

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ КАРКАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА СЕЙСМІЧНІ ВПЛИВИ

Сейсмічні впливи становлять значну проблему для будівельних конструкцій, особливо в регіонах із підвищеною сейсмічною активністю, таких як окремі території України. Актуальність теми зумовлена необхідністю забезпечення безпеки споруд у таких умовах, адже землетруси можуть призводити до руйнувань і людських жертв. У роботі досліджуються сучасні методи розрахунку конструкцій на сейсмічні навантаження, аналізуються їхні особливості та порівнюються підходи, застосовані в Україні та світі, на прикладі каркасного елемента залізобетонної будівлі.

Для оцінки сейсмічних навантажень у ДБН В.1.1-12:2014 використовуються два основні методи: лінійно-спектральний (LSM) і прямий динамічний (DDM). У рамках LSM сейсмічна сила розраховується за формулою:

$$S = k_1 \cdot k_2 \cdot Q \cdot \beta, \quad (1)$$

де вага конструкції поєднується з коефіцієнтами надійності, відповідальності та динамічності. Цей метод простий у застосуванні, але має обмеження для складних систем. DDM, у свою чергу, базується на рівнянні руху:

$$M \cdot \ddot{u} + K \cdot u = -M \cdot \ddot{u}_g, \quad (2)$$

, що враховує масу, жорсткість і прискорення ґрунту, забезпечуючи точніші результати при наявності детальних даних. У роботі розглядається залізобетонна колона висотою 3 м із перерізом 0,4×0,4 м, яка несе перекриття масою 10 т, для аналізу обох методів.

Моделювання показало, що при модулі пружності бетону $E = 30 \cdot 10^9$ Па, густині $\rho = 2500$ кг/м³ і прискоренні ґрунту $\ddot{u}_g = 1,962$ м/с² жорсткість колони становить $K \approx 7,1 \cdot 10^6$ Н/м. За LSM із коефіцієнтами $k_1 = 1,0$, $k_2 = 1,0$ і $\beta = 2,5$ сейсмічна сила досягає 245,25 кН, тоді як DDM дає максимальне переміщення приблизно 0,01 м. Ці результати порівнюються з міжнародними стандартами, такими як ASCE 7-22, Єврокод 8 і японський BSL, що демонструють суттєво нижчі значення навантажень – від 9,81 до 24,53 кН. Такі розбіжності вказують на потребу вдосконалення українських норм.

Порівняння підходів розкриває їхні особливості. Українські норми вирізняються деталізацією коефіцієнтів і простотою LSM, однак фіксовані параметри обмежують адаптивність. ASCE 7-22 пропонує гнучкіший підхід із формулою:

$$F = C_s \cdot W, \quad (3)$$

Такий підхід враховує ширший діапазон умов, але менш деталізований для локального контексту. Єврокод 8 із формулою:

$$F = S_d \cdot m \cdot \lambda \quad (4)$$

забезпечує збалансованість, а японський BSL із формулою:

$$F = Z \cdot R_t \cdot C_0 \cdot W \quad (5)$$

орієнтований на максимальну безпеку критичних об'єктів [1].

Сейсмічна активність в Україні, хоч і не є повсюдною, становить загрозу в таких регіонах, як Закарпаття, де магнітуда землетрусів може сягати 8 балів за шкалою MSK-64. Розрахунки за ДБН показують завищені значення сил порівняно з міжнародними стандартами, що може призводити до перевитрат матеріалів. Наприклад, для колони з масою перекриття 10 т і прискоренням ґрунту 0,2g американський стандарт дає силу 9,81 кН, а японський – 19,62 кН, що вдсятеро менше, ніж за LSM. Це пояснюється різними підходами до оцінки динамічності та врахування ґрунтових умов. У той же час, DDM дозволяє моделювати реальну поведінку конструкції, але потребує акселерограм, які в Україні доступні не завжди. Міжнародні стандарти пропонують ширший спектр інструментів, таких як спектральний аналіз і моделювання нелінійної поведінки, що може бути корисним для складних споруд, наприклад, висотних будівель чи мостів. Українська практика могла б запозичити ці методи для підвищення точності розрахунків, зберігаючи при цьому простоту для типових проєктів. Розглядаючи приклад колони, бачимо, що її жорсткість і переміщення за DDM корелюють із теоретичними прогнозами, але потребують верифікації на реальних об'єктах.

Недоліки у цієї технології наступні: у ДБН фіксовані коефіцієнти ускладнюють адаптацію до різних умов, а відсутність повсюдного доступу до акселерограм обмежує DDM. Переваги полягають у простоті LSM і деталізації нормативних параметрів для типових будівель. Шляхи рішення включають розробку гнучких коефіцієнтів і розширення бази даних сейсмічних характеристик. Таким чином, [2] удосконалення норм може підвищити їхню ефективність.

ASCE 7-22 менш деталізований для локальних умов України, що може ускладнити врахування специфіки ґрунтів. Переваги – у гнучкості проєктування та широкому діапазоні коефіцієнтів. Шляхи рішення передбачають інтеграцію локальних спектрів для підвищення точності.

Уніфікація Єврокоду 8 іноді ігнорує особливості місцевих ґрунтів, що може впливати на результати. Переваги полягають у широкому охопленні типів конструкцій і збалансованому підході. Шляхи рішення включають адаптацію до українських умов шляхом уточнення спектральних параметрів.

Японський BSL складний для простих споруд, що робить його менш практичним для масового будівництва. Переваги – висока точність для критичних об'єктів, таких як атомні станції чи висотні будівлі. Шляхи рішення передбачають спрощення розрахунків для типових проєктів.

Сейсмічні розрахунки є ключовим елементом сучасного будівництва, адже від них залежить стійкість споруд. Українські норми ефективні для стандартних конструкцій, але потребують модернізації для відповідності міжнародним практикам. Моделювання каркасного елемента показало, що адаптація підходів може зменшити навантаження на конструкцію без втрати безпеки, що економічно вигідно.

Висновки. Методи ДБН забезпечують базову надійність для типових будівель, але їхня гнучкість і точність потребують удосконалення. Міжнародні стандарти пропонують ширші можливості, які варто інтегрувати в українську практику для підвищення безпеки та ефективності проєктування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. – Київ: Мінрегіон України, 2014.
2. ASCE 7-22: Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings. – ASCE, 2022.
3. EN 1998-1: Eurocode 8 – Design of Structures for Earthquake Resistance. – CEN, 2004.
4. Building Standard Law of Japan (BSL). – Japan, 2019.