

DOI: 10.13140/RG.2.1.4610.2482

УДК69:002;69.059

Терентьев Александр Александрович

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, ORCID: 0000-0001-6995-1419

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Шабала Євгенія Євгенівна

Асистент кафедри інформаційних технологій, ORCID: 0000-0002-0428-9273

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Малина Богдан Сергійович

Аспірант

Національний авіаційний університет, Київ

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ
МІКРОСЕЙСМІЧНИХ КОЛИВАНЬ**

***Анотація.** В якості джерел коливань, що діють в будь-якій заданій момент часу, розглядаються мікросейсми, які завжди наявні, і сейсмічні коливання в будівлі, які є реакцією на вплив, що надходить. В сейсмології для оцінки реакції будівель на сейсмічні хвилі широко застосовуються моделі лінійних систем з однією або декількома степенями вільності. Під впливом мікросейсм будь-яка будівля постійно знаходиться в коливальному процесі. Для вибраної моделі процесу коливань з незалежними компонентами в будівлі з'являється можливість отримати одночасні записи стоячих хвиль різночасних, послідовних спостережень з опорною точкою. Отримані результати обстеження конструкцій за допомогою методики мікросейсמודіагностування дозволяють виявити найбільш «ослаблені» місця в конструкції будівлі, в яких проводиться точкове обстеження класичним методом. Крім того, враховуючи ступінь пошкодження конструкцій більшості обстежуваних будівель, а також відсутність можливості швидкого проведення відновлювальних робіт, було запропоновано цю методику в процесі експлуатації та проведенні постійного моніторингу стану будівлі. Отримані результати досліджень мікросейсмічних коливань від природних і штучних джерел дозволили скоригувати датчики, що використовуються під конкретні параметри будівлі. Наявність постійного моніторингу дозволяє відслідковувати найменші зміни в стані конструкцій з метою прийняття своєчасних заходів з локалізації виниклого дефекту.*

***Ключові слова:** діагностика будівель і споруд; мікросейсмічні коливання; мікросейсми; спектр когерентності*

Вступ

Технічний стан будівель повністю залежить від цілого ряду факторів, таких як виробниче середовище експлуатації, природно-кліматичні впливи. Важливим фактором є також підтримання будівлі в працездатному стані, для чого необхідне виконання цілого комплексу заходів, у тому числі своєчасне виявлення дефектів конструкцій для вжиття заходів щодо усунення як самого дефекту, так і причин виникнення цього дефекту.

Більшість будівель обстежується так званим класичним методом, який передбачає визначення міцнісних характеристик конструкцій, фіксацію наявних дефектів і пошкоджень, заміри відхилень окремих параметрів від номінальних. Для оцінки загального стану несучої здатності будівлі

отримання даних деколи недостатньо. Потрібна детальна обробка отриманих даних з побудовою математичної моделі будівлі з урахуванням всіх фактичних параметрів конструкцій. Робота ця досить трудомістка і відповідно вельми дорога. Отриманий результат може не відповідати фактичному стану обстежуваного об'єкта, тому що практично неможливо виявити всі дефекти і врахувати це в розрахунках.

Крім традиційного класичного методу обстеження конструкцій, існує метод системи діагностики будівель із застосуванням мікросейсмічних впливів.

Виклад основного матеріалу

В сейсмології для оцінки реакції будівель на сейсмічні хвилі широко застосовуються моделі

лінійних систем з однією або декількома степенями вільності. При цьому кожному степеню вільності в моделі лінійної системи відповідає своя резонансна частота і загасання. Жорсткі будівлі мають одну частоту власних коливань, яка домінує над іншими. Зазвичай будівлю описують двома цифрами: частотою власних коливань і загасанням. Саме ці параметри використовуються для грубої оцінки реакції будівель на сейсмічні хвилі та їх сейсмостійкості.

Абсолютно ясно, що опис будівлі двома або навіть декількома цифрами далеко не повно характеризує його сейсмостійкість. Отримання резонансних частот і загасання в моделі лінійної системи для будівлі в цілому вимагає мінімум спостережень і витрат на обробку. Не будемо відволікатися на опис широко відомих методик експериментального визначення згаданих характеристик будівель, зазначимо лише, що у підході опису будівлі резонансними частотами і загасанням, для цих частот закладено припущення, що частотна характеристика між конструкцією і верхнім поверхом повністю характеризує будівлю, а це означає, що конструкція має рівномірні у своєму об'ємі характеристики за міцністю і жорсткістю. Така методика не передбачає наявності в будівлі елементів конструкцій з різною міцністю і надійністю.

