

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: **Науково-технічний супровід будівництва
 монолітних будівель в сучасних умовах**

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1929-пцб-з
 спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
 (код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво
 (код і назва освітньої програми)

Сафонов Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

ст.викл. Данкевич Н.О.

осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал

Рецензент

проф., д.т.н. Арутюнян І.А.

осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал

Запоріжжя

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
 Рівень вищої освіти другий магістрський рівень
 (другий (магістерський) рівень)
 Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
 (шифр і назва)
 Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ПЦБ
 проф. Арутюнян _____
 " _____ " _____ 20 _____

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ /ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Сафонов Денис Віталійович
 (прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Науково-технічний супровід будівництва
монолітних будівель в сучасних умовах
- керівник роботи Данкевич Н.О., ст.викл
 (прізвище, ім'я по батькові, науковий ступень, вчене звання)
 затверджені наказом ЗНУ від "25" 05 2020 року № 599 - с
2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020 р.
3. Вихідні дані до роботи конструктивні рішення монолітних будівель
особливості проектування, зведення і експлуатації висотних будівель, науково-технічн
навчальна, нормативна та періодична література
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
вступ, аналіз нормативних вимог до проектування висотних будівель,
загальні положення організаційно-технологічних рішень зведення монолітних конструкцій
науково-технічний супровід на стадії проектування, зведення та експлуатації, модель
системи моніторингу і управління процесом тверднення бетону в монолітних конструкціях
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
вступ, аналіз нормативних вимог до проектування висотних будівель,
конструктивних систем, техніко-економічне обґрунтування вибраних варіантів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Данкевич Н.О., ст. викл.		
Розділ 2	Данкевич Н.О., ст. викл.		
Розділ 3	Данкевич Н.О., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання

02 вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ, ЗВЕДЕННЯ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОНОЛІТНИХ БУДІВЕЛЬ	30.09.2020	
2.	НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ СУПРОВІД БУДІВНИЦТВА МОНОЛІТНИХ БУДІВЕЛЬ	21.10.2020	
3.	МОНІТОРИНГ ТВЕРДНЕННЯ БЕТОНУ В МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ	11.11.2020	
4.	Попередній захист		
5.	Оформлення та підготовка до захисту	02.12.2020	

Студент

(підпис)

Керівник роботи/проекту

(підпис)

Нормоконтроль пройдено

(підпис)

Сафонов Д.В.

(прізвище та ініціали)

Данкевич Н.О.

(прізвище та ініціали)

Данкевич Н.О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Сафонов Д. В. Науково-технічний супровід будівництва монолітних будівель в сучасних умовах.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Н.О. Данкевич Інженерний навчально-науковий інститут, Запорізький національний університет, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2020.

Проаналізовані конструктивні рішення та особливості проектування, багатопверхових монолітних будівель. Визначити основні аспекти організаційно-технологічних рішень зведення монолітних конструкцій в розрізі виконання бетонних робіт при зведенні каркасу будинку.

Виконано порівняльний аналіз існуючих методів визначення міцності бетону в конструкціях та обґрунтовано використання моделі системи моніторингу і управління процесом тверднення бетону в монолітних конструкціях для багатопверхових житлових будинків.

Ключові слова: НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ СУПРОВІД БУДІВНИЦТВА, МОНОЛІТНІ БУДІВЛІ, ГЕОТЕХНІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, ЯКІСТЬ БУДІВНИЦТВА, МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ, МОНІТОРИНГ ТВЕРДІННЯ БЕТОНУ.

Список публікацій магістранта:

Сафонов Д. В. Науково-технічний супровід будівництва монолітних будівель в сучасних умовах. *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С .*

ABSTRACT

Safonov D.V. Scientific and technical support of monolithic buildings construction in current conditions

Qualification final work for a master's degree in the specialty 192 - Construction and civil engineering, scientific advisor N.A. Dankevych Engineering Educational and Scientific Institute, Zaporizhzhya National University, Department of Industrial and Civil Engineering, 2020.

Constructive solutions and design features of multi-storey monolithic buildings are analyzed. The main aspects of organizational and technological solutions for the erection of monolithic structures in the context of the performance of concrete work during the construction of the frame have been determined. A comparative analysis of the existing methods for determining the strength of concrete in structures is carried out and the use of a model for monitoring and controlling the process of concrete hardening in monolithic structures for multi-storey residential buildings is substantiated.

Keywords: SCIENTIFIC AND TECHNICAL ACCOMPANIMENT IS BUILDINGS, MONOLITHIC BUILDINGS, GEOTECHNICAL MONITORING, BUILDING QUALITY, MONITORING OF THE TECHNICAL STATE OF CONSTRUCTIONS, MONITORING OF HARDENING OF CONCRETE.

List of postgraduate publications:

Сафонов Д. В. Науково-технічний супровід будівництва монолітних будівель в сучасних умовах. *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ* Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С .

АНОТАЦИЯ

Сафонов Д.В. Научно-техническое сопровождение строительства монолитных зданий в современных условиях.

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 192 - Строительство и гражданская инженерия, научный руководитель Н.А. Данкевич Инженерный учебно-научный институт, Запорожский национальный университет, кафедра промышленного и гражданского строительства, 2020.

Проанализированы конструктивные решения и особенности проектирования, многоэтажных монолитных зданий. Определены основные аспекты организационно-технологических решений возведения монолитных конструкций в разрезе выполнения бетонных работ при возведении каркаса. Выполнен сравнительный анализ существующих методов определения прочности бетона в конструкциях и обосновано использование модели системы мониторинга и управления процессом твердения бетона в монолитных конструкциях для многоэтажных жилых домов.

Ключевые слова: НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА, МОНОЛИТНЫЕ ЗДАНИЯ, ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, КАЧЕСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА, МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ, МОНИТОРИНГ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА.

Список публикаций магистранта:

1. Сафонов Д. В. Науково-технічний супровід будівництва монолітних будівель в сучасних умовах. *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ* Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С .

ЗМІСТ

	стр
ВСТУП.....	8
1 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ, ЗВЕДЕННЯ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОНОЛІТНИХ БУДІВЕЛЬ.....	13
1.1 Конструктивні рішення монолітних будівель.....	13
1.2 Особливості розрахунку і проектування монолітних будівель.....	18
1.3 Загальні положення організаційно-технологічних рішень зведення монолітних конструкцій.....	24
1.3.1 Проектування технології виконання бетонних робіт при зведенні каркасу будинку	25
1.3.2 Особливості влаштування монолітних фундаментних плит.....	27
1.3.3 Контроль за дотриманням правил виробництва робіт.....	28
1.3.4 Будівництво в умовах щільної міської забудови.....	31
1.4 Особливості експлуатації багатоповерхових монолітних будівель.....	32
1.5 Характерні дефекти і ушкодження конструкцій монолітних будівель.....	35
1.5.1 Помилки при проектуванні	35
1.5.2 Недоліки ведення будівельних робіт і експлуатації.....	37
2 НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ СУПРОВІД БУДІВНИЦТВА МОНОЛІТНИХ БУДІВЕЛЬ.....	39
2.1 Цілі і завдання науково-технічного супроводу будівництва.....	39
2.2 Науково-технічний супровід на стадії проектування.....	42
2.3 Науково-технічний супровід в процесі зведення будівель.....	48
2.3.1 Контроль якості матеріалів, виробів і конструкцій.....	49
2.3.2 Геотехнічний моніторинг будівлі.....	52
2.4 Науково-технічний супровід в процесі експлуатації будівель.....	58

2.4.1	Геодезичний моніторинг осідань і крену будівлі	61
2.4.2	Моніторинг деформацій і ушкоджень будівельних конструкцій.....	68
2.4.3	Сейсмометричний моніторинг.....	72
2.4.4	Контроль теплотехнічних показників будівлі.....	73
3	МОНІТОРИНГ ТВЕРДНЕННЯ БЕТОНУ В МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ.....	77
3.1	Існуючі методи визначення міцності бетону в конструкціях.....	77
3.1.1	Руйнівний метод.....	78
3.1.2	Випробування зразків бетону, відібраних з конструкції.....	78
3.1.3	Методи локального руйнування бетону.....	79
3.1.4	Механічні методи неруйнівного контролю.....	82
3.1.5	Ультразвуковий метод.....	83
3.2	Існуючі системи моніторингу тверднення і зміцнення бетону.....	84
3.3	Модель системи моніторингу і управління процесом тверднення бетону в монолітних конструкціях.....	93
	ВИСНОВКИ.....	99
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	100

ВСТУП

Актуальність теми дослідження: Нині в цивільному будівництві все більшого поширення набувають каркасні будівлі з монолітного залізобетону. Вони мають ряд переваг в порівнянні з цегляними і панельними, що і обумовлює їх широке застосування.

Монолітним будівлям властива велика архітектурна виразність, чим серійним зі збірних конструкцій. Немає конструктивних обмежень по конфігурації будівлі, розташуванню колон. Будівлі можуть придбавати будь-які криволінійні форми, мати будь-яку поверховість і завантаженість. Допустимо і природно вписується в планування будь-який складний переріз (таврове, куткове, кругле) основного елемента несучого каркасу, - колон.

