

УДК 693.54

В.А. Басараб,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0003-2888-7398

І.М. Уманець,

канд. техн. наук, доцент

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ В УМОВАХ РЕКОНСТРУКЦІЇ

Стаття присвячена експериментальному визначенню технологічних властивостей бетонних сумішей в умовах реконструкції будівель та споруд. Технологія виконання будівельних робіт в умовах реконструкції в значній мірі залежить від властивостей основних будівельних матеріалів, особливостей навколишнього середовища а також від технологічних процесів. На сьогоднішній день доволі поширеною є монолітно–каркасна технологія зведення, тому умовою якісного виконання робіт є визначення та ефективного використання властивостей бетонної суміші з урахуванням методів та режимів виконання технологічних процесів. Також підкреслено актуальність проведення обстежень будівель та споруд з метою оцінки їхнього технічного стану, як в умовах експлуатації так і в умовах реконструкції або модернізації. Встановлено мету роботи яка полягає в розробці методики визначення властивостей будівельних конструкцій в умовах реконструкції будівель та споруд а також алгоритму підбору комплекту дослідної апаратури. Проведено аналіз сучасних методів визначення властивостей будівельних матеріалів і конструкцій та засобів аналогово–цифрової обробки інформації з метою встановлення реальної фізичної картини зміни напружено–деформованого стану будівельних конструкцій в умовах реконструкції. Наведено методику визначення основних властивостей будівельних конструкцій з використанням теорії планування експериментів. Наведено схему встановлення датчиків та алгоритм запису даних і обробки результатів досліджень. Надано рекомендації, щодо використання основних типів датчиків та реєструючої апаратури для визначення напружень та деформацій, що виникають в будівельних конструкціях в умовах експлуатації. Наведено рекомендації, щодо створення дослідницьких комплексів у відповідності до поставлених задач та технологічних вимог. Визначено основні положення моніторингу технічного стану будівельних конструкцій для оцінки та прогнозування деформативних процесів в режимі реального часу з метою мінімізації відхилень параметрів системи від експлуатаційних значень.

Ключові слова: експериментальні дослідження стану будівельних конструкцій, апаратура цифрової обробки інформації, реконструкція, моніторинг технічного стану.

Вступ. Підвищення ефективності бетонних і залізобетонних робіт забезпечують підвищенням технічного та технологічного рівня виконання будівельних процесів. Технологія виконання бетонних робіт в значній мірі

залежить від властивостей основних будівельних матеріалів, особливостей навколишнього середовища а також від технологічних процесів. Властивості бетонної суміші формуються під час її приготування, транспортування, укладання, ущільнення та за її подальшим доглядом. Дотриманням цих технологічних процесів обумовлюється якість бетонних та залізобетонних конструкцій.

Для забезпечення якісного та високотехнологічного виконання бетонних та залізобетонних робіт необхідною умовою є визначення та ефективне використання властивостей бетонної суміші з урахуванням методів та режимів виконання технологічних процесів. Окрім того існує необхідність проведення обстежень будівель та споруд з метою оцінки їхнього технічного стану, як в умовах експлуатації так і в умовах реконструкції або модернізації.

Актуальність. Технологія реконструкції будівель та споруд в сучасних умовах є складним комплексним процесом і має ряд особливостей, що потребують врахування:

- розробка нових або вдосконалення існуючих організаційно–технологічних методів зведення будівель та споруд;
- визначення та/або прогнозування характеристик чи показників технологічного процесу реконструкції будівель або його результатів, які неможливо чи економічно недоцільно визначити в реальних умовах;
- економічна доцільність та технологічна ефективність процесів, що використовуються в умовах реконструкції будівель та споруд;
- дотримання вимог нормативних документів щодо екологічності, енергетичної ефективності, безпеки та ін.

