

8. Галинский А.М. Подбор состава твердеющего раствора для устройства горизонтального противофильтрационного экрана / А.М. Галинский // *Строительные материалы и изделия*. — Киев : НИИ-ИСМИ, 2015. — № 3-4. — С. 24-29.

9. Технологічна карта влаштування горизонтального протифільтраційного екрану під існуючими спорудами з використанням технології горизонтально направлено буріння / О.М. Галінський, С.А. Марчук, О.М. Чернухін // *Технологічна карта*. — К. : ДП "НДІБВ", "ЦП "КОМПРИНТ", 2015. — 60 с.

**АНОТАЦІЯ.** Розглянуто завдання створення нової технології влаштування горизонтального протифільтраційного екрану під спорудою з метою захисту ґрунтів від забруднення техногенними стоками. Проведено експериментальні дослідження з визначення впливу технологічних факторів на показники процесу влаштування горизонтального екрану під дією вертикального тиску. Підібраний склад глино-цементно-піщаного розчину, що твердіє, який дозволяє отримати найменшу водопроникність екрану. На основі отриманих залежностей обґрунтований вибір основного комплексу машин і устаткування для нової технології влаштування горизонтального екрану.

**Ключові слова:** горизонтальний протифільтраційний екран; експеримент; технологічні фактори; розчин.

**ABSTRACT.** The problem of creation of new technology for the device horizontal impervious screen under construction to protect the soil from contamination by man-made drains. Experimental studies to determine the impact of technological factors on the process performance of the device's horizontal screen. Picked up the hardening composition of the clay-cement-sand mortar, allowing you to get the lowest permeability screen. On the basis of the dependencies justification of the choice of the basic set of machinery and equipment for the new technology devices horizontal screen.

**Key words:** horizontal impervious screen; experiment; technological factors; solution.

УДК 69.059.4 Б 43

**Гайдайчук В.В., д.т.н.; Белов І.Д., к.т.н.;  
Вабіщевіч М.О. к.т.н.; Дедов О.П., к.т.н.,  
КНУБА, м. Київ**

## ДІАГНОСТИКА І МОНІТОРИНГ УНІКАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

### АНОТАЦІЯ

В статті розглянутий стан нормативної документації по забезпеченню конструктивної безпеки будівельних об'єктів в Україні. Розроблена методологія діагностики, основний порядок і етапи проведення моніторингу. Наведені принципи математичного моделювання об'єктів будівництва. Надані практичні приклади компонування систем раннього виявлення дефектів, приведена комплексна структура вимірювань та приклади технічного оснащення.

**Ключові слова:** вібрація, діагностика, конструктивна безпека, математичне моделювання, моніторинг, надійність.

**Вступ.** При збільшенні масштабів будівництва складних об'єктів з унікальними архітектурно-інженерними рішеннями, задача збереження безпеки та експлуатаційної надійності, як основних конструкцій, так і об'єкта в цілому все більше стає актуальною. Основним інформаційним джерелом для розв'язання цієї задачі є постійне або періодичне діагностування будівель і споруд, особливо тих, які належать до четвертої або п'ятої категорій складності і за можливими наслідками відмов до класів СС2-3[3]. В системі забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів діє основний нормативний документ ДБН В.1.2-14-2009 "Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ", який регламентує комплекс вимог, пов'язаний із забезпеченням конструктивної безпеки будівельних об'єктів впродовж їх життєвого циклу, у тому числі діагностування і моніторинг будівель та споруд (розділ 9)[1].

**Мета** — створення методології діагностики і моніторингу та забезпечення єдиного підходу реалізації діагностично-моніторингових систем для унікальних будівельних об'єктів.

Технічне діагностування і прийняття на його підставі управлінських рішень дозволяє оперативно

визначати і ліквідувати деструктивні явища викликані в силу якихось обставин в періоди зведення і експлуатації. В закордонній практиці цей процес має термін "Structural health Monitoring" (SHM), що найбільш точно підходить до визначення стану будівельних об'єктів, сенсом якого є збереження "технічного здоров'я" конструкцій, завдяки своєчасному втручанням і можливості забезпечити нормальну експлуатацію з мінімальними витратами. Для складних і унікальних об'єктів, діагностування базується на інформації отриманій від вимірювальних незалежних комплексів з різними контрольованими параметрами. Це дозволяє отримувати надійні дані про технічний стан на будь-якому етапі життєвого циклу об'єкта, можливі відмови та фізичні процеси, що призводять до відмов.

Основою організаційної структури технічного діагностування є спостереження за змінами показників параметрів стану будівельного об'єкта, оцінювання змін і прийняття оперативних рішень щодо забезпечення проектною надійності і безпеки. Кількість і види контрольованих параметрів визначаються результатами попереднього обстеження, вимогами нормативної і проектною документації, даними скінчено-елементного розрахунку об'єкта з урахуванням реальних даних, розроблених Програми контролю за технічним станом на визначений період і т.п.[4,9].

