

Рис. 4. Інтерфейс програми мультифрактального аналізу детрендованих флуктуацій

Елементи управління можливо розміщувати тільки на початку комірки. Це обумовлено архітектурою СКМ SAGE: після початку обчислень код програми передається на сервер, який повертає, або сформований скрипт для формування елементів управління. Кожний елемент управління відправляє на сервер інформацію про свій стан і тільки після отримання цієї інформації виконується функція-обробник даного інтерфейсу. Дана архітектура не дозволяє чергувати елементи управління і результати обчислень. Однак структуру елементів управління можна змінити з урахуванням значень елементів управління даної комірки.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Архітектурні особливості систем комп'ютерної математики SAGE дозволяють створювати інтерактивні інтерфейси, зокрема інтерфейси для програм моделювання структурних характеристик складних динамічних систем. Практична значущість застосування інтерактивних інтерфейсів дозволяє підвищити якість створених моделей та компонентів СКМ SAGE.

Наведені інтерфейси моделей з серії моделей, що дозволяють досліджувати складні динамічні системи за допомогою різних сучасних підходів та парадигм [3].

Список літератури

1. Синергетичні та екофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем: монографія / [В. М. Соловйов, В. Д. Дербенцев, О. А. Сердюк, О. Д. Шарапов]. – Черкаси : Брама-Україна, 2010. – 287 с.
2. Соловйов В. М. Математична економіка : навчально-методичний посібник для самостійного вивчення дисципліни / В. М. Соловйов. – Черкаси, 2008. – 137 с.
3. Хараджян Н. А. Моделювання складних економічних систем / В.М. Соловйов, В.В. Соловйова, Н. А. Хараджян – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2010. – 119 с.
4. Sage: Open Source Mathematics Software [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.sagemath.org/>.
5. /Stein W. Sage Programming Guide / Stein W., Joyner D. – 2008. – 86 p.

Рукопис подано до редакції 17.03.13

УДК 627.832

Д.В. ПОПРУГА, канд. техн. наук, доц., О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф.
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ПРОБЛЕМИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Розглядаються основні проблеми діагностики технічного стану будівель та споруд. Аналізуються наукові основи побудови системи моніторингу та прогнозу технічного стану будівель і споруд.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Значна кількість випадків катастрофічного руйнування будівель та споруд, що відбуваються в останні роки у різних державах незалежно від рівня їх розвитку, говорить про гостру необхідність застосування новітніх технологій діагностики та моніторингу будівель та споруд.

Існуючі підходи діагностики носять локальний, руйнівний характер та спираються, в першу чергу, на візуальний та міцностний контроль з відбором проб матеріалу та вивченням конструктивного виконання окремих конструктивних елементів шляхом розкриття вузлів, захисних шарів та інше. Виконуючи локальний контроль, можна не визначити головний механізм та причини вразливості об'єкту до впливу можливих навантажень [1].

Аналіз останніх досліджень. Дослідженню конструкцій та споруд, що підлягають підсиленню, присвятили свої роботи А.Я. Барашиков, С.В. Бондаренко, Б.А. Боярчук, Г.В. Гетун, О.Б. Голишев, О.Ю. Єрьоменко, О.Д. Журавський, І.В. Задорожнікова, П.І. Кривошеєв, Є.Ф. Лисенко, Г.А. Молодченко, Л.А. Мурашко, Й.П. Новаторський, Р.С. Санжаровський, П.О. Сунак, Г.Н. Хайдуков, О.Л. Шагін, В.С. Шмуклер, А. Касасбех, Г.В. Чанг, Л.М. Лі, М.А. Максур і багато інших.

Постановка задач досліджень. Перед авторами було поставлене завдання проаналізувати сучасні системи моніторингу і діагностики технічного стану будівель та основні проблеми пов'язані із цим.

Методика та результати досліджень. Технічний стан будівлі - це сукупність якісних і кількісних показників, що характеризують експлуатаційну придатність будівлі та її частин порів-

няно з їх гранично допустимими значеннями.