При детальному обстеженні повинні бути вивчені не тільки частоти власних коливань, але і особливості реакції на сейсмічні впливи окремих елементів будівель з метою виявлення слабких місць і дефектів, що виникають під час тривалої експлуатації, а також будівництва.

Для детального сейсмічного обстеження будівлі потрібні детальні спостереження в його об'ємі. Ідеальним випадком буде встановлення на всіх поверхах трикомпонентних сейсмоприймачів з кроком 1 м і запис сейсмічних подій такою мережею спостережень. За наявності таких пристроїв можна ставити завдання щодо всебічного детального вивчення особливостей поведінки будівлі у разі сейсмічних впливів і виявлення послаблених елементів конструкцій з метою надання рекомендацій щодо їх посилення. Провести такі спостереження досить важко. Потрібно калібрована апаратура, що має декілька сотень сейсмічних каналів.

В якості джерел коливань, що діють в будь-який заданий момент часу, розглядалися мікросейсми, які завжди наявні і сейсмічні коливання в будівлі, які є реакцією на вплив, що приходить.

Проте, коливання будівель досить добре описуються моделлю лінійної системи. Це виражається в наявності частотної характеристики

щодо досліджуваного об'єкта резонансів (частот власних коливань). Саме на цих частотах відбувається посилення коливань, що приходять від низу до верху, і зовнішні сейсмічні впливи, що мають в собі ці частоти, найбільш небезпечні для таких будівель.

Під впливом мікросейсм будь-яка будівля постійно знаходиться в коливальному процесі. Для детального обстеження будівлі з використанням мікросейсм ідеально реалізувати щільну систему одночасної реєстрації коливань (рис. 1), але це неможливо. Розглянемо іншу систему спостережень та її можливості. Одночасна реєстрація коливань будівлі під впливом мікросейсм ведеться в опорній точці і *i-й* точці (групі точок), потім *i-а* точка (група точок) змінює своє положення і знову проводиться реєстрація сейсмічних коливань одночасно з опорною точкою (рис. 2).

Такими спостереженнями можна детально покрити досліджувальний об'єкт з малоканалною апаратурою. Завдання полягає в тому, як перетворити різночасові спостереження в різних точках будівлі в запис стоячих хвиль на всієї системі спостереження.

В основу алгоритму отримання з різночасових спостережень в будівлі з однією опорною точкою даних реєстрації одного і того ж коливального процесу в різних точках закладемо припущення про моделі процесу коливань в будівлі:

1. Під впливом мікросейсмічних коливань на будівлю у неї формуються відмінності стоячих хвиль, зареєстрованих в двох довільних точках, що описуються лінійною системою, характеристика якої не залежить від часу.

2. Під впливом мікросейсмічних коливань на будівлю відмінності біжучих хвиль, зареєстрованих в двох довільних точках, не можуть бути описані лінійною системою, характеристика якої не залежить від часу.

3. Наявні лінійні зв'язки в змінах стоячих хвиль, зареєстрованих в двох точках, що існують для кожної пари однойменних компонент реєстрованих коливань.

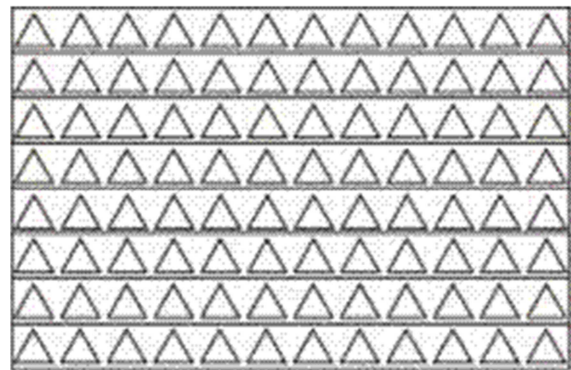


Рисунок 1 – Необхідна повна система спостережень

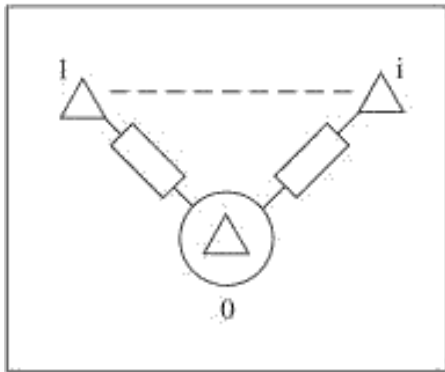


Рисунок 2 – Система одночасної реєстрації в опорній точці 0 і деякій кількості i -тих точок