В якості захисні конструкції, використовуються легкі теплоефективні матеріали, що мають високі теплозахисні показники (мінеральна вата, пінополістирол). Теплозахисні властивості зовнішніх стін збірних серійних будівель недостатні при сучасних вимогах по теплоізоляції. Тому їх будівництво зараз вимагає додаткових робіт і витрат по утепленню.

Будівництво монолітних будівель можливе в обмежених умовах реконструкції. Не потрібно монтаж збірних елементів, а значить не потрібний і дорогий кран (у разі застосування легких алюмінієвих опалубних систем).

Просторовий монолітний каркас забезпечує можливість спільної роботи усіх конструктивних елементів каркаса, що зменшує матеріаломісткість будівлі. Жорсткі вузли між елементами каркаса, що несуть, дозволяють перерозподілити зусилля в колонах, включаючи в роботу балки і перекриття.

Технологічні досягнення останніх років забезпечили підвищену міцність монолітного бетону. У промислових масштабах можливе виготовлення монолітного бетону класу С45/50 і вище. Підвищення марки бетону призводить до значного скорочення витрати дорогої арматури і загального

зниження вартості будівництва. Це особливо ефективно при великих відсотках армування залізобетонних конструкцій.

Поєднання жорсткого каркаса з жорстким фундаментом - наприклад, плитковим (на палях або ґрунтовій основі) - дозволяє зводити монолітні будинки на територіях з несприятливими ґрунтовими умовами (просідання, з неоднорідним нашаруванням, карстових). Утворення карстових провалів в результаті техногенного впливу міської інфраструктури на породи, що становлять підстави будівель, стане найближчим часом однією з головних проблем при будівництві. Досвід проектування монолітних каркасів багатопверхових будівель в ґрунтах з карстовими проявами показав незначну деформацію каркаса в місці провалу під колоною, що несла, навіть зі значними навантаженнями (не більше 1-1,5 см) за рахунок спільної роботи каркаса з фундаментною плитою. Це дозволяє значно скоротити витрату металу при будівництві будівлі.

Одним із способів підвищення ефективності монолітних каркасів може служити заглиблення каркасу будівлі в ґрунт на один - два поверху з виконанням підземної і цокольної частин в монолітному варіанті, включаючи зовнішні стіни. Це ще більше підвищить жорсткість будівлі і дозволить передавати навантаження від будівлі на щільніше нашарування ґрунтів.

Конструктивне рішення більшості монолітних будівель - залізобетонний каркас із захищають самонесучими конструкціями - стінами з цегли, комірчастого бетону, світлопрозорих фасадних систем. Велика різноманітність архітектурних прийомів обумовлює застосування нестандартних конструкторських рішень. На відміну від збірних каркасів і серійних житлових будівель (для яких накопичений великий досвід розрахунку, проектування і зведення) будівництво монолітних будівель вимагає особливого підходу і відповідальності в ухваленні рішень. В першу чергу це стосується висотних будівель (заввишки більше 75 м), які тільки починають зводитися в нашій країні і для яких відсутня достатня нормативна база і досвід проектування, зведення, експлуатації.

Для вирішення проблем, що виникають на етапах проектування і зведення будівельного об'єкту, які не обумовлені нормативними документами, спеціалізовані організації або безпосередньо проектувальники здійснюють науково-технічний супровід будівельного об'єкту.

Супроводом у будівництві є науково-технічна діяльність однієї або декількох організацій, пов'язана з виконанням певного комплексу робіт на різних етапах життєвого циклу будівельних об'єктів, у тому числі будівель або споруд, які є об'єктами культурної спадщини, потенційно небезпечних, унікальних, складних за конструктивними рішеннями і/або інженерно-геологічними умовами.

Головним завданням супроводу є забезпечення рішення містобудівних, архітектурних, конструктивно-технічних і будівельно-технологічних проблем з мінімальним ризиком помилок в умовах, які не регламентовані діючими нормами і стандартами, і за відсутності достатнього досвіду або прямих аналогів у вітчизняній і світовій практиці.

Основні положення науково-технічного супроводу будівельних об'єктів, види робіт, джерела фінансування і виконавці закріплені в положеннях ДБН В. 1.2-5:2007, який введений в дію з 01.01.2008 р.

Обов'язковому супроводу підлягають будівлі і споруди, що мають унікальне і особливо важливе народногосподарське, соціальне значення. Науково-технічний супровід об'єктів, які не підлягають обов'язковому супроводу, може здійснюватися за ініціативою відповідного органу державного нагляду, за замовленням власника будівлі або споруди, страхової компанії у разі страхування майна, генерального проектувальника і будівельної організації.

Мета магістерської роботи: аналіз методів і засобів комплексу робіт по науково-технічному супроводу проектування, зведення і експлуатації монолітних будівель.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлені і вирішені **наступні завдання:**

- 1) Проаналізувати конструктивні рішення та особливості проектування, монолітних будівель;
- 2) Визначити основні аспекти організаційно-технологічних рішень зведення монолітних конструкцій в розрізі виконання бетонних робіт при зведенні каркасу будинку;
- 3) Визначити основні цілі та завдання науково-технічного супроводу на стадії проектування, зведення та експлуатації будівель;
- 4) Виконати порівняльний аналіз існуючих методів визначення міцності бетону в конструкціях та обґрунтувати використання моделі системи моніторингу і управління процесом твердіння бетону в монолітних конструкціях для багатоповерхових житлових будинків.

Об'єктом дослідження є методи і засоби проведення робіт по науково-технічному супроводу багатоповерхових залізобетонних монолітних будівель.

Предмет дослідження: є сучасні розробки в сфері науково-технічному супроводу багатоповерхових залізобетонних монолітних будівель.

Методи дослідження: узагальнення стану питання теми магістерської роботи здійснено на підставі аналізу літературних джерел: журналів, книг, Інтернет - видань, нормативних норм та правил. Були використані загальнонаукові та спеціальні методи і моделі: метод систематизації, метод техніко-економічного порівняння.

Наукова новизна: теоретично обґрунтовано науково - методологічний підхід до системи моніторингу і управління процесом твердіння бетону в монолітних конструкціях багатоповерхових житлових будівель.

Практична цінність: розглянуті як існуючі «класичні» методи комплексу дослідницьких робіт, що виконуються в ході науково-технічного супроводу будівельних об'єктів, так і нові прогресивні, ще не включені в нормативні документи на методи обстеження і випробувань. Запропонована модель системи моніторингу і управління процесом твердіння бетону в монолітних конструкціях.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення роботи докладалися в 2020 році на науковій конференції XXV Науково-технічна конференція аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів Інженерного навчально-наукового інституту ЗНУ, (Запоріжжя, 2020р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

Структура і об'єм магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, виводів, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 105 сторінок тексту, у тому числі 14 рисунків, 3 таблиці. Список використаних джерел містить 49 найменувань

1 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ, ЗВЕДЕННЯ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОНОЛІТНИХ БУДІВЕЛЬ

1.1 Конструктивні рішення монолітних будівель

Конструктивне рішення включає конструктивну систему, а також конструктивну схему. Конструктивна система будівлі є сукупністю взаємозв'язаних конструктивних несучих елементів, забезпечують його міцність, стійкість і необхідний рівень експлуатаційних якостей.

Конструктивна несуча система монолітної залізобетонної будівлі складається з фундаменту, вертикальних несучих елементів (колон і стін), що спираються на нього, і що об'єднують їх в єдину просторову систему горизонтальних елементів (плит перекриттів і покриття).

Залежно від типу вертикальних несучих елементів (колони і стіни), конструктивні системи розділяють на:

- колонні (основним вертикальним несучим елементом є колони);
- стінні, де основним несучим елементом є стіни;
- колонно-стінні, або змішані, де вертикальними несучими елементами, є колони і стіни.

Конструктивні схеми в стінних конструктивних системах визначаються взаємним розташуванням стін, а в колонних - взаємним розташуванням між колонних балок відносно поперечних і подовжніх осей будівлі. Схеми бувають поперечні, подовжні і перехресні.

Нині застосовується декілька основних конструктивних схем багатоповерхових монолітних будівель [41,46]:

- - безкаркасна (стінна) стінами, що перехресно несуть навантаження;
- - рамно-каркасна;
- - каркасна з діафрагмами жорсткості;
- - стовбурно-стінна або каркасно-стовбурна.

Вибір конкретної конструктивної схеми будівлі залежить від комплексу чинників, основні з яких - висота будівлі, його призначення, умови будівництва (характеристики ґрунтів основи, сейсмічність, атмосферні, особливо вітрові, дії), архітектурно-планувальні вимоги.

При безкаркасній схемі із стінами, що перехресно несуть навантаження, основними несучими елементами є стіни. Вертикальні навантаження від перекриттів сприймаються і передаються основі поперечними і подовжніми стінами одночасно. Плити перекриттів працюють на вигин з площини в двох напрямках. Горизонтальні вітрові навантаження на будівлю сприймаються просторовою багатоосередковою системою, утвореною перекриттями, поперечними і подовжніми стінами. Висока просторова жорсткість такої системи сприяє перерозподілу в ній зусиль і зменшенню напруги в окремих елементах. Ця конструктивна схема застосовується для житлових будівель, де не потрібно великі вільні об'єми.