Стан окремих конструкцій будівель і споруд визначається ступенем їх пошкодження та зносу. Оцінювання технічного стану конструкцій проводиться з метою встановлення небезпеки їх руйнування, тобто ступеня її критичного стану, а також можливості подальшого використання конструкції (з підсиленням або без нього). Це оцінювання проводиться на основі натурного огляду, інструментальних досліджень, а також перевірних розрахунків або випробувань.

Перед інженерами-будівельниками стоїть завдання оцінювання технічного стану та надійності, розв'язання питання про можливість їх подальшої нормальної експлуатації або реконструкції й підсилення. Розв'язання поставлених завдань пов'язане з обстеженням конструкцій будівель та споруд, результати якого дають змогу підготувати відповідні рекомендації. На їх основі інженери-проектувальники розробляють необхідні конструктивні рішення.

Важливою складовою частиною комплексу робіт з оцінювання технічного стану конструкцій та будівель і споруд у цілому є обстеження. Метою обстеження є встановлення реальної несучої здатності й експлуатаційної придатності будівельних конструкцій та основ для використання цих даних при визначенні їх надійності, необхідності підсилення і розробленні проекту реконструкції.

Традиційно обстеження будівельних конструкцій складається з трьох основних етапів:

початкове ознайомлення з проектною документацією, робочими та виконавчими кресленнями, актами на приховані роботи;

візуальний огляд об'єкта, складання плану обстеження будівлі або споруди, проведення комплексу досліджень неруйнуючими методами;

аналіз стану споруди і розроблення рекомендацій до усунення виявлених дефектів [2].

Існуючі підходи діагностики носять локальний, руйнівний характер та спираються, в першу чергу, на візуальному та міцностному контролі. Ідеальною схемою діагностики є відтворення на реальному об'єкті з реальними умовами впливу проектуємих навантажень, або пропорційно зменшених навантажень в межах чутливості апаратури. Найбільш небезпечними та найменш вивченими навантаженнями є динамічні, що потребують використання сучасних комп'ютерних технологій для постійного моніторингу стану існуючих будівель та споруд [1].

Сучасні методи визначення категорії деформаційного (технічного) стану конструкцій будівель, ґрунтуються на традиційному їх обстеженні і успішно використовуються для звичайних будівель і споруд, але економічно малопродатні для висотних будівель в силу надмірної трудомісткості і високої вартості виконання великого об'єму обстежень.

У зв'язку з цим для висотних будівель виникає необхідність попереднього виявлення (ранньої діагностики) змін напружено-деформованого стану конструкцій і локалізації місць такої зміни з використанням інших методів, не пов'язаних з прямим доступом до несучих конструкцій і не вимагаючих істотних фінансових і трудових витрат для реалізації. Для таких цілей вже досить давно і особливо в останні 10-15 років використовуються динамічні методи зондування будівель і споруд, що ґрунтуються на вимірі періодів і логарифмічних декрементів власних коливань їх несучих конструкцій. Ця методика ґрунтується на аналізі зміни передатних функцій, побудованих для різних по висоті ділянок будівлі [3].

Актуальність проблеми моніторингу і останні тенденції інтенсивного будівництва в Україні великих будівельних об'єктів, у тому числі у рамках підготовки до відповідальних заходів (Євро-2012), визначили необхідність створення нових елементів забезпечення конструктивної безпеки. Одними з таких нових елементів є автоматизовані системи моніторингу і прогнозу технічного стану будівель і споруд.

Завдання і етапи створення системи моніторингу визначаються так, щоб максимально забезпечити відповідність основної мети системи моніторингу: контроль технічного стану будівельних конструкцій і рання діагностика виникнення небезпечних чинників, загрозливих механічній безпеці об'єкту.

Для досягнення вказаної мети при створенні системи моніторингу мають бути вирішені наступні завдання:

розробка моделі загроз;

виявлення особливостей конструктивних рішень об'єкту;

визначення складу контрольованих елементів;

визначення складу контрольованих параметрів;

розробка алгоритму і критеріїв ухвалення рішень за оцінкою поточного технічного стану об'єкту;

розробка алгоритму і критеріїв ухвалення рішень за прогнозом технічного стану об'єкту.