Швидкий розвиток сучасних технологій реконструкції будівель та споруд потребує врахування цілого комплексу фізико–механічних, хімічних, біологічних та інших властивостей будівельних матеріалів та конструкцій з метою їхнього ефективного використання в процесі перетворення в кінцеву продукцію. Окрім того в умовах проведення робіт з реконструкції будівель та споруд доволі часто провести обстеження та коректно оцінити технічний стан конструкцій та матеріалів достатньо важко а інколи навіть неможливо (приховані роботи, заглиблені конструкції та ін.). За таких обставин доводиться використовувати опосередковані методи проведення досліджень технічного стану конструкцій. Цілком очевидно, що від вибору правильної методики проведення досліджень та коректного підбору комплексу вимірювальних приладів та апаратури залежить результативність виконання наступних етапів конструкторсько–технологічних рішень в умовах зведення та реконструкції будівель та споруд. Сучасні інформаційні технології дозволяють суттєво зменшити трудомісткість виконання таких робіт, автоматизувати процеси отримання та обробки даних а також інтегрувати результати досліджень в загальну інформаційну систему, що дозволяє максимально ефективно виконувати розробку проектно–кошторисної документації.

Метою даної роботи є розробка методики визначення властивостей будівельних конструкцій в умовах реконструкції будівель та споруд а також алгоритму підбору комплексу дослідної апаратури.

Основний матеріал. В умовах сьогодення значний обсяг робіт по зведенню будівель та споруд виконується з використанням монолітно–каркасної технології [7, 8, 10]. За таких обставин потрібно чітко розуміти характер процесів, що відбуваються за умов приготування бетонної суші, її транспортування до

будівельного майданчика, встановлення опалубки та арматури, укладання суміші, догляд за бетоном та розпалублення конструкцій.

Основними технологічними властивостями бетонної суміші є: легкоукладальність, швидкість тужавлення та швидкість твердіння [4, 5, 10]. В свою чергу методи оцінки легкоукладальності поділяють на якісні – рухливість, жорсткість, ущільнювальність; кількісні – осідання конуса, час розтікання, розширюваність, коефіцієнт ущільнення; фізичні (реологічні) – в'язкість, вібров'язкість,

Бетонні суміші більшої жорсткості та меншої рухливості потребують під час приготування менше води і менших витрат цементу, краще зберігають однорідність при транспортуванні, але потребують більших витрат праці і часу при укладанні та ущільненні в конструкції. Такі суміші, як правило, застосовують при зведенні більш масивних неармованих та малоармованих конструкцій. Тонкостінні та густоармовані конструкції виконують із використанням бетонних сумішей високої рухливості. Варто зазначити, що в процесі транспортування бетонна суміш може втрачати свою однорідність та рухливість, що може призвести до різної якості бетону в різних частинах монолітної конструкції.

Для укладання в опалубку та ущільнення бетонних сумішей використовуються вібраційні, безвібраційні та комбіновані методи. Вібраційні методи займають більшу частку в загальному обсязі бетонних робіт, оскільки дають можливість ущільнювати більш жорсткі бетонні суміші і отримувати при цьому монолітні конструкції високої якості.

Фізична сутність процесу віброущільнення наступна: робочий орган вібромашини взаємодіючи з бетонною сумішшю передає їй енергію, внаслідок чого суміш приводиться в напружено – деформований стан (набуває властивостей важкої рідини). Періодична зміна складного спектру напружено–деформованого стану спричиняє тиксотропне розрідження суміші, переупаковку компонентів та витіснення повітря і води, чим і досягається якісне ущільнення бетону в конструкції опалубки.

Контроль якості укладеного бетону полягає в перевірці відповідності його фізико–механічних характеристик вимогам проекту. Нормативними документами передбачено, що легкоукладальність визначають за рухомістю бетонної суміші, тобто за величиною осадження стандартного конуса, а також за жорсткістю, тобто за часом розтікання бетонної суміші [4]. Міцність при стисненні бетону перевіряють за допомогою контрольних зразків, виготовлених з проб бетонної суміші одного складу, відібраних після її приготування на бетонному заводі, а також безпосередньо на місці бетонуювання конструкцій при витримці контрольних зразків бетону в таких самих умовах як і основної монолітної конструкції [5].