Ці припущення дозволяють скласти модель коливань зв'язку, що реєструються в двох різних точках будівлі (рис. 3).

Моделі реєстрованих коливань в опорній i -й точці можна записати у такому вигляді:

$$\bar{F}_0(t) = F_0(t) + W_0(t), \quad \bar{F}_i(t) = F_0(t) * h_{0i} + W_i(t), \quad (1)$$

де $h_{0i}(t)$ – імпульсна характеристика лінійної системи, що описує зв'язок між коливаннями точок 0 та i на обстежуваному об'єкті; $W(t)$ – коливання в точках 0 та i , що не мають лінійної зв'язку один з одним.

У такому поданні коливання різних точок об'єкта мають дві складові:

– першу – пов'язану із загальним процесом реакції об'єкта на сейсмічні впливи i , яка має лінійні зв'язки з коливаннями від точки до точки;

– другу – коливання в точках, які не мають лінійного зв'язку із загальними коливаннями. До другої складової належать сейсмічні коливання від локальних джерел всередині будівлі і нелінійні ефекти поширення коливань.

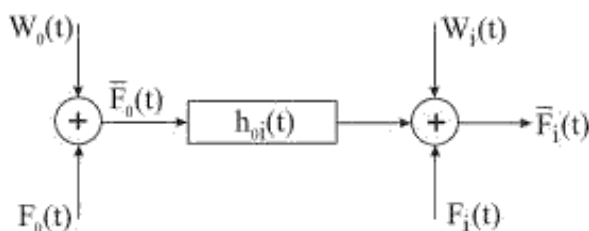


Рисунок 3 – Модель лінійного зв'язку хвильових полів у двох точках об'єкта

Для вибраної моделі процесу коливань з незалежними компонентами в будівлі з'являється можливість отримати одночасні записи стоячих хвиль різночасних, послідовних спостережень з опорною точкою. Процедура обробки в такому випадку зводиться до таких операцій.

1. Знаходження частотних характеристик лінійних систем $h_{0i}(\omega)$ (спектральний еквівалент $h_{0i}(t)$, мікросейсмічних коливань в тих точках, що описують зміну коливань від опорної точки 0 до i -ї за даними одночасної реєстрації.

2. Запис або формування незалежної реалізації процесу коливань опорної точки при сейсмічному впливі на досліджуваний об'єкт.

3. Перерахунок стоячих хвиль з опорної точки з використанням $h_{0i}(\omega)$ (перехідними характеристиками) у всі точки об'єкта, що обстежується.

Ключовим питанням розглянутої схеми обробки є задача визначення $h_{0i}(\omega)$ з необхідною точністю пристроєм за різночасовою реєстрацією мікросейсмічних коливань з опорною точкою. Відповідно до обраної моделі, маючи трикомпонентні записи, можна вести обробку кожної компоненти незалежно одна від одної. Розглядаючи модель сигналів, що реєструються в двох точках будівлі на однакових компонентах (рис. 3), можна спостерігати, що завдання визначення $h_{0i}(\omega)$ зводиться до визначення характеристики лінійної системи за сигналами на її вході і виході, зареєстрованих на фоні шумів. Будемо шукати характеристику $h_{0i}(\omega)$ у вигляді оптимального фільтру Вінера, що перетворює сигнал $\bar{F}_0(t) = F_0(t) + W_0(t)$ в запис стоячої хвилі в точці i :

$$h_{0i}(\omega) = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{F}_i(\omega) \bar{F}_0^*(\omega)}{\sum_{j=1}^n |\bar{F}_0(\omega)|^2}. \quad (2)$$

