стану системи.

При цьому деформаційна реакція конструктивного елемента визначається не лише властивостями матеріалу, але й його геометричними параметрами. Відносна деформація пов'язана з подовженням елемента та його довжиною співвідношенням:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l},$$

що зумовлює залежність величини деформацій від розмірів і розрахункової схеми елемента [1]. За наявності дефектів вплив геометричних параметрів, зокрема довжини елемента, на зміну жорсткості та напружено-деформованого стану стає більш вираженим.

Вплив температурних дій має іншу природу: сезонні та добові перепади температури викликають вимушені деформації розширення або скорочення елементів. Оскільки конструктивні елементи будівлі мають в'язі (закріплення), ці деформації не можуть реалізуватися вільно, що призводить до виникнення значних температурних напружень. Критичним є поєднання цих факторів: додаткові температурні зусилля діють на перерізи, ослаблені дефектами, що може підвищувати ризик крихкого руйнування або втрати стійкості елементів, які в нормальному стані мали б достатній запас міцності [6].

При цьому допустимий рівень зміни жорсткості та деформаційних характеристик конструкцій суттєво залежить від класу наслідків об'єкта. Для будівель з підвищеним рівнем відповідальності навіть незначне зниження жорсткості окремих елементів може призводити до неприйнятних змін напружено-деформованого стану, що обґрунтовує необхідність аналітичної інтерпретації результатів обстеження.

Практика технічних обстежень показує, що результати візуальної фіксації дефектів без подальшої аналітичної інтерпретації не дозволяють обґрунтовано оцінити їх вплив на механічну роботу будівлі. Сучасні підходи передбачають систематизацію даних обстежень, використання цифрових моделей і накопичення інформації про стан конструкцій у процесі експлуатації [7, 8].

Таблиця 1 – Вплив дефектів і впливів на жорсткість конструкцій

№ з/п	Фактор	Механічний ефект	Прояв у НДС
1	2	3	4
1	Тріщини	Зменшення жорсткості перерізу	Зростання прогинів
2	Корозія	Втрата ефективного перерізу	Зниження несучої здатності
3	Осідання	Зміна розрахункової схеми	Додаткові внутрішні зусилля
4	Температурні дії	Додаткові деформації	Нерівномірні напруження

Таким чином, поєднання результатів технічних обстежень із положеннями лінійно-пружної теорії дозволяє пов'язати виявлені дефекти зі зміною жорсткості конструкцій і перейти від описової оцінки стану до обґрунтованої кількісної інтерпретації. Отримані аналітичні залежності між дефектами та жорсткістю можуть бути використані як інженерна основа для формування підходів до розробки алгоритмів автоматизованого моніторингу та цифрових паспортів технічного стану.

Висновки

Зміна технічного стану будівельних конструкцій у процесі експлуатації зумовлюється сукупною дією навантажень, температурних впливів і накопиченням дефектів, що призводить до зниження їх жорсткості та зміни напружено-деформованого стану. Виявлення таких змін лише за результатами візуального обстеження не дозволяє повною мірою оцінити їх вплив на механічну роботу конструкцій.

Застосування положень лінійно-пружної теорії деформованого тіла створює можливість інтерпретації виявлених дефектів через зміну деформаційних характеристик елементів. Урахування температурних дій разом із дефектами конструкцій є необхідним для більш обґрунтованої оцінки технічного стану. Поєднання результатів технічних обстежень із аналітичною залежністю механіки деформованого тіла дозволяє перейти від описової оцінки пошкоджень до якіснішої інженерної інтерпретації стану будівельних об'єктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ISO 13822:2010. Bases for design of structures – Assessment of existing structures. Geneva : International Organization for Standardization, 2010.
2. Шерешевський І. А. Конструювання промислових будівель та споруд : навч. посіб. К. : Архітектура-С, 2021. 168 с.
3. ДСТУ 9273:2024. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2024.
4. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова з обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. К. : Мінрегіон України, 2016.
5. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. К. : Мінрегіон України, 2018.
6. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. К. : Мінбуд України, 2006.
7. Андрухов В. М., Колесник А. О. Технологія забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель та споруд // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2013. № 50. С. 10–15.
8. Андрухов В. М., Басістий В. О., Мартинюк Ю. О., Гладкий С. О. Інформаційні технології в оцінці технічних характеристик житлових будівель // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2023. № 1. С. 146–151.

Пацукевич Владислав Геннадійович, аспірант групи G19-25a, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: vladislav.patsukevich@gmail.com;

Андрухов Валерій Михайлович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри Будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Patsukevych Vladyslav Gennadieвич, postgraduate student of group G19-25a, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: vladislav.patsukevich@gmail.com;

Andrukhov Valerii Mykhailovych, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.