При виконанні процесу вібраційного ущільнення бетонної суміші основними властивостями (параметрами) системи "вібраційна машина–опалубка–бетон" є: амплітуда коливань x , частота f , напруження в зоні контакту бетонної суміші з опалубкою σ , переміщення шарів суміші Δl , швидкість розповсюдження хвиль деформації середовища c , енергетичний спектр та ін.

Для вимірювання параметрів вібраційного ущільнення бетонної суміші найбільш широкого застосування набули електричні та електромеханічні датчики. До них відносяться: контактні перетворювачі, реостатні перетворювачі переміщення, тензометричні датчики, індукційні взаємоіндуктивні (трансформаторні) перетворювачі переміщень, ємнісні перетворювачі

переміщення, електротахометричні, п'єзоелектричні, та ін. Основні типи датчиків наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні типи датчиків для визначення основних властивостей бетонної суміші

Тип датчика	Технічні характеристики
<p>Малогабаритний ґрунтовий динамометр ДКМ-4</p> 	<p>Габаритні розміри, см діаметр 5,2 висота 6,0 Точність вимірювань $0,5 \times 10^2$ Гранична величина вимірюемого тиску, $\text{кг}/\text{см}^2$ 5 Модуль пружності, $\text{кг}/\text{см}^2$ $0,25 \times 10^5$ Чутливість % (від номінального тиску) 2</p>
<p>Цифровий датчик тиску ґрунту ZET 7010 SP</p> 	<p>Габаритні розміри 120x12 мм Матеріал корпусу сталь Потужність споживання 0,5 Вт Верхня межа діапазону вимірювань 3 МПа Межа чутливості (мінімальне значення) 500 Па Частота оновлення даних 1 Гц Інтерфейс передачі даних RS-485 Температурний діапазон експлуатації від -40 до +100 °C</p>
<p>Тензорезисторний закладний датчик для бетону</p> 	<p>Довжина датчика від 70 до 200 мм Діапазон деформацій, що вимірюються ± 5 мм Робочий діапазон температур від -30 до +50 °C Напруга живлення 12 В Похибка від номінальної деформації 2–3% Тензометр зберігає працездатність у випадку виникнення руйнування бетону і появи тріщин</p>
<p>Датчик деформації, екстензометр</p> 	<p>Відносна деформація $\pm 1000 \times 10^{-6}$ Сумарна похибка вимірювань 1%–2% Допустиме перевантаження 150% Опір 1000 Ом Робочий діапазон температур від -10 до +65 °C Живлення датчика 5–10 VDC Матеріал корпусу сталь Розмір 89x25 мм</p>

Застосування тензометричних датчиків для вимірювання параметрів процесу вібраційного ущільнення є на сьогоднішній день одним з найпоширеніших

методів. До переваг датчиків даного типу слід віднести високу точність вимірювання, чутливість, незначну інерційність а також невисоку вартість. Недоліком таких датчиків за з'єднанням по мостовій схемі є температурний дрейф нуля а також можливість виникнення збоїв при потраплянні вологи. Незважаючи на вказані недоліки ефективність використання тензOMETричного методу досліджень є безсумнівною.

В умовах дослідження процесів ущільнення бетонних сумішей виникає задача вимірювання напружень в шарах бетону монолітної конструкції, оскільки розподіл напружено–деформованого стану бетону за таких умов не завжди є рівномірним. З таким типом задач виникають деякі труднощі, оскільки вимірювання властивостей бетонної суміші доводиться проводити в умовах високої вологості та постійної зміни його фізичних властивостей [2, 3].