Дана формула дозволяє вести розрахунок характеристики фільтру з похибкою, яка залежить від параметрів зареєстрованої реалізації природних коливань обстежуваного об'єкта. Такими параметрами є: крок дискретизації реєстрованих коливань за часом Δt ; довжина одиничного блоку T , на які розподілено запис природних коливань; кількість блоків у записі n . Вибір перших двох параметрів не викликає труднощів. Крок дискретизації пов'язується з частотним діапазоном, у якому вивчається реакція об'єкта на сейсмічні дії. Довжина одиничного блоку пов'язана з необхідною роздільною здатністю спектрального аналізу $\Delta f = 1/T$. Для обстеження об'єктів, що мають цілий ряд степенів вільності при описі лінійної моделі

і цілий ряд резонансних областей в частотній характеристиці, вимагається дозвіл, що пов'язаний з шириною цих резонансних областей і відстанями по частоті між ними. Складніше питання про кількість блоків. Розрахунок за формулою (2) – лише оцінка характеристики фільтру, похибка якої залежить від кількості блоків n і співвідношення енергії шумів і корисних сигналів у моделі (1), тобто фактично від того, якою мірою зміна коливань від точки до точки описується лінійною системою.

Для оцінки кількості блоків, необхідних для забезпечення заданої похибки фільтру, потрібно вивчення працездатності вибраної моделі змін коливань в об'єкті від точки до точки. Для вивчення цього питання можна застосувати спектр когерентності.

Розрахунок $\gamma(\omega)$, як і характеристики фільтру, потребує усереднення. Розділимо реалізацію одночасно записаних шумів в двох точках будівлі на блоки і здійснимо усереднення за ним. Формула для розрахунку спектру когерентності буде:

$$\gamma^2(\omega) = \frac{\left| \sum_{j=1}^n \overline{F_i(\omega)} \overline{F_0^*(\omega)} \right|^2}{\sum_{j=1}^n |\overline{F_0(\omega)}|^2 \sum_{j=1}^n |\overline{F_i(\omega)}|^2}. \quad (3)$$

Отриманий вираз є наближеною оцінкою спектру когерентності, похибка якої залежить від числа блоків n . Відносна похибка розрахунку спектру когерентності розраховується за формулою:

$$\varepsilon[\gamma^2(\omega)] = \frac{\sqrt{2}[1 - \gamma^2(\omega)]}{|\gamma(\omega)|\sqrt{n}}. \quad (4)$$

Згідно з (4), чим вище значення $\gamma^2(\omega)$, тим менше похибка. Збільшення n завжди забезпечує зменшення похибки оцінки спектру когерентності, а це означає, що для будь-якого значення $\gamma(\omega)$, збільшуючи число блоків або записи в двох точках, які можна досягти завдяки заданій похибці оцінки значення спектру когерентності за формулою (3).

Високі значення спектрів когерентності на частотах будівель дають підставу застосовувати модель (1) і використовувати формулу (2) для побудови фільтрів, що перераховує стоячі хвилі з опорної точки в i -у, для отримання картини одночасних записів стоячих хвиль у всіх точках.

Наближений вираз для розрахунку помилки амплітудної характеристики має вигляд:

$$\frac{\left| \frac{\partial \dot{y}_{0i}(w)}{\partial \dot{y}_{0i}(w)} \right|_{\dot{y}_{0i}(w)}}{\left| \frac{\partial \dot{y}_{0i}(w)}{\partial \dot{y}_{0i}(w)} \right|_{\dot{y}_{0i}(w)}} \frac{\sqrt{2} \dot{y}_{0i}(w) - g_{0i}^2(w) \frac{\dot{y}_{0i}(w)}{\dot{y}_{0i}(w)}}{|g_{0i}(w)|\sqrt{2n}}. \quad (5)$$

Згідно з (5) зі збільшенням кількості блоків для обчислень характеристики фільтру, що перераховує коливання з опорної точки обстежуваного об'єкта в i -у, можна добитися будь-якої заданої похибки побудови фільтру. При малій кількості блоків, навіть невелике збільшення їх числа, забезпечує суттєве зменшення похибки. При великих значеннях n зменшення похибки зі збільшенням кількості блоків уповільнюється. Висока точність перерахунку коливань швидко досягається при великих значеннях $\gamma(\omega)$. Для випадків з малими значеннями когерентності потрібна велика кількість блоків у одночасного запису.