Рамно-каркасна конструктивна схема складається з сукупності подовжніх і поперечних рам в результаті жорсткого з'єднання колон і ригелів. Створені рами сприймають вертикальні і горизонтальні навантаження. При цій схемі забезпечується найбільша свобода планувальних рішень, конструктивно забезпечується перерозподіл зусиль і рівномірність деформацій в елементах рам, що підвищує надійність будівлі. Жорсткість і міцність з'єднань вимагає підвищених витрат арматури і бетону, ускладнює конструктивне рішення вузлів, підвищує трудомісткість і вартість зведення. При цій схемі неможлива уніфікація елементів в результаті різних величин зусиль із поверхів.

При каркасній схемі з діафрагмами жорсткості вертикальні навантаження сприймають колони каркаса, а горизонтальні - система поперечних і подовжніх зв'язків - діафрагм жорсткості. В результаті перерізу елементів каркаса, в порівнянні з рамним, зменшуються, а вузлові з'єднання стають простішими. Ця схема дозволяє широку уніфікацію основних

елементів каркаса - колон і ригелів, які мають однаковий переріз по усій висоті будівлі, відрізняючись лише армуванням і маркою бетону.

У будівлях стовбурно-стіної системи вертикальні навантаження сприймаються і передаються основі несучими стінами. Стовбурні елементи (шахти ліфтів, сходових клітин) проектуються як що самонесучі або такі які передають навантаження на плити перекриттів. Горизонтальні вітрові навантаження сприймаються стінами, що спільно несуть, і стовбурними елементами. Найкращі умови для просторової роботи конструкцій будівель, вирішених за стовбурною схемою, забезпечує строго центральне розташування ствола в плані, а також геометрична подібність форм планів будівлі і ствола при площі "ядра жорсткості" близько 20% від плану будівлі.

Стовбурна система органічно увійшла до практики будівництва, оскільки вдало поєднувалася з планувальною схемою будівлі. Стовбурну систему рекомендується застосовувати для будівель із зовнішніми несучими стінами, заввишки більше 16 поверхів з метою підвищення просторової стійкості і жорсткості будівель.

Конструктивні рішення монолітних будівель показані на рисунку 1.1.

Нині при проектуванні і будівництві монолітних багатопверхових будівель широке застосування отримали три типи фундаментів: пальові, плиткові і пальово-плиткові.

Пальовий фундамент є найбільш надійним і, відповідно, найпоширенішим типом фундаментів для монолітних будівель. Ця конструкція фундаменту застосовується при будівництві на основах з малою несучою здатністю, або значною неоднорідністю. Пальовий фундамент - найбільш дорогий тип фундаменту, проте його застосування, як показує практика будівництва і експлуатації будівель, дозволяє мінімізувати величини опади основи будівлі.

Плиткові фундаменти виконують або у вигляді суцільних монолітних залізобетонних масивів, товщина яких може доходити до 3 м або у вигляді монолітної коробчастої структури, внутрішні порожнини якої

використовують під автостоянки або інші технічні приміщення (для висотних будівель). Плитковий фундамент при піщаних і гравієвих підставах найбільш економічний, якщо навантаження на нього передається без значних ексцентриситетів.

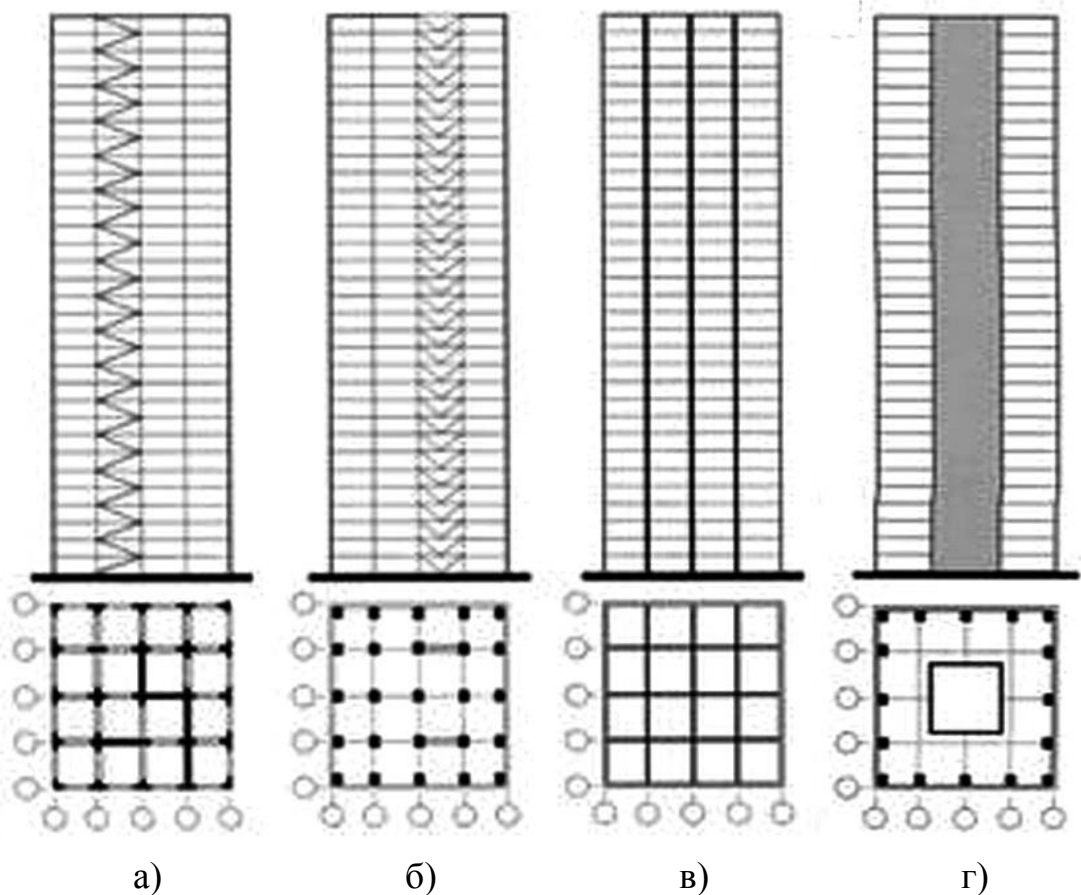


Рисунок 1.1 - Конструктивні схеми багатоповерхових монолітних будівель

а - рамно-каркасна, б - каркасна з діафрагмами жорсткості

в - безкаркасна із перехресно несучими стінами, г - каркасно-стовбурна

У пально-плитковому фундаменті до 80% навантаження від будівлі сприймається палями. Цей тип фундаменту доцільно застосовувати при слабких деформативних ґрунтах. Несиметричний (з ексцентриситетом) додаток навантаження може бути компенсований кількістю і розташуванням паль у фундаменті, а також за рахунок регулювання їх несучої здатності,

шляхом підбору діаметру і довжини. У ряді випадків пальово-плиткові фундаменти виявляються найбільш надійними і економічними.

Перекриття можуть бути монолітними, збірними або збірно-монолітними. Монолітні перекриття проектують як класичні багатопролітні нерозрізні системи, які оперуються на зовнішні стіни або залізобетонні балки по контуру або по трьох сторонах. Плити мають суцільний переріз завтовшки не менше 160 мм.

Збірно-монолітні перекриття складаються з двох елементів - нижньої збірної плити товщиною 40-60 мм, виконуючій функції незнімної опалубки, і верхнього монолітного бетонного шару завтовшки 100-120 мм.

Збірні перекриття монтують з типових виробів, вживаних в масовому будівництві, - панелей суцільного перерізу або багатопустотних настилів із спеціальної модифікацією торців. Вона полягає в збільшенні скосів торців, більшому розкритті торців настилів в зонах порожнеч і в додаткових арматурних випусках для пристрою зварних або петель зв'язків між елементами.

Зовнішні стіни за технологічною ознакою можна звести до трьох типів: повністю монолітні; збірно-монолітні (містять монолітний шар і збірні елементи) і стіни, що не містять монолітних бетонних включень [32].

Перша група стінних конструкцій найорганічніше вирішується при зведенні будівель в крупнощитової і блокової опалубці. Монолітні стіни проектують одношаровими з легких бетонів щільністю 1000-1400 кг/м³, класу не нижче С 8/10. Товщина стін складає 400-500 мм. Проте сучасні вимоги по тепловій ізоляції будівлі (ДБН В. 2.6-31:2016 [13]) значно обмежили область використання таких конструкцій.