Для вимірювання тиску в бетонній суміші використовуються датчики тиску – мездоза [3]. Мездоза НДІБК представляє собою круглий плоский диск діаметром від 56 до 120 мм, висотою $h = 10$ мм. Тиск середовища на поршень передається через тонкий шар (0,25–0,3 мм) рідини гідроперетворювача до вимірювальної мембрани і деформує її. Деформація мембрани сприймається тензорезисторами, які закріплені на стисненій і розтягнутій ділянках поверхні мембрани і з'єднані між собою за схемою моста або напівмоста.

Для реєстрації та запису фізичних параметрів вібраційних процесів ($x, \dot{x}, \ddot{x}, \omega, f, c, \psi$) і т. ін.) існують різні типи вимірювальної апаратури. Сигнали з датчиків надходять, як правило, в аналоговій формі (U, I), тому необхідна апаратура для перетворення, запису а також відтворення сигналу.

На сьогоднішній день в світі існує велика кількість фірм та організацій, які займаються розробкою та виготовленням датчиків, апаратури, тестового обладнання та програмного забезпечення для розв'язання широкого спектру задач експериментальних досліджень та проектування систем управління технологічними процесами.

Цифрові пристрої для запам'ятовування вимірювальної інформації є найбільш ефективним засобом оперативного накопичення та представлення інформації про результати досліджень. Він призначений для реєстрації та відтворення короткочасних процесів в аналоговій та цифровій формах. Цифровий самописець складається з пристроєм для вибірки дискретних даних, аналогово–цифрового перетворювача, запам'ятовуючого пристроєм, цифро–аналогового перетворювача а також системи управління.

До фірм, що займаються розробкою та виготовленням датчиків параметрів вібрації слід віднести: Wilcoxon–Research (www.wilcoxon.com) (акселерометри, датчики швидкості), Metallux electronic (www.metalux.ch) (п'єзорезистивні датчики тиску), Brüel&Kjær's (www.bksv.com) (датчики вібрації, портативні віброметри, вібротестове обладнання), Honeywell, Motorola та ін.

Розробкою автоматизованих систем обробки інформації займаються фірми: Unholtz–Dickie Corporation (www.udco.com), TMC's ElectroDamp та ін.

До фірм, що займаються розробкою вібротестового обладнання слід віднести: MRAD–Corp, TMC's ElectroDamp, Monarch Instrument, Unholtz–Dickie Corporation, Prodera–Sys–Modal[®] і Prodera–Win–Modal[®].

Широкий спектр систем автоматизованого керування, мікроконтролерів, відкритих промислових мереж та програмного забезпечення пропонує фірма Siemens–Simatic (www.siemens.ua), вітчизняна фірма Promsat (www.promsat.com),

фірма Сатурн (www.Saturn-data.com). Промислові монітори пропонують фірми: Мікроприбор (www.micropribor.com.ua), Siemens (LCD монітори, промислові комп'ютери).

Компактні розміри модулів дають можливість здійснювати настінний монтаж або монтаж на DIN-рейці. Працюють з будь-яким джерелом енергії в діапазоні +10 до 30 Вольт.

Плати промислових комп'ютерів є основою для побудови серверів, робочих станцій та вбудованих додатків для інформаційних промислових систем. Основною відмінністю цієї лінії комп'ютерів є максимальне число виконуваних функцій за мінімальних габаритів. До переваг одноплатних комп'ютерів слід віднести:

- підвищені вимоги вібронестійкості, ударної міцності, робочого діапазону температур;
- спеціальні способи компоновки, коли практично весь комп'ютер розташований на одній платі, і, як наслідок, малі габарити і можливість швидкої заміни при виході з ладу.

Існує широкий спектр моделей на основі процесорів Intel, AMD та інших, починаючи від 486™ до багатоядерних процесорних систем відомих світових виробників, таких як Portwell inc., ADLink Technology Inc., Nexcom International Co. Ltd та ін. Короткі характеристики апаратури аналогово-цифрової обробки сигналів наведено в таблиці 2.