Кількість блоків визначає довжину реалізації, записану в кожній точці об'єкта, що обстежується, і суттєво впливає на продуктивність робіт. Оптимальна продуктивність досягається послідовною реєстрацією коливань в точках об'єкта при довжині реалізації 5-20 хвилин і суттєво знижується при довжинах реалізацій, що вимірюються годинами. При високій когерентності коливань 0.8-0.99, на частотах будівель вдається досягти похибки близько 5% і менше для перерахунку стоячих хвиль і продуктивності обстеження будівель за кілька днів. Низькі значення спектру когерентності поза частот призводять до сильної регуляризації фільтру Вінера. Фільтр замикається на цих частотах і забезпечує придушення біжучих хвиль в перерахованих записах.

Вивчення спектру когерентності коливань опорної i -ї точки з урахуванням його похибки в обстеженні будівель відіграє провідну роль в обґрунтуванні вибраної моделі змін коливань від точки до точки.

Отримані результати обстеження конструкцій за допомогою методики мікросейсмоніторингу дозволяють виявити найбільш «ослаблені» місця в конструкції будівлі, в яких проводиться точкове обстеження класичним методом. В якості прикладу наведено один з виконаних результатів обстеження. На конкретному прикладі можна доволі впевнено говорити про доцільність застосування методики мікросейсмоніторингу конструкцій будівель разом з класичним методом обстеження.

Отримані результати обстеження дозволяють отримати найбільш повну картину стану будівлі, що значною мірою полегшує розробку проектів відновлення несучої здатності як окремих конструкцій, так і будівлі в цілому.

Крім того, враховуючи ступінь пошкодження конструкцій більшості обстежуваних будівель, а також відсутність можливості швидкого проведення відновлювальних робіт, було запропоновано цю методику в процесі експлуатації та проведенні постійного моніторингу стану будівлі.

Отримані результати досліджень мікросейсмічних коливань від природних і штучних джерел дозволили скоригувати датчики, що використовуються під конкретні параметри будівлі.

Наявність постійного моніторингу дозволяє відслідковувати найменші зміни в стані конструкцій і вживати своєчасні заходи з локалізації виниклого дефекту.

На рис. 4, 5 зображені карти амплітуд і фаз власних форм поперечних коливань будівлі.

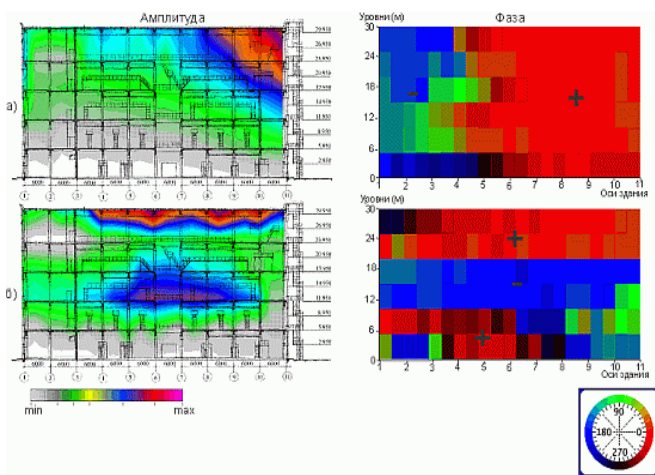


Рисунок 4 – Карти амплітуд і фаз власних форм поперечних коливань (поздовжній розріз будівлі): а) 1,56 Гц, максимум 12,0; б) 4,1 Гц, максимум 3,7.

Знаками «+» і «-» зображено напрямки коливань

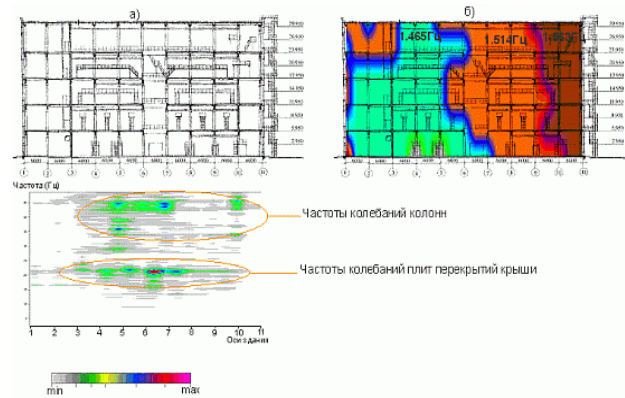


Рисунок 5 – Частоти коливань плит перекриття даху будівлі і колон (а); зміна частоти першої форми поперечних коливань за поздовжнього перерізу будівлі (б)