Основним інструментом діагностування являється постійний або періодичний моніторинг будівель і споруд[7,8]. Загальна мета моніторингу — виконання системного контролю на відповідність критеріям визначених параметрів. Для отримання достовірної інформації про об'єкт використовуються системи моніторингу, оснащені датчиками з різними властивостями і способами дії, що створює систему глобального контролю конструктивних елементів і дозволяє отримувати дані реакцій об'єкта на зовнішні і внутрішні впливи, а саме:

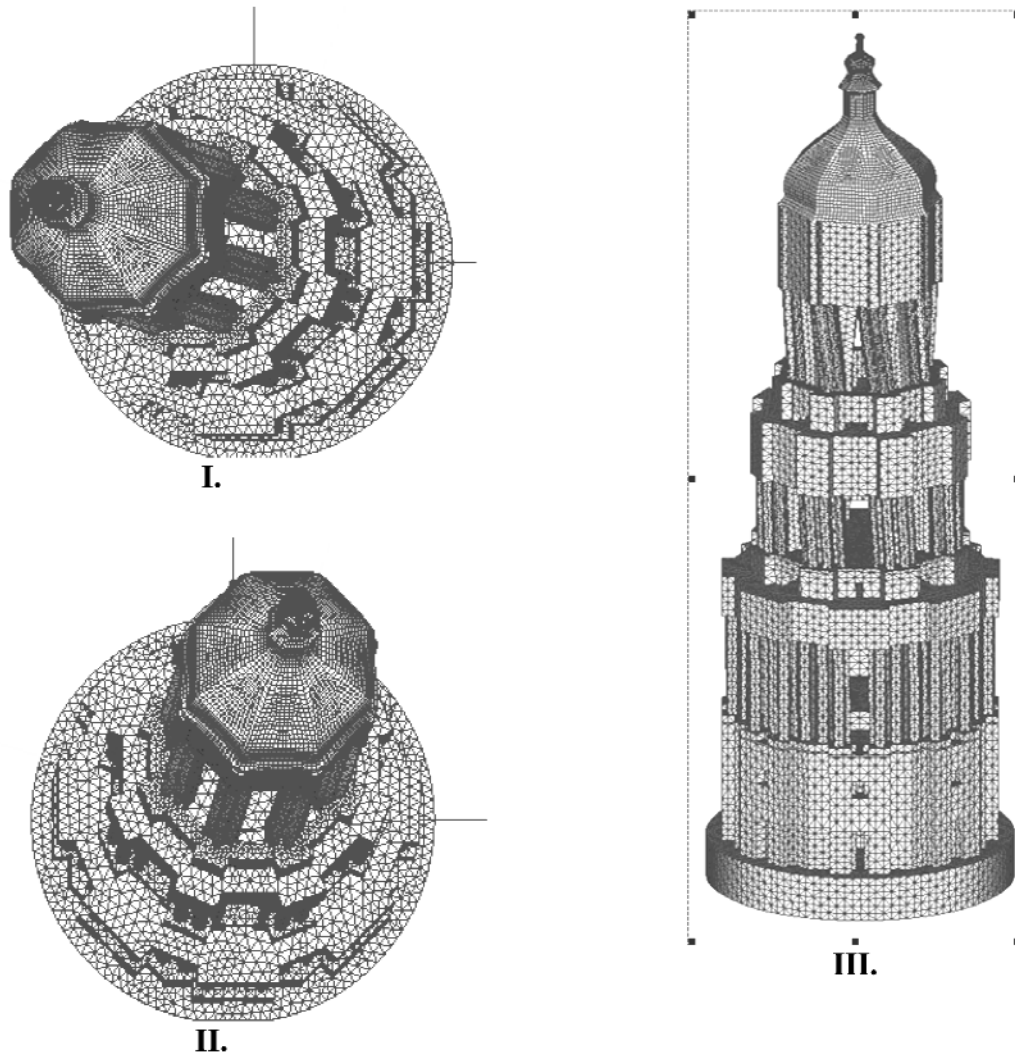
- переміщення об'єкта та окремих елементів в просторі у вигляді нахилів, прогинів, осідань, кренів тощо;
- деформації в будівельних конструкціях;
- зміни динамічних параметрів будівельних конструкцій і будівлі в цілому;
- зміни в середовищі, що оточує об'єкт моніторингу.