Проведення експериментальних досліджень з метою визначення властивостей бетонної суміші базувалось на основних положеннях теорії планування експериментів [1, 6]. Для цього було проведено розрахунок мінімальної кількості дослідів, що забезпечують отримання дослідних параметрів з бажаною точністю. Визначення параметрів процесу ущільнення (амплітуди коливань робочого органу та шарів суміші, а також напружень в шарах суміші) розглядалась як випадкова вибірка з нескінченної генеральної сукупності дослідних значень.

Математичне очікування [6]:





$$\bar{X} = \sum_{i=1}^k X_i P_i \quad (1)$$

де X_i – величина, що вимірюється (напруження, деформація та ін.);

P_i – імовірність виникнення величини, що вимірюється.

Відомо, що надійність та точність експериментальних досліджень залежить від багатьох складових: класу точності вимірювальної апаратури, датчиків, похибки при таруванні та встановленні датчиків та ін. Тому важливим чинником є визначення довірчої ймовірності. Іншими словами необхідно переконатися, що виміряна величина буде знаходитись в межах визначеної похибки з ймовірністю P . Для визначення ймовірності відхилення вибіркової середньої X від генеральної сукупності дослідних значень при невеликій кількості дослідів використовувався розподіл Стьюдента [6].

Таблиця 2

Тип пристрою	Основна характеристика
PSA-04.11.0120.00.03 	Контролер сигналів тензодатчиків (тензо-АЦП) – один аналоговий вхід для підключення тензодатчиків, – діапазон вхідного аналогового сигналу 0...+10 мВ, 0...+20 мВ, 0...40 мВ, 0...80 мВ, – вбудоване гальванічно ізольоване джерело живлення, – напруга живлення: 5 В постійного струму, – максимальний струм споживання тензодатчиків 100 мА, – три гальванічно ізольованих дискретних входа або вихода, – програмно задаваємі установки, – інтерфейс передачі даних: RS-485, 232.
NuDAM – 6017 	8 – каналний модуль аналогового введення – протокол RS-485, – 16-ти розрядний АЦП, – робота з сигналами напруги/струму, – гальванічна ізоляція 500 В, – 6 диференційних і 2 однополюсних канала, – захист від електрозавад і забруднення.
SDI-ADS16(14)-32F 	Прецизійний модуль АЦП-ЦАП з тензофункціями – 16-ти (або 14-ти) розрядний АЦП; – 32 одиничних або 16 диференційних канала; – частота перетворення до 83 кГц; – буферна пам'ять 32 к слова; – два 16-ти розрядних ЦАПа; – 16 ТТЛ ліній на вхід, 16 ТТЛ на вихід з розв'язкою; – 24 лінії введення-виведення без гальванорозв'язки; – програмоване підсилення, синхронізація, таймер.
NuPRO-595/596 	Одноплатний промисловий комп'ютер – системна шина – PCI; – тип процесора: Pentium, MMX/AMD K6/Сyrix M II; – максимальна частота – 266/400/266 МГц; – частота шини процесора – 66 МГц; – системний чіпсет – Intel 82430 TX; – максимальний об'єм ОЗУ, Мб – 128; – тип ОЗУ 1DIMM Slot (SDRAM) PS 100; – послідовні інтерфейси – 1×RS 232, 1×RS 232/422/485; – паралельний інтерфейс 1×LPT/EPP/ECP; – тип графічного інтерфейсу – VGA, LCD support; – об'єм відеопам'яті – 2 Мб SDRAM; – Ethernet –NuPRO – 595.

За результатом обробки експериментальних даних середнє арифметичне значення вимірюваної величини:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (2)$$

та середнє квадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \quad (3)$$

довірчий інтервал визначається за залежністю:

$$\Delta X = \frac{t_{\alpha n} S_n}{\sqrt{n}}, \quad (4)$$

де $t_{\alpha n}$ – коефіцієнти Стюдента ($\alpha = 0,95$ – довірча ймовірність).