Висновки

Проведено аналіз нечітких систем, які дозволяють вирішувати задачі інформаційної технології для підтримки прийняття рішень щодо діагностики технічного стану будівель; досліджувати та реалізовувати у подальшому на основі апарату нечіткої логіки моделі діагностики технічного стану будівель.

Список літератури

1. Михайленко В. М. Технологія адаптивної фільтрації зображення дефекту типу "тріщина" / В. М. Михайленко, О. В. Горда // Управління розвитком складних систем. – 2010. – Вип. 1. – С. 65 – 68.
2. Гайна Г.А. Концепція багатомодельного підходу до розробки інтелектуальних СППР у містобудуванні // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2010. – № 1. – С. 28. – 34.
3. Гайна Г.А. Інформаційна технологія управління задачами містобудування // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2010. – № 3. – С. 42 – 47.
4. Барашиков А.Я. Технічна експлуатація будівель і міських територій: підручник // А.Я. Барашиков, В.О. Гомілко, О.М. Малишев. – К.: Вища шк, 2000. – 112 с.
5. Барашиков А.Я. Оцінка технічного стану будівельних конструкцій, будівель та споруд // А.Я. Барашиков, А.Н. Малишев. – К.: 1998. – 250 с.
6. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд // Держкомітет будівництва, архітектури та Держнаглядохоронпраці України. – К., 1997. – 145 с.
7. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. – К.: НДІБВ, 2003. – С.144.
8. Правила оцінки фізического износа жилих зданий (ВСН 53-86 р.) // Госгражданстрой. – М.: Прейскурантиздат, 1988. – 72 с.
9. Еманов А.Ф. Технологія діагностики и мониторинга состояния строительных конструкций на основе исследования микросейсмических колебаний / А.Ф. Еманов, Л.А. Скляр // Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр. – Вып. 8. – М.: 2009. – С. 63 – 72.
10. Завалишин С.И. Динамический мониторинг зданий и сооружений для контроля их сейсмостойкости / С.И. Завалишин, Г.Э. Шаблонский, Д.А. Зубков, А.А. Румянцев // Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр. – Вып.8. – М.: 2009. – С. 42 – 53.

Стаття надійшла до редколегії 09.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Цюцюра, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

Терентьев Александр Александрович

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, ORCID: 0000-0001-6995-1419

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Шабала Евгения Евгеньевна

Ассистент кафедры информационных технологий, ORCID: 0000-0002-0428-9273

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Малина Богдан Сергеевич

Аспирант

Национальный авиационный университет, Киев

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

***Аннотация.** В качестве источников колебаний, действующих в любой заданный момент времени, рассмотрены микросейсм, которые всегда присутствуют, и сейсмические колебания в здании, которые являются реакцией на поступающее воздействие. В сейсмологии для оценки реакции зданий на сейсмические волны широко применяются модели линейных систем с одной или несколькими степенями свободы. Под влиянием микросейсм любое здание постоянно находится в колебательном процессе. Для выбранной модели процесса колебаний с независимыми компонентами появляется возможность получить одновременно записи стоячих волн разновременных, последовательных наблюдений с опорной точкой в здании. Полученные результаты обследования конструкций с помощью методики микросейсmodиагностирования позволяют выявить наиболее «ослабленные» места в конструкции здания, в которых проводится точечное обследованных классическим методом. Кроме того, учитывая степень повреждения конструкций большинства обследованных зданий, а также отсутствие возможности быстрого проведения восстановительных работ, была предложена эта методика в процессе эксплуатации и проведении постоянного мониторинга состояния здания. Полученные результаты исследований микросейсмических колебаний от естественных и искусственных источников позволили скорректировать датчики, используемые под конкретные параметры здания. Наличие постоянного мониторинга позволяет отслеживать малейшие изменения в состоянии конструкций с целью принятия своевременных мер по локализации возникшего дефекта.*