Збірно-монолітні стіни містять монолітний шар завтовшки не менше 120 мм з важкого або конструктивного легкого бетону і збірний елемент стіни - «шкаралупа», який має утеплюючі і захисно-оздоблювальні функції, розташовується зовні монолітного шару, будучи його опалубкою, що залишається. Збірна шкаралупа, у свою чергу, може мати декілька варіантів

конструкції : одношарова легкобетонна панель, панель з конструктивного легкого бетону з утеплюючими вкладишами, залізобетонна ребриста панель з товщиною плити 80 мм і ефективним утеплювачем. Конструкції шкаралуп кріплять до монолітного шару гнучкими зв'язками. Панельні шкаралупи особливо часто застосовують в зарубіжній практиці, враховуючи їх ефективність як опалубку, що залишається, теплову ефективність і наявність високоякісної різноманітної фасадного оздоблення, позбавляє від неіндустріальних оздоблених операцій на будівництві. Одночасно це дозволяє використовувати для виробництва шкаралуп недовикористовуємі потужності домобудівних підприємств.

Збірні зовнішні стіни виконують переважно з бетонних навісних панелей або штучних кам'яних матеріалів (кладка з піноблоків, цегли з ефективним утеплювачем). У громадських будівлі широке застосування знаходять фасадні системи, де як несучі елементи, використовується каркас з погонажних профілів із сталі або алюмінієвих сплавів. Як світлопрозоре обгороджування широке застосування знайшли двокамерні склопакети із заповненням камер повітрям або інертним газом (аргоном). Підвищені вимоги до теплоізоляції і енергозбереження диктують застосування низкоемісійних К- або І-скла.

Конструкції внутрішніх несучих стін, як правило, маловаріантні. Це бетонні пластини з важкого або легкого конструктивного бетону, керамічної або силікатної цеглини, що працюють на внецентрове стискування. Стіни мають зазвичай конструктивне армування, робоче армування передбачають в перемичках і тонких простінках.

1.2 Особливості розрахунку і проектування монолітних будівель

Сучасні монолітні будівлі є складними конструктивними багатоелементними комплексами, що створюються для виконання великого числа різних функцій, і їх життєвий цикл пов'язаний з можливістю реалізації

багатьох робочих станів. Специфіка будівельної діяльності така, що її кінцевий продукт (будівля або споруда) повинен поєднувати в собі три суперечливих моменту: функціональність, естетичність і конструктивність.

Проектування будівлі можна умовно розділити на три основні етапи [39]:

- просторовий розрахунок будівлі;
- розрахунок елементів несучої системи;
- конструювання елементів і вузлів.

На першому етапі важливим є вибір розрахункової схеми, що найбільш повно відбиває дійсну роботу будівлі з урахуванням силових, температурних, усадкових і інших видів дій, спільної роботи надземної частини з фундаментами і основою (грунтами). Для будівель підвищеної відповідальності бажано розглянути роботу у разі відмови деяких елементів несучої системи, тобто спровокувати можливість створення надзвичайної ситуації.

Розрахункові моделі сучасних залізобетонних монолітних каркасних будівель є складними просторовими рамами з тисячами і десятками тисяч елементів і вузлів. Рекомендується застосовувати програмні комплекси, в яких реалізовані процедури розрахунку конструкцій з урахуванням фізичної й геометричної нелінійності, а також процесів, пов'язаних із життєвим циклом конструкції. У необхідних випадках рекомендується за цими програмними комплексами здійснювати розрахунок з урахуванням фізичної нелінійності залізобетону й ґрунтової (пальної) основи й виконувати ДБН В.2.2-24:2009. Комп'ютерне моделювання процесів зведення каркаса висотного будинку з урахуванням зміни фізико-механічних властивостей бетону в процесі зведення, а також процесів, пов'язаних з динамічними впливами (сейсміка, вітер), та процесів, пов'язаних з форс-мажорними ситуаціями (прогресуюче обвалення).

Для їх розрахунку застосовуються обчислювальні комплекси, засновані на методі кінцевих елементів. Найбільш поширеними в Україні є ЛИРА, SCAD, ROBOT MILLENIUM.

Використання вказаних програм значно спростило розрахунок таких конструкцій, різко змінило поняття про розміри доступних для вирішення завдань і, принаймні зовні, створило картину відносного благополуччя в частині розрахункових обґрунтувань рішень, що приймалися. З'явилися явно виражена тенденція до все більшого ускладнення використання розрахункових схем і збільшенню їх розмірності. Збільшення і ускладнення розрахункових схем будівлі з одного боку, стрімкий розвиток комп'ютерних технологій розрахунків з іншою на тлі уявної легкості моделювання і розрахунку призводить до того, що результати розрахунку аналізуються лише частково, що створює небезпеку виникнення або пропуску помилки. Укорінялася думка, що «хороша програма» і перевірені на безпомилковість початкові дані дають гарантію точного результату, але при цьому упускається дуже істотна сторона проблеми - для якого варіанту розрахункової моделі отриманий цей результат і яка міра його адекватності реальної конструкції, а не прийнятій розрахунковій моделі. Отримати відповідь на ці питання дуже непросто і у багатьох випадках для цього недостатньо розвинений теоретичний апарат, не кажучи вже про наявність відповідних функцій використовуваного програмного забезпечення.

При побудові розрахункової моделі доводиться враховувати наступні чинники [36]:

- ідеалізація геометричної форми.

В процесі геометричного моделювання вирішується питання про можливу ідеалізацію об'єкту в сенсі надання йому властивостей регулярності або симетрії, хоча сам об'єкт, можливо, і не є строго регулярним, а умови симетрії можуть бути в невеликій мірі порушеними. Проте регулярність і симетрія є такими потужними чинниками скорочення об'єму аналізу, що зазвичай на деякі відступи не звертають увагу.

- - ідеалізація матеріалу конструкції.

При ідеалізації матеріалу конструкції значення параметрів, характеризуючи властивості матеріалу (модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, межа плинності) приймаються по довідкових значеннях і передбачаються однаковими в межах досить великих частин споруди (чи по усій споруді), і відповідність їх реальних значень прийнятою аналізується дуже рідко. Ця традиція виникає з класичного підходу до розрахунку, де давно з'ясовано, що для таких, наприклад, матеріалів як конструкційна сталь мінливість фізико-механічні властивостей невелика і мало позначається на результатах розрахунку. Але, на жаль, висновки цього типу використовуються і далеко за межами своєї обґрунтованості. Досить сказати, що властивостями, що ідеалізуються і однаковими по простору, нерідко наділяються ґрунти основи, для яких припущення про малу мінливість параметрів не занадто виправдане, а частенько - просто не узгоджується з результатами інженерно-геологічних досліджень. Іншим типовим прикладом є наділ системи деяким усередненим значенням логарифмічного декременту коливань або інших аналогічних заходів дисипації, у той час коли такі параметри можуть змінюватися в межах споруди в десятки і сотні разів.

- облік фізичної нелінійності матеріалу.

В процесі розрахунку для моделювання пластичної роботи матеріалу іноді приймається рішення про виконання розрахунку з урахуванням його фізичної нелінійності. Проте такий прийом не завжди призводить до правильних результатів. Нелінійна залежність, що закладається в програму, між напругою і деформаціями однакова при вантаженні і розвантаженні, тобто придатна для пружного, а не для пластичного матеріалу. В цьому випадку потрібна тверда впевненість в тому, що вантаження конструкції буде активним, і ніякі розвантаження відбуватися не будуть, а для цього недостатньо припустити, що тільки зростатимуть усі зовнішні сили.

- різна роль окремих елементів будівлі при різних режимах вантаження.

При одних вантаженнях якісь елементи виконують тільки роль тих, що

захищають, а при інших вони істотно впливають на розподіл сил. Так, ігнорування ролі перегородок, що не несуть, при розрахунках, орієнтованих на виявлення граничного стану і конструювання силового каркаса будівлі, цілком правомірно, але відкидання їх вкладу при оцінці малих коливань конструкції може привести до помітної помилки.

- ідеалізація навантажень, діючих на конструкцію в різних режимах роботи. Взагалі, навантаження є одним з найменш вивчених компонентів системи, вони мають велику мінливість в часі і просторі, і ті розрахункові моделі, якими оперує проектна практика, досить умовні. Деякі з моделей навантаження, які традиційно використовуються при складанні розрахункових моделей (рівномірно розподілене навантаження, зосереджена сила, імпульсивна дія, гармонійна осциляція) є сильними фізичними абстракціями, про що потрібно добре пам'ятати при аналізі результатів розрахунку. Особливі багато помилок в процесі ідеалізації навантажень здійснюється в частині опису їх поведінки в часі, що призводить до недостовірної картини динамічної поведінки системи. Саме у динаміці найяскравіше проявляється зворотний зв'язок між навантаженням і спорудою, коли його поведінка міняє сам характер динамічно прикладених навантажень. Поняття навантаження є зручним способом опису взаємодії конструкції з довкіллям, але це - не єдина форма такої взаємодії. Часто необхідно описати не силове, а кінематична взаємодія, коли деякі, зовнішні по відношенню до системи, що розраховується, пристрої утрудняють переміщення або повороти окремих точок або нав'язують їй свої переміщення. Такі умови, звані зв'язками, майже завжди є присутній в розрахунковій моделі. Задане переміщення який або точки завжди реалізується у вигляді зміщення зв'язку, а звичайна зв'язок-опора є часткою випадком такої кінематичної дії, коли згадане задане переміщення має нульове значення.