Одним з методів якісної оцінки напружено–деформованого стану будівельних конструкцій як в умовах зведення так і за умов реконструкції є спектральний аналіз сигналів, що надходять з попередньо встановлених в будівельні конструкції датчиків [2, 6, 9]. Метою спектрального аналізу у відповідності з принципом суперпозиції є подання (апроксимація) періодичного сигналу (напруження, деформація, крен, осідання та ін.) сумою гармонік для оцінки характеру розвитку деформаційних процесів в елементах будівельних конструкцій.

Для знаходження коефіцієнтів ряду Фур'є для зручності розрахунків застосовано чисельний метод:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{2}{\tau} \int_0^{\tau} \sigma(m, t) dt, & a_0 &= \frac{2}{\tau} \sum_{i=0}^m \sigma_i \Delta t, \\ a_n &= \frac{2}{\tau} \int_0^{\tau} \sigma(m, t) \cos(n\omega t) dt, & \Rightarrow & a_n = \frac{2}{\tau} \sum_{i=0}^m \sigma_i \cos(n\omega t) \Delta t, \\ b_n &= \frac{2}{\tau} \int_0^{\tau} \sigma(m, t) \sin(n\omega t) dt, & b_n &= \frac{2}{\tau} \sum_{i=0}^m \sigma_i \sin(n\omega t) \Delta t, \end{aligned} \quad (5)$$

де τ – період коливань;

$\omega = 20\pi$ рад/с – кутова швидкість зміни напружено–деформованого стану;

$\sigma(m, t)$ – масив числових даних зміни напруження в середовищі.

За отриманими коефіцієнтами запишемо тригонометричний ряд Фур'є:

$$\sigma(t) = \sum_{n=1}^N (a_n \sin(n\omega t) + b_n \cos(n\omega t)). \quad (6)$$

Відшукання коефіцієнтів ряду (5) здійснювалось чисельним методом за допомогою спеціально створеної програми в середовищі Mathcad.

Будівлі та споруди в умовах експлуатації піддаються впливу багатьох силових навантажень (перепади температури та вологості, тиск вітру, неоднорідність ґрунту, напруження в елементах конструкцій, динамічні навантаження та ін.). Виникнення деформацій, тріщин, зон підвищених напружень в елементах конструкцій може призвести до серйозних наслідків, тому в сучасних будівлях та спорудах (особливо висотних) використовуються системи моніторингу напружень та деформацій, що передбачають застосування цілого комплексу програмних та апаратних засобів контролю. Схему дослідного комплексу для визначення напружень, що виникають в зоні контакту пальового фундаменту з ґрунтом наведено на рис. 1. В якості датчиків напружень 5 використано ґрунтові динамометри (таблиця 1), які попередньо встановлюються в конструкцію палі 1 на

етапі зведення. Проміжний перетворювач 2 забезпечує електричне живлення датчиків а також проміжне перетворення аналогового сигналу. Аналогово-цифровий перетворювач 3 (таблиця 2) здійснює перетворення сигналів датчиків в цифрові коди та надсилає їх до реєструючої апаратури 4 (ЕОМ). Далі відбувається реєстрація, запис та обробка сигналів на ЕОМ за програмним алгоритмом.

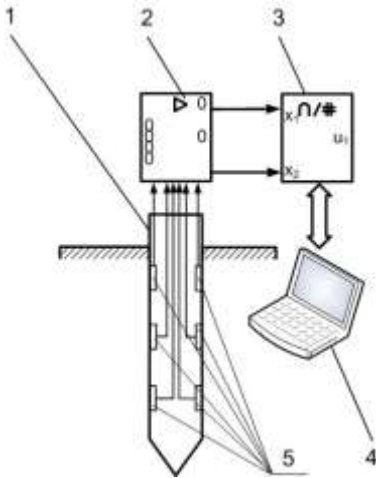


Рис.1. Схема дослідного комплексу:

- 1 – залізобетонна паля;
- 2 – проміжний перетворювач сигналу;
- 3 – аналогово-цифровий перетворювач (АЦП);
- 4 – реєструюча апаратура,
- 5 – датчики напружень