Влаштування моніторингових систем доцільно під час зведення об'єкту в зв'язку з обмеженням або з відсутністю доступу до основних несучих еле-

ментів після завершення будівництва. У разі відсутності доступу до конструкцій і початку моніторингу на стадії експлуатації, потребуються інші методи діагностування, що дозволяють і в процесі експлуатації своєчасно, на початкових стадіях розвитку, виявляти небезпечні процеси в будівельних об'єктах. І в першому і в другому випадках розроблення систем моніторингу для оперативного діагностування складних, нестандартних об'єктів є актуальною задачею. Слід відмітити, що процеси розроблення і розвитку систем діагностування і моніторингу в Україні розвиваються дуже повільно, простіше сказати практично стоять на місці. Як правило, системи контролю конструктивної безпеки і надійності залишаються на папері або зроблені формально. Яскравим прикладом цьому є Національний спортивний комплекс "Олімпійський" на 70 тисяч глядачів, на якому, не дивлячись на рекомендації науково-технічного супроводу, виконаного ДП НДІБК під час реконструкції комплексу, система моніторингу і діагностування не була встановлена[10]. Аналогічна ситуація і в багатоповерховому будівництві. На сьогоднішній день доволі важко знайти новозбудовані або експлуатовані об'єкти, що за класом наслідків належать до ССЗ, на яких встановлені системи конструктивної безпеки несучих елементів. Тому є ряд причин:

1. відсутність ефективної державної політики, направленої на конструктивну безпеку потенційно небезпечних будівельних об'єктів;
2. відсутність нормативної, методичної і кошторисної документації для створення систем діагностики і моніторингу (на теперішній час в Україні актуальні 4-5 нормативних документів, а методичні і кошторисні нормативи відсутні або застаріли, що не дає можливості скласти проектно-кошторисну документацію і визначити вартість робіт при необхідності проектування і встановлення систем діагностування);
3. відсутність вітчизняної промислової бази для виготовлення вимірювальних параметричних приладів і обладнання для оброблення інформації;
4. відсутність фінансування на створення моніторингових діагностичних систем;
5. не бажання будівельних компаній нести витрати на конструктивну безпеку об'єктів.

Тому не викликає подиву той факт, що одна із найбільших спортивних арен Європи не має діючої системи діагностування і безпеки будівельних конструкцій.



**Рис.1.** Розрахункова модель: перші три форми власних коливань дзвіниці, розраховані шляхом математичного моделювання. I. перша форма коливань (2,2342 Гц), II. друга форма коливань (2,2366 Гц), III. третя форма коливань (3,8958 Гц)

Створення систем діагностування і контролю будівельних об'єктів потребує вирішення достатньо складних але реальних задач, а саме:

1. обов'язковість нормування розроблення діагностично-моніторингових систем для категорій будівельних об'єктів, які визначені в [1,2] (на сьогодні в Мінрегіоні України розміщена перша редакція ДСТУ-Н ... "Науково-технічний моніторинг об'єктів будівництва", сумісної розробки НДІБК і КНУБА);

2. розроблення методології єдиного підходу створення діагностично-моніторингових систем для об'єктів різного технологічного призначення;

3. створення вітчизняної виробничої бази для виготовлення первинних приладів для безпосереднього вимірювання параметрів технічного стану;

4. розроблення систем апаратно-програмних

комплексів збирання і накопичення інформації, організації первинної та послідууючої її обробки і накопичення в базі даних; рішення задач прогнозування надійності і безпеки подальшої експлуатації об'єкта;

5. обов'язкова ідентифікація і загальна паспортизація об'єктів будівництва.

#### **Приклади виконання моніторингу на відповідальних об'єктах**

Об'ємні складні об'єкти достатньо важко контролювати стандартними статичними інструментальними обстеженнями внаслідок їх значної трудомісткості і тривалості. Тому на сьогоднішній день актуальними є технології, що дозволяють отримати необхідну інформацію з мінімальними затратами трудових та економічних ресурсів. Серед таких технологій можна виділити вібраційну діагностику

**Таблиця 1. Порівняння теоретичних та експериментальних (за прискоренням) власних частот коливань дзвіниці.**

Рівні вимірювань	Перша форма власних коливань, теоретичне значення частоти 2,2342 Гц	Друга форма власних коливань, теоретичне значення частоти 2,2366Гц	Третя форма власних коливань, теоретичне значення частоти 3,8958 Гц
	Експериментальна частота (Гц)	Експериментальна частота (Гц)	Експериментальна частота (Гц)
1- відм.0.00	2.1997	2.5516	-----
2- відм.11,5	2.2432	2.5864	3.6236
3- відм.30,8	2.2299	2,569997	3,659996
4- відм.33,6	2.2086	2.557	3.6791
5- відм.50.9	2,229998	2.5675	3.6992

будівель і споруд, яка базується на визначенні та аналізі динамічних характеристик будівельного об'єкта, зміна яких, внаслідок змін властивостей оточуючого середовища і зовнішніх вібраційних впливів (мікросейсмічний фон), відповідно відображається у його відгуках і реакціях.