- ідеалізація зв'язків (взаємодії окремих елементів системи один з одним). Що приймаються гушавині усієї умови повного збігу переміщень або взаємних поворотів в точках з'єднання (абсолютно жорсткий зв'язок), так

само як і їх альтернатива, тобто відсутність якої б то не було взаємодії по даних видах переміщень (шарнір, повзунок), є досить сильною ідеалізацією реальної картини взаємодії. При цьому найчастіше виходять не з кінематичних умов сполучення, а з гіпотез, пов'язаних з силовими аспектами взаємодії. Нескінченно жорсткий зв'язок, що абсолютно точно нав'язує системі певне (можливо, нульове) значення переміщення є ідеалізацією. Насправді взаємодія з довкіллям реалізується через деякі пристрої, що мають, можливо, дуже велику, але не нескінченно велику жорсткість.

Ідеалізація розрахункової моделі і неможливість зробити її абсолютно адекватній реальній конструкції створюють ситуацію деякої невизначеності, і саме в умовах такої невизначеності доводиться приймати проектні рішення.

Невизначеність породжується як недоступністю усієї необхідної інформації (наприклад, невідомі усі можливі в майбутньому режими роботи конструкції), так і її неповнотою (фактичні значення фізико-механічні властивостей в будь-якій точці конструкції). Недоступність деяких видів інформації і її неповнота є принциповими моментами, вони не можуть бути до кінця здолані, тому ніколи не можна сказати, що в розрахунковій моделі враховано усе.

Є також і інші чинники, що визначають приблизність розрахункової моделі і що призводять до виникнення помилок, спотворень і протиріч :

- помилки розрахункового моделювання (помилки апроксимації), що виникають або за рахунок приблизності знань про об'єкт, або за рахунок їх навмисного загублення. До такого роду «помилкам» можна віднести використання спрощених математичних описів - вибір поліномів відносно невеликої міри для опису поля переміщень в методі кінцевих елементів і т. п.

- помилки від неузгодженості наукових теорій і гіпотез, використаних для описів різних деталей однієї і тієї ж розрахункової схеми.

- наближеність майже усіх параметрів моделі, що задаються, пов'язану з реально існуючими допусками на розміри, вагу, щільність і інші вимірювані величини.

З практичної точки зору згадані неточності розрізняються мало, хоча в одному випадку маємо справу з обмеженою точністю модельного представлення (свідомою або несвідомою), а в другому - з обмеженою точністю «оригіналу».

У існуючих нормах проектування, як правило, не приводяться відомості про ті розрахункові моделі, для яких відповідні рекомендації норм обґрунтовані. Частенько ці розрахункові моделі досить примітивні і дуже грубо відбивають особливості напружено-деформованого стану елемента, що розглядається не ізольовано, а у складі складнішої розрахункової схеми.

1.3 Загальні положення організаційно-технологічних рішень зведення монолітних конструкцій

Комплексний процес зведення монолітних залізобетонних конструкцій будинків і споруд включає:

- заготівельні процеси (виготовлення опалубки, арматурних каркасів, армоопалубних блоків, приготування бетонної суміші);
- транспортні процеси;
- монтажно-укладальні процеси.

Монтажно-укладальні процеси – це встановлення опалубки, монтаж арматури чи арматурно-опалубних блоків, укладання і розігрівання бетону (в зимових умовах чи при необхідності прискорення процесу тверднення), догляду за бетоном, розбирання опалубки після досягнення бетоном потрібної міцності. У залежності від архітектурно-конструктивних рішень будинків, об'єму монолітного залізобетону, необхідної інтенсивності виконання робіт, визначають способи бетонування конструкції. У той же час, вибір засобів механізації в значній мірі залежить від конструкції опалубки, яку використовують для зведення конструкцій будівель і споруд. У залежності від виду монолітних залізобетонних конструкцій, геометричних характеристик і розташування в просторі проектується технологія їх

зведення. Комплексний процес при використанні розбірно-переставної опалубки складається із чотирьох основних процесів: установка опалубки, монтаж арматури, укладання бетонної суміші та демонтаж опалубки. Між третім і четвертим процесами організовують технологічну перерву (t_{тп}), під час якої здійснюють догляд за бетоном. Догляд за останнім здійснюють у початковий період його тверднення і має забезпечувати: підтримання волого-температурних 28 умов тверднення; запобігання виникненню значних температурно-усадочних деформацій і тріщин; оберігання бетону, що твердне, від ударів, струшувань, що може погіршити його якість. При цьому проводять заходи, що запобігають збезднюванню бетону, а також передаванню на нього зусиль і струшувань. Строки початку розбирання опалубки залежать від досягнення бетоном потрібної міцності.

При зведенні багатопверхових монолітних будівель необхідно вирішувати ряд технологічних і організаційних завдань:

- дотримання технології бетонування конструкцій (ущільнення, догляд за бетоном);
- якість вживаних матеріалів і виконуваних робіт;
- організацію будівництва в умовах щільної міської забудови.

1.3.1 Проектування технології виконання бетонних робіт при зведенні каркасу будинку

При проектуванні комплексного процесу зведення надземних конструкцій будівлі, доцільно використовувати потоковий метод виконання робіт, який ґрунтується на рівномірній безперервній роботі всіх ланок процесу і супроводжується рівномірною участю робочої сили і використанням будівельних матеріалів. Для організації потокового виконання робіт поверх в плані умовно розбивають на захватки з додержанням таких вимог:

- захватки мають бути приблизно рівними за трудомісткістю, із забезпеченням безперервного укладання бетону;
- найменший розмір захватки має забезпечувати продуктивну роботу оптимального складу бригади і комплекту машин на протязі зміни;
- межі захваток призначають у місцях з найменшими значеннями перерізуючої сили і моменту, з організацією робочих швів.

Головною особливістю технології зведення монолітних будівель є розміщення усього виробничого циклу на будівельний майданчик просто неба, а це означає, що погодні умови (дощ, сніг, вітер, жара і холод) створюватимуть додаткові труднощі виробництву монолітних конструкцій. Особливі складнощі виникають при бетонуванні в зимових умовах. Основна проблема полягає в замерзанні незв'язаної води зачинення в початковий період структуроутворення бетону. Якщо зупиняється реакція гідратації - бетон не твердне. При ранньому заморожуванні вода при переходжені в лід збільшується в об'ємі приблизно на 9% і викликає значні сили внутрішнього тиску, які порушують незміцнілу структуру бетону [34]. На поверхні зерен великого заповнювача (щебеню) і арматури крижана плівка, що утворилася, віджимає цементне тісто від арматури і заповнювача, що перешкоджає створенню щільної структури після відтавання бетону. При позитивній температурі замерзла вода перетворюється на рідину, і процес гідратації цементу поновлюється, але порушені структурні зв'язки в бетоні повністю вже не відновлюються. Кінцева міцність "замороженого" бетону зазвичай приблизно на 20% нижче за проектну, також зменшуються його щільність, водонепроникність, морозостійкість, довговічність. Якщо до заморожування бетон набере необхідну початкову міцність (критичну міцність по морозостійкості), то вказані несприятливі процеси не понизять його міцні показники і фізичні властивості.

1.3.2 Особливості влаштування монолітних фундаментних плит

Як було зазначено раніше інвестори та будівельні компанії зацікавлені в спорудженні об'єктів у місцях найсприятливіших для подальшої експлуатації. Це призводить до використання під забудову ділянок, які колись вважалися неперспективними через складність рельєфу, щільність прилеглої забудови, слабкі ґрунти, чи високий рівень ґрунтових вод.

Частіше конструкцією фундаментів багатоповерхових будівель є буронабивні палі з плитковими ростверками або фундаментні плити. Влаштування фундаментної плити в потоці робіт по пристрою підземної частини висотної будівлі є складним і досить тривалий самостійний етап, що вимагає від ген-підрядчика спеціальної організаційної і технологічної підготовки. Фундаментні плити багатоповерхових і висотних будівель повсюдно виконуються з монолітного залізобетону і мають досить складні контури в плані при товщині 1-4 м і загальному об'ємі 2000-4000 м³. Можна виділити наступні основні технологічні проблеми, пов'язані з їх влаштуванням [40]:

1) Арматурний каркас фундаментних плит представляє собою потужні нижню і верхню багат шарові сітки, що спираються на стержні вертикальної арматури з системним кроком 0,5-1 м, з місцевим додатковим армуванням в зоні колон, що несуть, і пілонів. Через це арматурний каркас стає як би самостійною конструкцією, що вимагає рішень по забезпеченню стійкості і безпечно-сти на всіх стадіях його створення.

2) Високоміцні бетони (класу С25/30 і більше з пониженим вмістом цементу і підвищеною рухливістю бетонної суміші), що передбачаються проектом, істотно підвищують вимоги до процесів виготовлення, транспортування і укладання суміші.

3) Вимоги по безперервності бетонування фундаментної плити у поєднанні з її великою товщиною і площею ділянок бетонування приводять:

- до необхідності уповільнення термінів схоплювання суміші після укладання до 12-20 годин;
- використанню бетоноукладочних комплексів великої продуктивності у поєднанні з залученням великої кількості транспортної техніки;
- залученню значного числа вібраторів і ретельному забезпеченню вібрації суміші в усіх локальних об'ємах укладання.