Відповідно до встановленої практики і вимог нормативно-методичних документів, система моніторингу технічного стану будівель розробляється на стадії проектування, встановлюється на етапі будівництва і використовується на етапі будівництва і експлуатації для контролю стану будівельних конструкцій.

На етапі проектування визначають модель загроз, реалізація яких може викликати погіршення технічного стану об'єкту. Модель загроз розробляється виходячи з місця розташування об'єкту (кліматичних і геологічних умов), конструктивних особливостей, функціонального призначення. При описі моделі загроз наводяться дані про можливі навантаження на проєктований об'єкт. Модель загроз може включати наступні види природних і техногенних навантажень :

сейсмічна (вібраційна);

снігова;

вітрова;

експлуатаційна (навантаження від устаткування, людей);

кліматична.

На підставі моделі загроз визначають склад контрольованих параметрів, правила обробки і критерії оцінки технічного стану об'єкту.

Для визначення розрахункових(допустимих) значень контрольованих параметрів розробляється математична і комп'ютерна модель об'єкту з використанням сучасних засобів кінцево-елементного аналізу (ANSYS, Лира, MicroFe та ін.).

На підставі складу контрольованих параметрів має бути визначений конкретний склад вимірюваних фізичних величин (деформації, коливання, тиски та ін.) і устаткування системи моніторингу.

На етапі будівництва здійснюють установку устаткування системи моніторингу (датчики деформації, тиску, температури, акселерометри, тахеометри, датчики акустичної емісії). В процесі будівництва здійснюють моніторинг з використанням встановленого устаткування, результати якого порівнюють з отриманими значеннями контрольованих параметрів на основі математичного моделювання. Після закінчення будівництва має бути перевірена адекватність математичної моделі (при необхідності вона має бути відкоригована) і уточнені правила обробки результатів моніторингу і критерії ухвалення рішень (при необхідності).

Основним питанням при побудові системи моніторингу несучих конструкцій є питання про те, що треба контролювати, які параметри і елементи конструкцій є критичними і такими, що підлягають автоматизованому (автоматичному) контролю.

Однозначної відповіді на це питання існувати не може, оскільки, як правило, будь-яка несуча конструкція є відповідальною, у будь-якій конструкції може бути допущений або заводський брак при її виготовленні, або дефекти при виконанні будівельних робіт. Контроль абсолютно усіх конструкцій об'єкту не рентабельний і не доцільний, тому основною метою при розробці методики моніторингу об'єкту має бути визначення оптимального складу конструктивних елементів і параметрів контролю, який дозволить якнайповніше оцінити стан конструктивних елементів об'єкту.

Вибір оптимального складу конструктивних елементів і параметрів контролю здійснюється експертним шляхом індивідуально для кожного об'єкту. При цьому необхідно враховувати такі чинники, як відповідальність об'єкту, фінансові обмеження, місцезнаходження об'єкту, надійність проектних рішень. Чинники місцезнаходження (кліматичні і інженерно-геологічні умови знаходження об'єкту) і надійність проектних рішень (використання складних нетипових конструктивних вузлів, великих прольотів і консолей, неапробованих проектних рішень і матеріалів і так далі) визначають потенційні загрози, реалізація яких може спричинити погіршення стану конструктивних елементів або їх руйнування.

У основі вибору контрольованих елементів і параметрів повинен лежати ретельний аналіз конструктивних рішень об'єкту, потенційних загроз із застосуванням результатів математичного моделювання і інженерних розрахунків виникнення і розвитку небезпечних чинників.

В результаті цієї роботи формується таблиця з вказівкою наступної інформації : контрольований елемент, контрольований параметр, розрахункове значення контрольованого парамет-

ра, допустиме відхилення контрольованого параметра. Аналіз і обробка реєстрованих системою моніторингу параметрів може здійснюватися різними взаємно доповнюваними методами моніторингу і прогнозу технічного стану будівель і споруд.

Метод регресійного аналізу для виявлення і прогнозу негативних змін. Функціонування системи моніторингу технічного стану несучих конструкцій дозволяє відстежувати зміну поточного стану будівлі і накопичувати відповідний інформаційний банк даних. Результати роботи системи моніторингу є базою для здійснення прогнозу технічного стану об'єкту.