Одними з найбільш розповсюдженими є тензометричні датчики напружень та деформацій. Тензометричні датчики (рис. 2) приварюються до металевих конструкцій або до арматури і заливаються бетонною сумішшю, при цьому кабелі живлення та передачі сигналів виводяться назовні і підключаються до реєструючої апаратури. При деформації конструкції напруження сприймається чутливим елементом датчика (змінюється електричний опір металеві спіралі або частота коливань струни). Далі зміна стану через аналогово-цифровий перетворювач з певною періодичністю (один раз за кілька годин або кілька вимірювань за секунду при динамічних процесах) перетворюється в числові коди і передається в систему моніторингу. Система моніторингу проводить збір та аналіз даних, необхідні розрахунки параметрів стану конструкцій, прогностні розрахунки, що дозволяє відстежувати стан конструкцій як в автоматичному так і в діалоговому режимі.

Варто зазначити, що використання сучасного програмного забезпечення значно спрощує виконання запису показань датчиків, аналіз та обробку даних і порівняння їх з теоретичними значеннями. Для цього використовуються різноманітні методики, зокрема інтеграція прикладних програм з можливостями методу скінченних елементів дає можливість проводити дослідження (моніторинг стану конструкцій) в режимі реального часу, прогнозувати розвиток деформативних процесів і приймати відповідні рішення у разі критичного відхилення параметрів системи від експлуатаційних значень.



Рис. 2. Встановлення датчика напружень

Для спеціальних будівель та споруд (висотні, складна геометрія та ін.) для моніторингу стану несучих конструкцій використовується супутникова система GPS – навігації. Також існує можливість “навчати” систему за рахунок зміни математичної моделі поведінки з урахуванням фактичного фізичного стану будівельних конструкцій.

Висновки:

1. Огляд сучасних методів визначення властивостей будівельних матеріалів і конструкцій виявив доцільність та актуальність проведення експериментальних досліджень технологічних властивостей процесу ущільнення бетонних сумішей в умовах реконструкції.

2. Наведено методика визначення основних технологічних властивостей будівельних сумішей та конструкцій з використанням теорії планування експериментів.

3. Наведено номенклатуру основних типів датчиків та ресструючої апаратури для визначення напружень та деформацій, що виникають в будівельних конструкціях в умовах експлуатації а також принципи створення дослідницьких комплексів у відповідності до поставлених задач та технологічних вимог.

4. Визначено основні положення моніторингу технічного стану будівельних конструкцій для оцінки та прогнозування деформативних процесів в режимі реального часу з метою мінімізації відхилень параметрів системи від експлуатаційних значень.

Список літератури:

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 279 с.

2. Басараб В.А. Дослідження полічастотного режиму коливань робочого органу електромагнітної ударно-вібраційної установки. *Управління розвитком складних систем*, № 34. 2018. С. 182 – 187.

3. Басараб В.А. Використання вимірювальної апаратури для дослідження фізичних процесів системи “машина–середовище”. *Теорія і практика будівництва*, №11. 2013. С. 26–30.

4. ДСТУ Б В.2.7–176:2008 Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови. [Чинний від 30.09.2009]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 109 с.

5. ДСТУ Б В.2.7–214:2009 Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. [Чинний від 22.12.2009]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 43 с.
6. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для инженеров и научных работников. М.: Наука, 1984. 832 с.
7. Осипов А.Ф. Основные принципы проектирования динамически трансформирующихся технологических систем. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*, Вип.67. 2000. С. 162 – 165.
8. Тонкачєєв Г.М., Осипов О.Ф., Черненко В.К. Проектування технології зведення спеціальних будівель і споруд: методичні вказівки. К.: КНУБА, 2010. 48 с.
9. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник: Навч. посіб. / За ред. Ю.Л. Мазора, Є.А. Мачуського, В.І. Правди. К.: Вища школа, 1999. 838 с.
10. Технологія будівельного виробництва: підручник / М.Г. Ярмоленко, Є.Г. Романушко, В.І. Терновий та ін. К.: Вища шк., 2005. 342 с.