4) Витримка масивних фундаментних плит після укладання суміші протікає з дотриманням край-не жорстких температурних вимог за швидкостями розігрівання-охолодження бетону і температурним перепадам між центральними і крайовими зонами.

Приведених вище вимог вистачає для того, щоб у складі проекту виробництва робіт (ПВР) на будівництво багатоповерхової або висотної будівлі розділ, пов'язаний з пристроєм фундаментної плити, мав самостійне і обов'язкове значення.

1.3.3 Контроль за дотриманням правил виробництва робіт

Для отримання бетонів високої якості і економічності необхідно проводити постійний контроль за їх виробництвом і на його основі керувати технологічними процесами, вносячи в них необхідні зміни і корективи, що враховують коливання властивостей вихідних матеріалів і умов виробництва і гарантують отримання заданих властивостей бетону при мінімальних матеріальних, енергетичних і трудових витратах.

Контроль виконується на всіх стадіях виробництва бетону і виробів з нього і включає контроль властивостей вихідних матеріалів, приготування бетонної суміші і її ущільнення, структуроутворення і твердіння бетону і властивостей готового матеріалу або виробу. Для контролю використовують різні способи і прилади. За отриманими результатами вносять корективи до складу бетону, параметри і режими технологічних операцій на основі

закономірностей, що враховують вплив на властивості готового бетону різних технологічних факторів.

На будівельному майданчику здійснюється контроль за дотриманням правил виробництва робіт, який охоплює усі технологічні операції, включаючи установку опалубки, арматури, транспортування суміші, укладання і ущільнення її в опалубці, догляд за тужавленням бетону і зняття опалубки [28].

Не дивлячись на те, що характеристики бетонної суміші і затверділого бетону контролює лабораторія бетонного заводу, їх необхідно перевіряти і безпосередньо на будівництві. Біля місця укладання перевіряють однорідність і рухливість бетонної суміші. Якщо помічено, що суміш при транспортуванні розшарувалася, негайно вживають заходи по її відновленню.

Таблиця 1.1 - Склад операцій і засобу контролю

Етапи робіт	Контрольовані операції	Контроль (метод, об'єм)	Документація
1	2	3	4
Підготовник роботи	Перевірити - наявність акту огляду раніше виконаних робіт; - виконання очищення поверхні шару, що пролягає нижче, від сміття, грязі, снігу і полому; - рівність поверхні шару, що пролягає нижче, або фактичну величину заданого ухилу; - винесення відміток чистої підлоги; - установку маякових рейок (відстань між рейками, надійність кріплення, відмітка верху рейок); - установку пробок в місцях розташування отворів отворів, анкерів.	Візуальний То ж Вимірник, не менше 5 вимірів на 50-70 кв.м поверхні Вимірювальний Технічний огляд Візуальний	Акт огляду прихованих робіт, загальний журнал робіт

Продовження таблиці. 4.2

1	2	3	4
Укладання бетонної суміші	Контролювати: - дотримання технології укладання бетонної суміші (якість загладжування поверхні і міра ущільнення бетону); - товщину бетону, що укладається; - якість закладення робочих швів.	Візуальний Вимірювальний Візуальний	Загальний журнал робіт
Приймання виконаних робіт	Перевірити: - фактичну величину міцності бетону; - дотримання заданих розмірів товщини, площин, відміток і ухилів; - зовнішній вигляд поверхні підлоги; - зчеплення покриття підлоги з шаром, що пролягає нижче.	Вимірювальний То ж Візуальний Технічний огляд	Акт прийомки виконаних робіт
Контрольно-вимірювальний інструмент: рулетка, рівень будівельний, двометрова рейка, нівелір, лінійка металева.			
Операційний контроль здійснюють: майстер (виконроб), геодезист - в процесі виконання робіт. Прийомочний контроль здійснюють: працівники служби якості, майстер (виконроб), представники технагляду замовника.			

На об'єктах, де одночасно укладають бетонні суміші різних марок, на кожну партію необхідно мати паспорт. У нім вказують марку суміші, її рухливість, вид цементу, великість заповнювача.

При прийманні забетонованих конструкцій, згідно вимогам державних стандартів, що діють, визначається:

- якість бетону відносно міцності, а в необхідних випадках морозостійкості, водонепроникності і інших показників, вказаних в проекті;
- якість поверхонь;
- наявність і відповідність проекту отворів, отворів і каналів;

- наявність і правильність виконання деформаційних швів;

Таблиця 1.2 - Граничні відхилення для монолітних залізобетонних конструкцій

Параметр	Граничні відхилення
1. Відхилення ліній площин пересічення від вертикалі або проектного нахилу на всю висоту конструкцій для:	
фундаментів	20 мм
стенів і колон, що підтримують монолітні покриття і перекриття	15 мм
стенів і колон, що підтримують збірні балочні конструкції	10 мм
стенів будівель і споруд, що зводяться в ковзної опалубці, за відсутності проміжних перекриттів	1/500 висоти споруди, але не більше 100 мм
стенів будівель і споруд, що зводяться в ковзної опалубці, за наявності проміжних перекриття	1/1000 висоти споруди, але не більше 50 мм
2. Відхилення горизонтальних площин на всю довжину ділянки, що вивіряється	20 мм
3. Місцеві нерівності поверхні бетону при перевірці двометровою рейкою, окрім опорних поверхонь	5 мм
4. Довжина або проліт елементів	±20 мм
5. Розмір поперечного перетину елементів	±6 мм; 3 мм
6. Відмітки поверхонь і заставних виробів, службовців опорами для сталевих або збірних залізобетонних колон і інших збірних елементів	5 мм
7. Ухил опорних поверхонь фундаментів при тому, що спирається сталевих колон без підливки	0,0007
8. Розташування анкерних болтів:	
усередині контури опори	5 мм
у плані зовні	10 мм
по висоті	±20 мм
9. Різниця відміток по висоті на стику двох поверхонь	3 мм

1.3.4 Будівництво в умовах щільної міської забудови

У сучасних соціально-економічних умовах проблема будівництва багатоповерхових будівель в умовах щільної міської забудови стає все більш

актуальною. Світова практика показала, що будівництво багатоповерхових будівель – природний етап на шляху розвитку великих міст. Це обумовлено дефіцитом територій, придатних для будівництва, високої вартості землі, здебільшого в середмісті та бажанням підвищити престижність міста.

Тому при будівництві багатоповерхових монолітних житлових будівель в умовах щільної міської забудови мають бути враховані технологічні чинники, дотримання яких забезпечило б високу якість виконуваних робіт і експлуатаційну придатність будівель і споруд, що потрапляють в зону дії будівельних робіт. Особлива увага повинна приділятися особливостям виробництва земляних робіт при пристрої траншей і котлованів, забивання паль а також особливостям зміцнення стін котлованів і траншей. Обмеженість площ, виділених під забудову, створює складність в повноцінному розгортанні будівельного майданчика, неможливості розташування на будівельному майданчику повного комплексу побутових і інженерних споруд, машин і механізмів. У необхідних випадках можливо виробляти розробку котловану ділянками, уступами, починаючи з тих зон, де відсутнє примикання існуючих будівель до будівельного майданчика.

1.4 Особливості експлуатації багатоповерхових монолітних будівель

Будівлі в процесі їх зведення і експлуатації піддаються вертикальним і горизонтальним зміщенням, які приводять будови до деформації. Вона виникає з причин, зв'язані з інженерно-геологічними і гідрогеологічними умовами і фізико-механічними властивостями ґрунту, а також з помилками при дослідженнях, проектуванні, будівельно-монтажних роботах і експлуатації будівель.

Найбільш поширеними видами зміщень для багатоповерхових каркасних монолітних будівель є осідання і крен. Рівномірне осідання відбувається у випадках, коли тиск, що викликається масою будівлі, і

стисливість ґрунту в усіх частинах основи під фундаментом однакові. Рівномірне осідання не знижує міцності і стійкості будівлі або споруди. Але якщо її величина значно перевищує розрахункову, то це може визвати зміна фізико-механічних властивостей ґранту і привести до порушення взаємозв'язку будівлі або споруди з інженерними комунікаціями, а також до нерівномірного осідання.

Нерівномірне осідання виникає в результаті різного тиску частин будівлі або споруди і неоднакового стискання ґрунту під фундаментом. Це призводить до нерівномірних зміщень над фундаментних конструкцій, тобто до їх деформації. По дії таке осідання є небезпечнішим для будівлі і небезпека тим більше, чим значніше різниця осідань його частин і чутливіше до них конструкції. Рамні каркаси монолітних будівель найбільш чутливі до нерівномірних осідань основи, які можуть викликати в їх вузлах значну напругу.

У часі можна виділити два етапи деформацій будівлі. Перший етап триває 2-3 року, протягом яких відбуваються незначні деформації нового будинку, пов'язані з ущільненням ґрунтового масиву, усадкою між панельних швів і ущільнювачів, перерозподілом статичних навантажень з початком експлуатації. Потім настає період відносної стабілізації, який може бути тривалим, поки не виникнуть негативні чинники, сприяючі зародженню і розвитку деформацій споруди, що приводять його в непридатність.