Ключевые слова: диагностика зданий и сооружений; микросейсмические колебания; микросейсм; спектр когерентности

Terent'ev Alexandr

PhD (Eng.), Associate professor, ORCID: 0000-0001-6995-1419

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

Shabala Yevgeniya

Assistant, ORCID: 0000-0002-0428-9273

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

Malina Bogdan

Graduate

National Aviation University, Kiev

INFORMATION TECHNOLOGY OF BUILDINGS OF TECHNICAL DIAGNOSTIC BASED RESEARCH MICROSEISMIC VIBRATIONS

***Abstract.** As sources of vibrations that operate at any given moment, considered microseisms that are always present and seismic vibrations in buildings that is a reaction to the impact coming. In seismology for evaluation response of buildings to seismic waves commonly used models of linear systems with one or more degrees of freedom. Influenced microseism any building constantly in the oscillatory process. The selected process model oscillations with independent components in building an opportunity to receive simultaneous records of standing waves at different times, consistent with observations anchor point. The results of inspection structures using the technique mikroseysemodiahnostuvanni reveal the most "relaxed" places in the construction of buildings that include spot inspection of the classical method. Moreover, given the extent of damage to structures most obstezhuvalnyh buildings and the lack of quick restoration work, it was suggested this method in the operation and carried out continuous monitoring of the state of the building. The results of research macroseismic fluctuations from natural and artificial sources allowed to adjust the sensors used for specific parameters of the building. The presence of constant monitoring to track the slightest changes in the state structures in order to take timely measures to localize the defect arose.*

Keywords: diagnostics of buildings and structures; microseismic fluctuations; microseisms; coherence spectrum

References

1. Mihaylenko V.M. The technology of adaptive filtering image defect such as "crack"/ V.M. Mihaylenko, O.V. Gorda // *Managing the development of complex systems*, 2010. – v 1. – 65-68.
2. Gayna G.A. Concept bahatomodelnoho approach to the development of intelligent systems in urban planning decision rishenb // *Managing the development of complex systems*, 2010. – v 1. – 28-34.
3. Gayna Information technology management tasks Urban Development.// *Managing the development of complex systems*, 2010. – v 3. – 42-47.
4. Barashikov A.Y. Technical operation of buildings and urban areas: Підручник //A.Y. Barashikov, V.O. Gomilko, O.M. Malishev. – Kyiv : High school, 2000. – 112.
5. Barashikov A.Y. Assessment of technical condition of building structures and buildings // A.Y. Barashikov, A.N. Malishev. – Kyiv, 1998. – 250.
6. Regulations on surveys, certification and reliable operation of industrial buildings and structures // *State Committee for Architecture and Gosnadzorohrantruda Ukraine*. – Kyiv, 1997. – 145.
7. Regulations on surveys, certification, safe and reliable operation of industrial buildings and structures. – Kyiv : SRIBP, 2003.–144.
8. Terms estimate physical deterioration of residential buildings (VSN 53-86 (p)) // *State civil engineering*. – Moscow: Prices izdat, 1988. – 72.
9. Emanov A.F. Technology diagnosis and monitoring of building structures based on a study of microseismic oscillations / A.F. Emanov, L.A. Sklyarov // *Prevention of accidents buildings and structures: Collection of scientific papers*, v 8. –Moscow, 2009. – 63-72.
10. Zavalishin S.I. Dynamic monitoring of buildings and structures to control their seismic resistance. / S.I. Zavalishin, G.E. Shablonskiy, D.A. Zybkov, A.A. Romyantsev // *Prevention of accidents buildings and structures: Collection of scientific papers*, v.8. –Moscow, 2009. – 42-53.

Посилання на публікацію

- APA Terent'ev, Alexandr, Shabala, Yevgeniya, & Malina, Bogdan (2015). Information technology of buildings of technical diagnostic based research microseismic vibrations. *Management of Development of Complex Systems*, 23 (1), 133-139. [dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4610.2482](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4610.2482)
- ГОСТ Терентьев О.О. Информационная технология системы диагностики технического stanu будівель на основі дослідження мікросейсмічних коливань [Текст] / О.О. Терентьев., Є.Є Шабала., Б.С. Малина // *Управління розвитком складних систем*. – 2015. – № 23 (1). – С. 133-139. [dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4610.2482](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4610.2482)