Використання регресійного аналізу дає можливість виявляти трендові залежності зміни контрольованих параметрів і прогнозувати зміну контрольованого параметра на заданий часовий інтервал з метою визначення майбутнього технічного стану об'єкту.

Використання методів математичного моделювання і прогнозних значень контрольованих параметрів, отриманих шляхом регресійного аналізу, дозволяє здійснити прогноз майбутнього стану об'єкту у разі, якщо не будуть прийняті заходи по відвертанню розвитку негативних процесів, що викликають зміну значень контрольованих параметрів.

Для визначення майбутнього технічного стану об'єкту з усієї сукупності контрольованих параметрів можуть бути узяті найбільш мінливі до протікаючих негативних процесів параметри, наприклад, параметр - крен фундаментної плити будівлі. Далі по цих параметрах визначають їх тренди (наприклад, тренд зміни крену з часом), екстраполюють трендові значення параметрів на заданий часовий інтервал (наприклад, прогнозують, яким буде крен через 5 років, ґрунтуючись на поточній швидкості його зміни) і визначають на основі даних екстраполяції параметрів прогнозні розрахункові значення параметрів (деформації, частоти, переміщення і так далі), що залишилися, за результатами математичного моделювання. Таким чином визначається уся сукупність прогнозних значень контрольованих параметрів і, порівнюючи їх з гранично допустимими значеннями, здійснюється оцінка майбутнього стану будівлі.

Метод багатофакторного аналізу виявлення і прогнозу технічного стану будівельних об'єктів. Багатофакторний аналіз є напрямом математичної статистики і ґрунтується на виявленні із статистичних даних загальних чинників, які найсильніше їх представляють.

Одним з різновидів факторного аналізу є метод головних компонентів, що ґрунтується на аналізі ковариаційної матриці статистичних даних, обчисленні власних значень і векторів.

Ковариаційна матриця показує міру взаємозв'язку статистичних даних; обчислення власних векторів ковариаційної матриці дозволяє визначити нові змінні (чинники), які якнайповніше описують набір початкових даних.

Новою сферою застосування багатофакторного аналізу є моніторинг будівельних об'єктів. Системи моніторингу будівель здійснюють реєстрацію і запис статистичних даних, що є зміною контрольованих параметрів з часом. Ці статистичні дані підлягають подальшій обробці з метою отримання інформації про зміну і прогноз напружено-деформованого стану будівельного об'єкту.

Аналіз ковариаційної матриці контрольованих параметрів дозволяє судити про взаємозв'язок змін одних контрольованих параметрів або груп контрольованих параметрів відносно інших, а також виділити загальні чинники, відповідальні за такі взаємозв'язки. Аналіз ковариаційної матриці і контроль виділених чинників дозволяють вже на новому рівні судити про зміну напружено-деформованого стану будівлі, про надійність роботи датчиків системи моніторингу і точності реєстрації параметрів. Наприклад, деякі чинники можуть відповідати за напружено-деформований стан будівельних конструкцій або окремо взятих конструктивних елементів, і зміна цих чинників свідчатиме про зміну напружено-деформованого стану відповідних будівельних конструкцій. Виділення і контроль зміни чинників дозволить також скоротити об'єм оброблюваною системою моніторингу інформації, тим самим спростивши аналіз інформації і складність системи [4].

Висновки. Для ефективної оцінки технічного стану будівель та споруд традиційних методів контролю недостатньо. Існуючі підходи діагностики носять локальний, руйнівний характер та спираються, в першу чергу, на візуальному та міцностному контролях. Виконуючи локальний контроль, можна не визначити головний механізм та причини вразливості об'єкту до впливу можливих навантажень. Ідеальною схемою діагностики є відтворення на реальному об'єкті з реальними умовами впливу проектуємих або пропорційно зменшених навантажень.

Для аналізу технічного стану висотних будівель в останні 10-15 років використовуються динамічні методи зондування будівель і споруд, що ґрунтуються на вимірі періодів і логариф-

мічних декрементів власних коливань їх несучих конструкцій.

Достатньо новою, але досить ефективною, є система автоматизованого моніторингу технічного стану, що застосовується на етапі проектування, будівництва та експлуатації будівель і споруд.