Для використання вібраційної діагностики, як і інших видів моніторингу, застосовується системний підхід, який включає: проведення первинного візуально-інструментального обстеження об'єкта і визначення відповідності прийнятих конструктивних рішень — проектним; побудову за отриманими результатами математичної моделі та перевірку її адекватності на основі тестових розрахунків, проведення натурних вимірювань параметрів стану існуючого об'єкта, уточнення моделі; встановлення критеріїв оцінювання контрольованих параметрів, виконання експериментальних досліджень та їх аналіз.

За загальноприйнятою практикою перевірка власних динамічних параметрів об'єкта відбувається з періодичністю в 2 роки. При відхиленні критеріїв поточних вимірювань більше ніж на 10% від попередніх, об'єкт підлягає інструментальному обстеженню для визначення причин змін. Якщо значення параметрів коливань не змінилися, експлуатація продовжується. Розглянута методика є особливо актуальною для висотних, велико-прогінних і архітектурно-складних споруд, в яких відсутній доступ до окремих вузлів і конструкцій. Практичні застосування комплексного підходу для діагностування відповідальних об'єктів наведені нижче.

Велика дзвіниця Успенського собору — історичний пам'ятник архітектури, пам'ятка національного значення і визначна споруда Києво-Печерської Лаври. Дзвіниця збудована в 1731-1744 рр. за проектом архітектора Й.Г. Шеделя і являє цег-

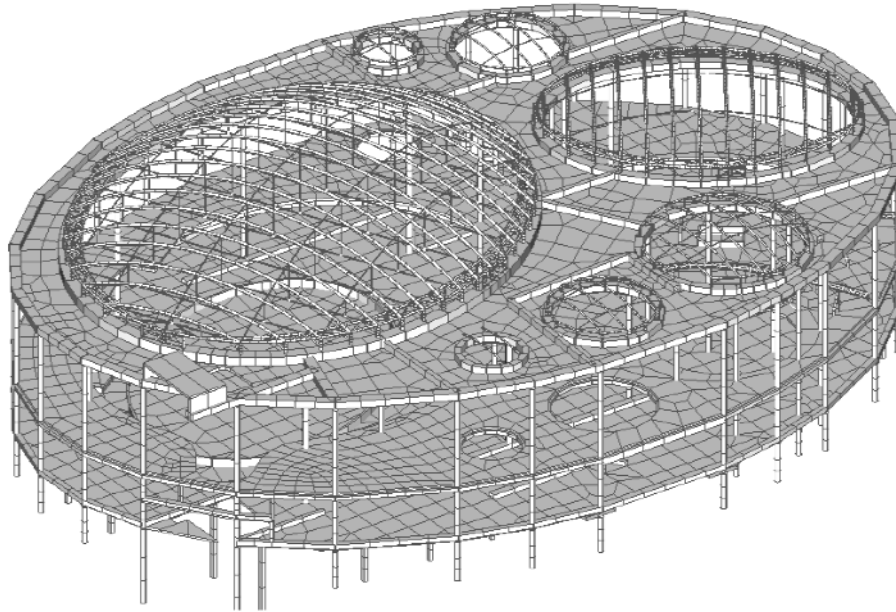
ляну восьмигранну в плані (діаметром в основі 28,8 м), чотириярусну башту висотою 96,87 м. Кожен вищий ярус має менший діаметр в порівнянні з попереднім.

Експериментальна перевірка розробленої моделі і методики динамічного діагностування здійснювалась методом вимірювання відгуків дзвіниці на вплив мікросейсмічного фону, що дозволило отримати ряд діагностичних ознак, а саме: змін власних частот і форм коливань об'єкта, спектрального розподілу величин вібропереміщень, віброшвидкостей і віброприскорень. На основі аналізу значень вимірних параметрів сейсмічних коливань підтверджена можливість ефективного і достатньо швидкого діагностування глобального технічного стану об'єкта та основних його елементів[5,6,7].

Математична розрахункова модель побудована в програмному комплексі Nastran за результатами геометричних обмірів дзвіниці з урахуванням властивостей матеріалів та результатів натурних обстежень і геологічних вишукувань. Скінчено-елементна модель утворена за допомогою пірамідальних елементів з заданими фізико-механічними характеристиками, які відповідають характеристикам цегляної кладки дзвіниці, одержаним із експериментальних досліджень.

Виконані статичні та динамічні розрахунки для всієї дзвіниці на зовнішні навантаження, зокрема власної ваги споруди з урахуванням початкового ексцентриситету (0,6м) від нахилу. В результаті скінчено-елементного розрахунку отримані дані напружено-деформованого стану моделі та визначені частоти трьох перших форм коливань (рис. 1).