Опір будівельної конструкції в процесі експлуатації зовнішнім діям визначається трьома основними чинниками: властивостями матеріалів елементів конструкції, напружено-деформованим станом елементів конструкції, дією експлуатаційного довкілля. Усі ці чинники в технологічному і експлуатаційному періодах життєвого циклу будівельної конструкції змінюються з часом, впливаючи один на одного.

Залежно від конкретного поєднання системи матеріал - напружений стан - зовнішнє середовище можливі різні види руйнування будівельної конструкції від механічного (з освітою і розвитком з високою швидкістю тріщин) до

корозійного (з поступовим послабленням навантажених перерізів елементів внаслідок втрати міцності матеріалом під дією доквілля).

Властивості матеріалу, визначальні опірність будівельних конструкцій руйнуванню, залежать від початкових параметрів матеріалу, їх зміни під впливом технологічної обробки в процесів виготовлення конструкцій з них (зварювання, бетонування) і зміни в процесі експлуатації. Перший чинник визначає початкову опірність матеріалу дії навантаження і експлуатаційної середовища в заданих умовах, а другий і третій чинники характеризують міру зміни цієї опірності, причому вони можуть як знижувати, так і підвищувати її. Зазвичай технологічні зміни відбуваються протягом коротких порівнянь з експлуатаційними інтервалами часу. Особливо значна зміна властивостей матеріалу відбувається при спільній дії навантаження і експлуатаційного середовища.

При експлуатації багатоповерхових будівель доводиться вирішувати різні завдання, які можуть бути розділені на три етапи, :

- моніторинг технічного стану конструктивних елементів, інженерних систем, приміщень і прилеглої території;
- комплекс заходів по попередженню передчасного зносу і оперативного управління параметрами місця існування;
- стратегія, що передбачають усунення (ліквідацію) фізичного і морального зносу.

Кожен з перерахованих параметрів значною мірою визначає об'єм, склад і терміни проведення інших етапів, загальну потребу в матеріальних і трудових ресурсах, об'єми матеріально-технічного забезпечення.

Уникнути невиправданих ризиків і втрат при експлуатації багатоповерхових будівель можна тільки при застосуванні науково обґрунтованих планів дій в різних можливих (навіть теоретично) експлуатаційних ситуаціях, які мають бути сформульовані ще при проектуванні і зведенні будівлі.

Так при проектуванні необхідно визначити найбільш відповідальні за безпеку і життєзабезпечення конструкції і елементи інженерних систем; можливі зміни їх первинних параметрів і прояв подібних змін; допустимі відхилення первинних параметрів; принципи визначення відповідності фактичного стану елементів будівлі їх проектним значенням.

Сучасні багатоповерхові будівлі (особливо адміністративні) характеризуються значно більшою насиченістю інженерними системами з глобальним застосуванням засобів автоматичного управління. Але будь-який автоматичний пристрій не є абсолютно надійним. Тому у разі виходу його з ладу можуть виникати складні завдання, оскільки наслідки виходу з ладу можуть не виявлятися в очевидних ознаках, а позначатися тільки у разі послідовного виходу декількох автоматів з ладу в системи. Насиченість інженерними системами крім того є чинником, що утрудняє виробництво налагоджувальних і, особливо ремонтних робіт, і значно ускладнює перспективну заміну або реконструкцію систем.

Ряд невизначеностей виникає із застосуванням нових технологій, наприклад улаштування фасадів будівлі. Багатоповерхові будівлі є центром архітектурної забудови, тому навіть незначні ушкодження оздоблення фасадів у край небажані, оскільки різко знижують естетичний вид будівлі і комерційну привабливість.

1.5 Характерні дефекти і ушкодження конструкцій монолітних будівель

1.5.1 Помилки при проектуванні

Дефекти і ушкодження конструктивних елементів будівель часто викликані недоробками проектних рішень, серед яких можна виділити наступні:

- необґрунтоване ускладнення архітектурних форм, що викликають неповноцінність конструктивних схем, непорівнянність по поверхових планувань, нерегулярне розташування отворів;

- некоректний вибором розрахункових моделей і методів розрахунку основних несучих елементів будівель (невірною оцінкою реальних жорсткостей будівельних конструкцій і вузлів їх сполучення, недостатньо повним обліком фізичних і геометричних ексцентриситетів додатка навантажень, не облік стадійності завантаження та ін.);

- порушення і недосконалість технології проектування (допущення, що приймаються, за властивостями матеріалів, розмірами конструкції, при математичному моделюванні роботи конструкції);

- захоплення комп'ютерними розрахунками без чіткого уявлення про роботу конструкції;

- при проектуванні стін, що утеплюють, наявністю переходів від захищених конструкцій до відкритих, утворенням «містків холоду», застосуванням відкритих для різкого охолодження (укорочення) конструкцій, що спільно працюють з утеплюючим шаром, а також застосування тришарових стін з жорсткими зв'язками. Несприятливий напружено-деформований стан виникає в зоні контакту холодних бетонних стін цоколя з утеплюючим шаром зовні вище розміщеними стінами, навіть при малій довжині температурних блоків.

- недостатнім опрацюванням питань стадійності зведення секцій. Це пов'язано з некоректним обліком взаємного впливу суміжних будівель або їх частин, що зводяться зі значною розбежкой за часом і поетапним вантаженням, застосуванням ударних і вібраційних технологій при улаштуванні пильових фундаментів, а також закладці котлованів поблизу побудованих об'єктів без належних захисних заходів.

- відсутність чітких формалізованих регламентів, що описують послідовний набір обов'язкових дій при проектуванні;

- погана обізнаність проектувальників про досвід проектування споріднених об'єктів.

1.5.2 Недоліки ведення будівельних робіт і експлуатації

Значне зниження нормованого рівня надійності будівельних об'єктів аж до створення аварійних ситуацій обумовлене дефектами виготовлення, транспортування і монтажу конструкцій.

Частіше порушуються геометричні допуски виготовлення і монтажу будівельних елементів, відбуваються несвоєчасна установка зв'язків і зварювання арматурних випусків залізобетонних виробів, порушення проектного армування, завищення водоцементного співвідношення бетону, внаслідок чого занижуються його міцні характеристики, допускається укладання розчину після схоплювання. Характерними є порушення виконання антикорозійного захисту конструкцій, їх консервації на період технологічних перерв і так далі

Серед причин незадовільної якості будівництва слід виділити проблему низької морозостійкості матеріалів. Бетони практично не замовляються і не контролюються по морозостійкості. Цеглу випускається з морозостійкістю, приблизно в 2 рази нижче за середньоєвропейський рівень. В основному через це вимагають підвищених експлуатаційних витрат практично усі раніше фанеровані фасадні поверхні.

Багато проблем виникає при виконанні зимової кладки методом заморожування. Мають місце факти ігнорування теплового захисту монолітного бетону при його електропрогріванні в зимових умовах.

Найважливішим негативним чинником, що багаторазово збільшує витрати на експлуатацію конструкцій і будівель в цілому, є традиційне ігнорування прийомів конструктивного захисту. Дефекти карнизів, вимощення, неорганізоване скидання води із скатних покрівель, неякісна гідроізоляція підвалів, відсутність пароізоляції по внутрішніх поверхнях

сантехнічних приміщень і, навпаки, паронепроникна оздоблення зовнішніх поверхонь стін, низька якість пристрою деформаційних швів, примикань покрівель, антикорозійного захисту заставних і сполучних деталей значно скорочує довговічність конструкцій.

Найбільшу небезпеку представляє несприятливе поєднання декількох чинників : проектних помилок з дефектами виконання будівельно-монтажних робіт і порушеннями умов експлуатації будівель.

2 НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ СУПРОВІД БУДІВНИЦТВА МОНОЛІТНИХ БУДІВЕЛЬ

2.1 Цілі і завдання науково-технічного супроводу будівництва

Супроводом у будівництві є науково-технічна діяльність однієї або декількох організацій, пов'язана з виконанням певного комплексу робіт на різних етапах життєвого циклу будівельних об'єктів, в тому числі будівель чи споруд, що є об'єктами культурної спадщини, потенційно небезпечних, унікальних, складних за конструктивними рішеннями та/або інженерно-геологічними умовами.

Метою науково-технічного супроводу є вирішення проблем, які не обумовлені нормативними документами та можуть виникнути на різних етапах життєвого циклу будівельного об'єкта. Головним завданням супроводу є забезпечення вирішення містобудівних, архітектурних, конструктивно-технічних та будівельно-технологічних проблем з мінімальним ризиком помилок в умовах, що не регламентовані чинними нормами і стандартами, та за відсутності достатнього досвіду або прямих аналогів у вітчизняній та світовій практиці.[25].