References:

1. Adler, Ju.P., Markova, E.V., Ghranovskij, Ju.V. (1976). *Planning an experiment to find optimal conditions*. Moscow: Nauka [in Russian].
2. Basarab, V. (2018). Investigation of the polyfrequency mode of oscillation of the electromagnetic shock–vibration unit. *Management of Development of Complex Systems*, (34), 182–187.
3. Basarab, V. (2013). The use of measuring equipment to study the physical processes of the system "machine–work environment". *Theory and practice of construction*, (11), 26–30.
4. *Concrete and concrete mixes. General technical conditions*. (2010). DSTU B V.2.7–176:2008 from 22th December 2009. Kyiv: Minreghionbud Ukraine [in Ukrainian].
5. *Concrete. Methods for determining the strength of control samples*. (2010). DSTU B V.2.7–214:2009 from 30th September 2009. Kyiv: Minreghionbud Ukraine [in Ukrainian].
6. Korn, Gh., Korn, T. (1984). *Handbook of mathematics for engineers and scientists*. Moscow: Nauka [in Russian].
7. Osypov, O.F. (2000). Basic principles of designing dynamically transforming technological systems. *Prykladna gheometrija ta inzhenerna ghrافika*, 67, 162–165 [in Ukrainian].
8. Tonkachejev, G.M., Osypov, O.F., Chernenko, V.K. (2010). *Design of technology for the construction of special buildings and structures*. Kyiv: KNUBA [in Ukrainian].
9. Mazor, Ju.L., Machusjkyj, Je.A., Pravda, V.I. (Eds). (1999). *Radio engineering. Encyclopedic textbook*. Kyiv: Vyshha shkola [in Ukrainian].
10. Jarmolenko, M. Gh., Romanushko, Je. Gh., Ternovij, V. I. (2005). *Construction technology*. Kyiv: Vyshha shkola [in Ukrainian].

V. Basarab, I. Umanets

Experimental research of technological properties of concrete mixing compression process under reconstruction conditions

The article is devoted to the experimental determination of technological properties of concrete mixtures in the conditions of reconstruction of buildings and structures. The

technology of construction works under erection and reconstruction largely depends on the properties of the main building materials, the peculiarities of the environment and also on the technological processes. Today, monolithic-frame construction technology is quite common, so the condition of high-quality performance of works is to determine and effectively use the properties of the concrete mixture, taking into account the methods and modes of technological processes. The relevance of doing inspections of buildings and structures in order to assess their technical condition, both in terms of operation and in terms of reconstruction or modernization was also emphasized. The purpose of work was development of a method of definition of properties of building structure during reconstruction of buildings and constructions and also algorithm of selection of a set of the experimental equipment was established. The analysis of modern methods for determining the properties of building materials and structures and analog-digital information processing devices to establish a real physical picture of changes in the stress-strain state of building structures in terms of reconstruction has been done. The method of determining the main properties of building structures using the theory of planning experiments was given. The scheme of installation of sensors and algorithm of data recording and processing of research results were given. Recommendations of using the main types of sensors and recording equipment to determine the stresses and strains that occur in building structures under operating conditions were given. Recommendations for the creation of research complexes in accordance to objectives and technological requirements were given. The main characteristics of monitoring the technical condition of building structures for the assessment and prediction of deformation processes in real time in order to minimize deviations of system parameters from operational values have been determined.

Key words: *experimental researches of a condition of building designs, the equipment of digital information processing, reconstruction, monitoring of a technical condition.*

Посилання на статтю

АРА: Basarab, V., & Umanets, I. (2022). Experimental research of technological properties of concrete mixing compression process under reconstruction conditions. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 50 (1), 3–14.

ДСТУ: Басараб В.А. Уманець І.М. Експериментальні дослідження технологічних властивостей процесу ущільнення бетонних сумішей в умовах реконструкції. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2022. № 50 (1). С. 3–14.