Експериментальні дослідження проводились в умовах експлуатації об'єкта. Вимірювання динамічних параметрів досліджуваної конструкції виконувались одночасно двома сейсмометрични-



*Рис. 2. Розрахункова модель блоку 7*

ми пристроями: акселерометром ZET 048C і велосиметром GURALP CMG-40T

Перед початком роботи прилади синхронізувалися у часі та в просторі по трьом осям вимірювання X, Y та Z в ортогональній Декартовій системі координат.

Одночасна реєстрація динамічних параметрів різними приладами дозволила перевірити якість отриманих даних та підвищити їх достовірність.

Вимірювання виконувались на чотирьох рівнях, в тому числі на поверхні ґрунту поблизу дзвіниці, на відстані 10м, для визначення мікросейсмічного фону довкілля. Точки спостережень розташовувалися у прорізах зовнішніх несучих стін з метою виключення фонових впливів від другорядних елементів.

Для кожного рівня були отримані осцилограми мікроколивень дзвіниці, на основі яких визначені амплітуди коливень споруди. Спектральний аналіз покомпонентних записів прискорення на різних поверхнях дзвіниці, виконаний за допомогою дискретного перетворення Фур'є у програмному середовищі ZETLAB, дозволив отримати амплітудно-частотні характеристики та визначити основні гармоніки коливень споруди (таблиця 1). Відмічена близькість експериментальних і теоретичних власних частот коливень дзвіниці, що підтверджує адекватність математичної моделі та задовільний технічний стан об'єкта.

Слід зауважити, що комплексна оцінка технічного стану конструкцій досягається при вико-

ристанні кількох методів неруйнівного контролю і співставленні результатів технічного діагностування. В наступному прикладі вирішена задача впровадження науково-технічного моніторингу на стадії завершення будівництва торгово-розважального комплексу з розмірами в плані 266 на 497 метрів на Кільцевій дорозі в м. Києві.

На підставі результатів виконаних обстежень побудована математична модель об'єкта, виконані розрахунки статичних і динамічних характеристик, сформована архітектура системи автоматичного контролю змін технічного стану об'єкта на експлуатаційний період.

За наслідками (відповідальністю) комплекс належить до класу ССЗ, а за складністю — до V категорії.

Будівля розбита деформаційними швами на 54 просторові відсіки, які в свою чергу об'єднані у 7 планувально-технологічних блоків. Кожен відсік має прямокутну в плані форму з максимальними габаритними розмірами 58,8x58,8 м.

Конструктивна система будівлі — каркасна: пальові фундаменти об'єднані залізобетонним ростверком на який встановлений двоповерховий монолітний залізобетонний каркас з покриттям зі сталевих конструкцій. Просторова стійкість та геометрична незмінність конструкцій в межах кожного блоку забезпечуються жорсткими вузлами сполучення колон і міжповерхових перекриттів та системою горизонтальних в'язей по покриттю.

На першому етапі були розглянуті: відповід-



Рис 3. Структурна схема комплексного моніторингу

ність реалізованих конструктивних рішень проєктній документації, результати інженерно-геотехнічних вишукувань, навантаження та впливи на об'єкт і т.п.

На другому етапі виконано обстеження будівлі з оцінкою рівнів відповідальності та умов експлуатації несучих конструкцій. По кожному блоку визначені категорії напруженого стану елементів та відібрана група блоків і окремих елементів, які повинні підлягати моніторингу спеціалізованою організацією. Це частина блоків, що входять в плануально-технологічні блоки 6, 5, 7, як найбільш насичені різноманітними комбінаціями навантажень і впливів статичної і динамічної дії.

Таким чином визначився об'єм для побудови просторової математичної моделі і організації періодичних спостережень за змінами технічного стану обраної частини будівлі. Особливістю цієї частини, крім нестандартних конструктивних рішень, є концентрація розважальних зон в різних рівнях даних блоків, що створює різноманітні комбінації статичних і динамічних впливів на будівельні конструкції. Покриття блоку 7 виконане з монолітної залізобетонної плити товщиною 350 мм (позн. +18,155), в якій влаштовані еліпсоподібні та круглі прорізи. В прорізах влаштовані купола, що складаються з поперечних арок постійної кривизни трубчастого перерізу та системи затяжок і розпірок. Найбільші з них: купол еліпсоподібної форми в

осях Ф-Ах28-33 з розмірами в плані 36x27м та аналогічний купол в осях Л-Фх27-34 з розмірами в плані 61,3x49,3м. Великий купол складається з системи головних прольотних арок, виконаних з круглої труби 420x10, з затяжками, встановленими через одну арку. Кожна арка обпирається на шарнірні металеві стійки висотою 1280 мм встановленими на опорний залізобетонний контур. З площини арки розкріплені трубчастими розпірками з жорсткими вузлами. Зовнішні впливи сприймаються жорсткістю конструкції куполу та трубчастими вертикальними в'язевими елементами довжиною 5,3 м, встановленими по кінцях найбільших діаметрів еліпсоподібного контуру.