Список літератури

1. **Нигметов Г. М.** Проблема мониторинга инженерной безопасности зданий и сооружений / Технологии гражданской безопасности, 2004, №2, URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/problema-monitoringa-inzhenernoy-bezopasnosti-zdaniy-i-sooruzheniy> (дата обращения: 28.03.2013).
2. **Валовой О.І.** Проектування технологія та організація будівництва. Зведення і ремонт будівель та споруд. Том V “Реконструкція промислових будівель та споруд”: Довідково-методичний навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком “Будівництво” / **О.І. Валовой**. - Кривий Ріг: Видавничий дім, 2009. - 480 с.
3. Особенности диагностики технического состояния несущих конструкций высотных зданий / Уникальные и специальные технологии в строительстве. – №1, 2004.
4. **Шахраманьян А.М.** Системы мониторинга и прогноза технического состояния зданий и сооружений. Теория и практика / Русский инженер. – №1 (28) – 2011. – с.54 – 64.

Рукопис подано до редакції 17.03.13

УДК 338.5: 658 (075.8)

В.П. ХОРОЛЬСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф., Д.В. ХОРОЛЬСЬКИЙ, аспірант,
М.О БАБЕНКО, магістр, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ЕНЕРГОБЕЗПЕКА ПІДПРИЄМСТВ В ПРОМИСЛОВОСТІ І В БУДІВНИЦТВІ

Розглянуто проблеми енергобезпеки підприємств будівельної галузі в умовах після кризового розвитку, розроблено модель енергобезпеки ПАТ та алгоритм роботи системи енергоменеджменту публічного акціонерного товариства.

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Енергетична безпека відіграє ключову роль щодо забезпечення конкурентоспроможності національної економіки і її галузей - будівельної та гірничо-металургійного комплексу, що функціонують на території Криворіжжя.

Збільшити конкурентоспроможність даних галузей на стратегічному періоді до 2020 р. можливо за рахунок проведення всеохоплюючої політики енергозбереження, шляхом здійснення структурної перебудови економіки щодо її енергозатратності, стимулювання упровадження енергозберігаючих технологій, енергоменеджменту, запровадження суворого обліку та контролю та енергоспоживанням усіх користувачів без винятку, здійснення корпоративного технологічного переоснащення усіх споживачів електроенергії, мотивації персоналу підприємств до впровадження інновацій в системі управління енергозабезпеченням підприємства.

Для вирішення проблеми енергозбереження на підприємствах будівельної галузі потрібно розробити та впровадити системи енергоменеджменту [1], які забезпечують системний підхід до управління енергоспоживанням. Під енергетичною безпекою підприємства слід розуміти ступінь захищеності його енергопостачання від зовнішніх і внутрішніх загроз в умовах нормального функціонування з урахуванням перспективи стратегічного розвитку до 2020 року, а також ступінь енергозабезпечення мінімально необхідних потреб в енергії в надзвичайних ситуаціях [2].

Аналіз досліджень та публікацій. Над науковою проблемою розробки методів управління енергозбереженням та енергобезпекою з метою стабільного розвитку підприємств будівельної та гірничо-металургійної галузей працює ряд вітчизняних вчених: Півняк Г.Г.[3], Микитенко В.В.[4], Гайдук В.М. [5], Гладій В.М [6].

Із впровадженням на підприємствах систем енергоменеджменту з'явилася можливість ефективного енергозбереження та підвищення енергетичної безпеки публічних акціонерних товариств (ПАТ) в умовах забезпечення їх після кризового сталого соціально-економічного розвитку.

Постановка завдання. На сучасному етапі розвитку функціонування корпоративних підприємств їх інноваційний розвиток в значній мірі визначається забезпеченням їх потреб у енергетичних ресурсах. Серед них важливу роль відіграє електроенергія. Від кількості і якості поставленої підприємству електроенергії залежить кількість і якість виробленої на підприємстві продукції, ефективність функціонування устаткування підприємства, ступінь інформаційного забезпечення підприємства, умови праці його працівників. Тобто рівень забезпечення корпора-