Для визначення місць, що потребують найбільшої уваги, побудована скінченно-елементна модель контрольованих ділянок в програмному комплексі "Nastran" для розрахунків несучих конструкцій системи в її найбільш критичних станах. Скінченно-елементна модель споруди складена шляхом апроксимації всіх несучих підконструкцій (колон, плит, балок, арок та технологічних конструкцій, які можуть впливати на технічний стан об'єкта) балочними скінченними елементами, пружно деформованими під дією поздовжньої сили, згинальних моментів в двох площинах і крутного моменту, та пластинчастими скінченними елементами (рис. 2).

В результаті кінцево-елементного розрахунку

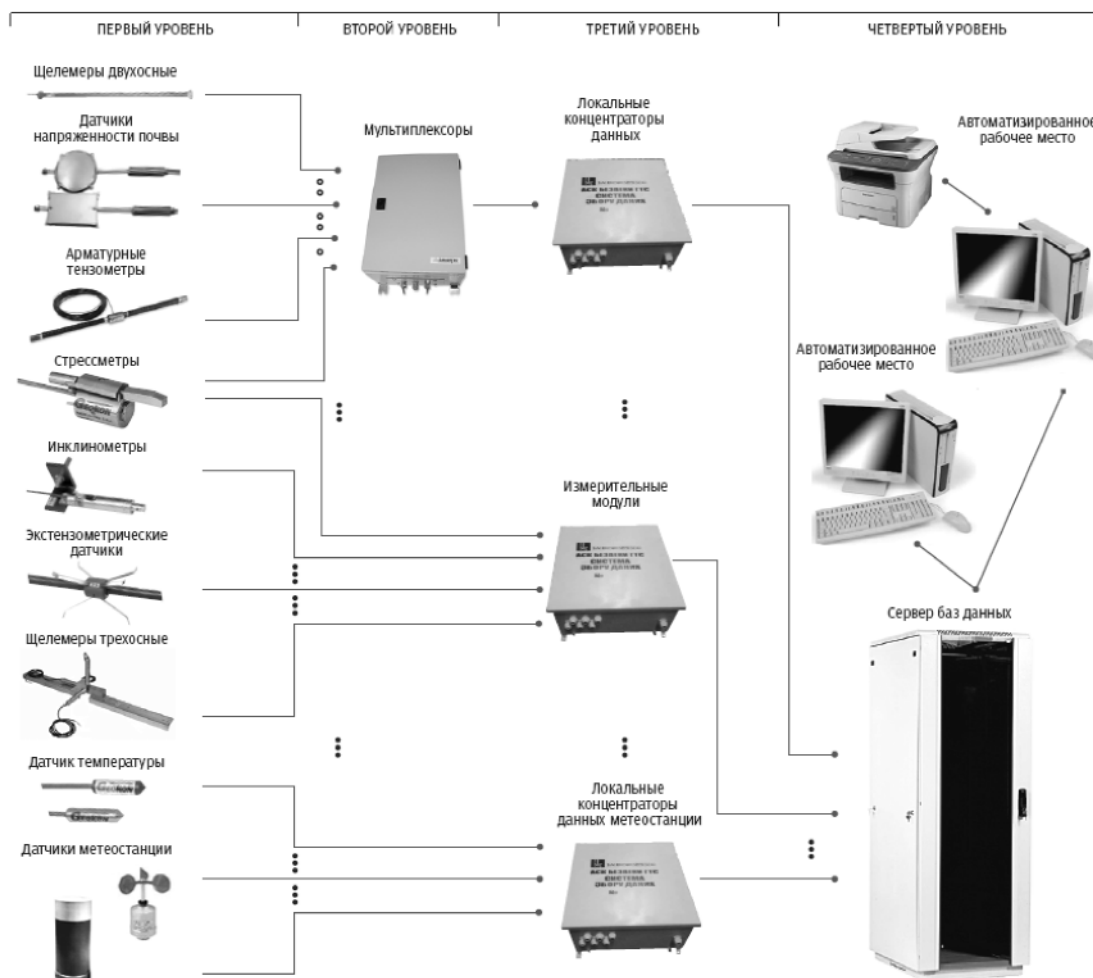


Рис.4 Структурна схема деформаційного моніторингу

математичної моделі визначені:

- НДС конструкцій від дій комбінацій навантажень та впливів;

- власні частоти вільних коливань різних блоків, що дозволило встановити відсутність взаємовпливів між блоками та за результатами обрати блок 7, як такий, що потребує технічного контролю.

В ході розрахунку розглянуті задачі технічного стану конструкцій після моделювання втрати несучої здатності одним або кількома елементами категорії А, а саме:

- великого еліпсоподібного купола в осях Л-Фх27-34 при таких комбінаціях:

- виключення із розрахункової схеми: 1) опір найбільшої арки і розпірок цієї арки; 2) виключення із розрахункової схеми опор найбільшої арки та четвертої від неї арки;

- виключення із розрахункової схеми блоку 7: колон паркінгу в осях Т-35 і Ф-35 та друга комбінація – виключення трьох колон паркінгу в осях Т-33, Ф-33, Т-34.

За результатами розрахунку моделі обрані типи інструментальних вимірювань, сформульовані основні принципи проведення геотехнічного, статичного та динамічного моніторингів елементів несучих конструкцій, розроблена структурна схема оцінювання інформації, визначені основні вимоги до автоматизованих систем моніторингу параметрів несучих конструкцій та їх складових елементів, обране конкретне обладнання, що має бути застосовано при проведенні різних типів моніторингів.

Структурна схема комплексного моніторингу [7,9] наведена на рис. 3 і складається з наступних основних елементів:

- системи вимірювань і спостережень за станом будівельних конструкцій і об'єкта в цілому, яка забезпечує систематизацію відомостей про фактичні геометричні параметри, фізичні властивості, несучу здатність конструктивних елементів і т.п.;

- методики оцінювання технічного стану конструкцій з побудовою моделей прогнозування змін контрольованих параметрів та терміну служ-

би об'єкта на основі нормативних та проектних критеріїв граничних станів;

– інформаційної системи, яка забезпечує зберігання, доступ, відображення і розповсюдження зацікавленим службам даних про стан будівельних конструкцій у різні періоди будівництва та експлуатації, а також зняття з експлуатації.

Приклад системи деформаційного моніторингу

На даному об'єкті в якості вимірювальної системи в реальному часі використовується чотирьохрівнева автоматизована система контролю стану споруд з спеціальним програмним забезпеченням "Титан", розробник компанія "Банкомзв'язок". Перший рівень складають первинні датчики, які безпосередньо контактують з контрольованими об'єктами, отримують від них інформацію у вигляді дії сили – тензометри або переміщень – датчики відстані та перетворюють цю інформацію в електричні сигнали. Деформаційний моніторинг технічного стану об'єкта проводиться у місцях, які за обґрунтованими характеристиками належать найбільш відповідальним вузлам і елементам конструкції.

Отримана інформація передається по кабельній мережі на другий рівень на якому створена система мультиплексорів, призначених для комутації одно або двох парних аналогових виходів 16 однотипових датчиків на один вимірювальний вхід локального концентратора даних (комутатора), що знаходиться на третьому рівні. Третій рівень забезпечує перетворення електричних сигналів в числовий вигляд та збереження даних контрольовано-вимірювальної системи в пам'яті локальних концентраторів з послідуною їх передачею на центральний вузол оброблення даних (четвертий рівень).

Аналогічні трьох, чотирьох-рівневі системи будуються і в інших видах локальних моніторинрів: геотехнічному, динамічному, екологічному і т.д.

## Висновки

1. Визначення адекватної моделі та реального технічного стану будівель і споруд шляхом натурних обстежень і постійного контролю в процесі експлуатації є окремим технологічним напрямком в будівництві, який надає можливість розв'язання складних інженерних задач, направлених на забезпечення безвідмовної роботи будівель і споруд для своєчасного реагування на можливі в майбутньому проблеми.

2. При створенні системи контролю об'єкта будівництва обрані види локальних моніторинрів повинні доповнювати один одного і виконувати функції взаємного контролю отриманих даних із забезпеченням достовірності і надійності результатів.

3. Система контролю конструктивної безпеки повинна входити як складова частина в загальний комплекс експлуатації будівельних об'єктів.

4. В напрямку моніторингу та безпеки будівельних об'єктів Україна значно відстає від інших країн. Європа та Росія знаходяться на якісно вищому рівні. Головна причина такого відставання – відсутність основних документів на законодавчому рівні і, як наслідок, відсутність нижчого рівня нормативних документів пов'язаних з безпекою будівель і споруд, а звідси неможливість регламентування методів проведення моніторингу будівельних об'єктів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14:2009. – [Чинні від 2009-12-01]. – К. Мінрегіонбуд України 2009. (Державні будівельні норми України).

2. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів Науково-технічний супровід будівельних об'єктів: ДБН В.1.2-5:2007. [Чинні від 2008-01-0] – К. Мінрегіонбуд України 2007. (Державні будівельні норми України).

3. Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва: ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013. – [Чинний з 2013-09-01]. – К. Мінрегіон України 2013. – 40 с. – (Національний стандарт України).

4. Науково-технічний моніторинг будівель і споруд/І.Д. Белов, В.В. Гайдайчук, О.П. Дєдов, Н.С. Матіаш//Наука та будівництво. 2015. – №3. – С.17-20.

5. Бугаевский Г.Н. Настенные трехкомпонентные сейсмометрические комплексы для динамической паспортизации зданий/Г.Н. Бугаевский, А.В. Багмут // Строительство, материаловедение, машиностроение: сборник научных трудов. – Днепропетровск, 2012. – Вып.65. С. 98-103.

6. Звіт про обстеження технічного стану несучих конструкцій III ярусу пам'ятки архітектури "Дзвіниця Успенського Собору", ох. №2 Києво-Пе-



черської Лавр. ВЦБК. 2011 р.

7. Савин С.Н. Мониторинг уникальных объектов с использованием динамических параметров по ГОСТ Р 53778-2010/С.Н. Савин, С.В. Демишин, И.В. Ситников/ Инженерно-строительный журнал. 2011. — №7. С. 33-39.

8. Вібраційна діагностика просторових конструкцій великого розміру, проблеми та перспективи/Редченко В.П./Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій В.М. Шимановського. Збірник наукових прац. — Вип.5, 2010 р.

9. Адаптивные КЭ-модели в основе систем мониторинга несущих конструкций уникальных зданий/А.М. Белостоцкий, Д.К. Каличава, К.И. Островский, П.И. Новиков//Опір матеріалів і теорія споруд. 2015 №94.

10. Слюсаренко Ю.С., Шимановский О.В., Галінський О.М. Науково-технічний супровід реконструкції Національного спортивного комплексу "Олімпійський" в Києві/ За загальною редакцією Шимановського О.В. - К.: Вид-о "Сталь", 2013.

#### АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрено состояние нормативной документации по обеспечению конструктивной безопасности объектов строительства в Украине. Разработана методология диагностики, основной порядок и этапы проведения мониторинга. Предложены принципы математического моделирования объектов строительства. Приведены практические примеры компоновки систем раннего обнаружения дефектов. Представлена комплексная структура измерений и примеры технического обеспечения.

Ключові слова: вібрація, діагностика, конструктивна безпека, математичне моделювання, моніторинг, надійність.

#### ANNOTATION

The article reviewed the status of regulatory documents to ensure the structural safety of construction projects in Ukraine. The methodology of the diagnosis, the main stages of the procedure and monitoring. The principles of mathematical modeling of construction projects. Practical examples of the layout of early defect detection systems. It presents a complex measurement structure and examples of technical support.

Ключові слова: вібрація, діагностика, конструктивна безпека, математичне моделювання, моніторинг, надійність.

УДК 69.022.32

Менейлюк О.І., д.т.н., проф.; Бабій І.М., к.т.н., доц.; Камінська-Пінаєва А.І. ОДАБА, м. Одеса

#### ВИБІР СПОСОБУ ТА СКЛАДАННЯ СТРУКТУРИ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОЦЕСУ УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ БУДИНКІВ

##### АНОТАЦІЯ

Розглянуто питання взаємозв'язку і взаємодії всіх елементів процесу утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій. Виявлено необхідність попереднього моделювання та структурування процесу утеплення. Запропоновано три види моделі структури організаційно-технологічного процесу утеплення. Запропоновано алгоритм розробки ефективного рішення за обраним критерієм оптимальності.

Ключові слова: моделювання, алгоритм оптимізації, утеплення фасадів.

**Актуальність.** Необхідність енергозбереження в житлово-комунальній сфері не викликає сумніву та є важливою частиною у рішенні загальнодержавної проблеми — економії дефіцитного палива та збільшення контролю над енерговитратами. В першу чергу це відобразилось в підвищенні вимог до теплового захисту будинків, як при новому будівництві, так і існуючих будинків.

Огороджувальні конструкції будинків, зведених до прийняття сучасних норм, мають низький рівень теплового захисту. Такі об'єкти, в силу масових забудов минулого століття, становлять основну частину житлового та громадського фонду нашої країни та вимагають невідкладного і грамотного утеплення, у зв'язку з витратами на їх утримання, викликаними великими неконтрольованими втратами тепла. Стіни будинків, побудованих більше десяти років тому, мають значення опору теплопередачі приблизно в п'ять разів менше ніж потребують сучасні вимоги, тому необхідно поліпшити теплозахисні властивості зовнішніх огорожувальних конструкцій — привести опір теплопередачі до його нормативного рівня, що можливо здійснювати різними способами і технологічними рішеннями [1].

Необхідно відзначити, що у теперішніх умовах процес організації утеплення фасадів має хаотич-