Вперше у 2007 році Державним науково-дослідним інститутом будівельних конструкцій Мінбуду України було розроблено ДБН В.1.2-5:2007 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів» цілями якого є [11,25]:

- забезпечення якості виконуваних робіт, надійності конструкцій, що зводяться, і безпеки об'єкту при будівництві, створення бази для безпечної експлуатації будівель і споруд;
- забезпечення безпеки і стійкості будівель, розташованих в зоні впливу нового будівництва;

- своєчасний облік техногенних, кліматичних дій і інших надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути в ході будівництва і експлуатації.

В ході науково-технічного супроводу будівництва вирішуються наступні завдання:

- аналіз результатів різних видів моніторингу і даних контролю якості будівництва;

- складання прогнозу поведінки будівлі, що зводиться, або споруди (чи окремих видів конструкцій) з урахуванням усіх можливих видів дій і виникнення надзвичайних ситуацій;

- складання прогнозу поведінки будівель і споруд, що оточують район будівництва;

- складання прогнозу зміни локальних геологічних і кліматичних чинників як результату будівельної діяльності;

- розробка оптимальних технічних і технологічних рішень проблем, що виникають в процесі будівництва, а також що не знайшли віддзеркалення в проектній документації. Узагальнюючи вищесказане, можна дати наступне визначення: науково-технічний супровід будівництва - це комплекс робіт науково-методичного, експертно-контрольного, інформаційно-аналітичного і організаційно-правового характеру, здійснюваних з метою забезпечення якості і безпеки будівельних робіт і наступної безпечної експлуатації будівель і споруд.

Науково-технічний супровід повинен здійснюватися науково-дослідною організацією або групою організацій за профілем їх діяльності і передбачати їх участь на усіх етапах будівництва, починаючи від проектування, у вигляді експертизи, консультацій, інформаційного забезпечення, рекомендацій, науково-технічних і технічних звітів. Згідно ДБН В. 1.2-5 [11] науково-технічний супровід будівництва пов'язаний з виконанням наступних видів робіт :

- аналіз світового досвіду проектування подібних об'єктів і вибір конструктивних і технологічних рішень;

- оптимізацію конструктивних схем об'єкту або його елементів (геометрія, конструктивні рішення, матеріали, які застосовуються);
- варіантне опрацювання об'єкту і порівняльний аналіз розроблених варіантів;
- уточнення властивостей ґрунтової основи об'єкту і кліматичних умов на території забудови;
- проведення дублюючих розрахунків основи, фундаментів, конструкцій, інженерного устаткування;
- апробацію прийнятих конструктивних і технологічних рішень, у тому числі технологій моніторингу;
- розробка експлуатаційної документації об'єкту;
- оцінка впливу нового будівництва на навколишні будівлі і споруди і населення, що проживає в межах території забудови;
- розробка проектів експлуатації і технологій моніторингу, які застосовуються на етапах експлуатації і зняття об'єкту з експлуатації;
- розробка проектів інтегрованих автоматизованих систем моніторингу і управління об'єкту;
- розробка проектів ліквідації об'єкту.

Впровадження науково-технічного супроводу будівництва пов'язане з новизною проектування багатофункціональних висотних комплексів, коли використовуються конструктивні схеми будівель, що забезпечують вільне по поверхове планування, що у свою чергу визначає зміну осей вертикальних конструкцій, що несуть, що призводить до великих зусиль, які випробовують перехідні залізобетонні перекриття. До особливостей конструктивного характеру слід також віднести ту обставину, що висотні будівлі створюють великі тиски на підстави і фундаменти, і це призводить до великих осідань будівель. Через ці особливості вважається обов'язковим проводити спостереження за поведінкою таких будівель в період будівництва і початковий період експлуатації висококваліфікованими фахівцями із сторонніх спеціалізованих організацій.

Будівельна практика минулих років свідчить про те, що науково-технічний супровід будівництва є найбільш ефективним і необхідним в двох основних випадках :

- при експериментальному будівництві типових будівель і споруд,
- при будівництві унікальних будівельних об'єктів.

У цих випадках відсутній досвід будівництва і експлуатації проєктованих будівельних об'єктів або вживаних нових будівельних матеріалів і конструкцій, а також нових конструктивних схем будівель або споруд. На думку авторів [25] організація науково-технічного супроводу повинна починатися до стадії розробки проєкту організації будівництва, в основу якого мають бути покладена концепція, програма робіт і створення науково-технічного колективу. У число найважливіших етапів науково-технічного супроводу повинні входити, у тому числі і різного роду моніторингу - об'єктний, геофізичний і екологічний. Організація цих моніторингів повинна починатися до початку будівництва і закінчуватися після стабілізації осідань висотних будівель.

2.2 Науково-технічний супровід на стадії проєктування

На стадії проєктування вирішуються наступні завдання науково-технічного супроводу :

- аналіз світового досвіду проєктування подібних об'єктів і вибір конструктивних і технологічних рішень;
- аналіз розрахункової, конструктивної схеми будівлі, прийнятих конструкцій, що несуть і захищають, і вузлів їх сполучення;
- розгляд даних про геоподоснове в повному об'ємі і розробка програми геотехнічного моніторингу на стадіях інженерно-геологічних, екологічних досліджень;

- аналіз напружено-деформованого стану конструкцій, що несуть, і поведінки каркаса будівлі спільно з основою, оцінка проектних технічних рішень для зовнішніх конструкцій, що захищають;

- оцінка технічних заходів, відповідних нормативним санітарно-гігієнічним вимогам;

- визначення зони впливу нового будівництва на навколишню забудову у тому числі з точки зору природної освітленості будівель;

- розробка рекомендацій, ув'язнень і пропозицій по вдосконаленню проекту висотної будівлі на основі вивчення досягнень науки, техніки і зарубіжного досвіду.

- проведення додаткових досліджень матеріалів і конструкцій.

Аналіз світового досвіду вживаних конструктивних рішень аналогічних або подібних об'єктів здійснюють на підставі патентних досліджень, вивчення науково-технічної літератури, нормативних документів, у тому числі інших країн.

Нині у світовій будівельній практиці спостерігається загальна тенденція підвищення міцності бетону як в збірних залізобетонних виробках, так і в монолітному цивільному і енергетичному будівництві. Будівельно-технічні переваги високоміцних бетонів краще всього реалізуються при зведенні високонавантажених колон, які спільно з дисками перекриттів забезпечують необхідну просторову жорсткість і стійкість висотних будівель. Застосування високоміцних бетонів в п'яти поверхових будівлях забезпечує зниження загальних витрат на 20% (при міцності бетону 55 МПа) і на 36% (при міцності 83 МПа). Для 15-ти поверхової будівлі цей ефект складає відповідно до 32 і 48% [3].

Необхідність інтенсифікації процесів виробництва бетонних робіт, зниження їх трудомісткості і енергоємності зумовили доцільність застосування бетонів з підвищеною рухливістю і легкоукладаємість бетонних сумішей, що характеризуються осіданням конуса 24-26 см і розпливом конуса 60-75 см (бетонні суміші, що самоущільнюються) [4].

Найбільш суттєвою їх перевагою в порівнянні із звичайними бетонними сумішами є відмова від вібрації, вживаної для ущільнення суміші, що укладається в опалубку; можливість якісно заповнювати форми конструкцій із складною геометрією і високим відсотком армування.

Переходу на нові види бетонів сприяли, по-перше досягнення в області пластифікування бетонних і розчинів сумішей (застосування гіперпластифікаторів на полікарбонатної, поліакрилатної і полігліколиєвої основі), по-друге, появлене найбільш активних пуццоланових добавок щільніших, ніж природні високопористні пуццолани - мікрокремнеземів, дегідратованих каолинов. При порівнянні бетону з мікронаповнювачем, що самоущільнюється, і звичайного бетону з однаковим значенням водоцементного відношення і рівною рухливістю, мікропористість першого менша, ніж другого. Зниження мікропористості цементної матриці сприяє підвищенню практично властивостей затверділого бетону з сумішей, що самоущільнюються: міцності на стискування, водонепроникності, морозостійкості [43]. Крім того, великий зміст мікронаповнювачів в бетонах, що самоущільнюються, підвищує зчеплення бетону з арматурою переважно завдяки присутності мікронаповнювача на межі розділу між арматурою і бетоном.

Оптимізація конструктивних схем об'єкту повинна виконуватися на підставі методів математичного або фізичного моделювання з метою виявлення можливих варіантів їх технічного рішення, порівняння розроблених варіантів і обґрунтування оптимального варіанту об'єкту або його елементів. При цьому важливим є вибір розрахункової схеми, що найбільш повно відбиває дійсну роботу будівлі з урахуванням силових, температурних, усадкових та ін. видів дій, спільної роботи надземної частини з фундаментами і основою (грунтами). Виконання усіх розрахунків проводиться на ЕОМ з використанням різних обчислювальних комплексів з урахуванням того, що по-перше, в більшості з них застосовані відомі методи будівельної механіки в пружній постановці і тому є можливість врахувати

специфічні властивості залізобетону; по-друге, виконувати розрахунки не менше, чим по двох програмах різних авторів для порівняння отриманих результатів і їх аналізу. В ході виконання розрахунку провести чисельний експеримент з варіюванням найбільш значущих чинників, що впливають на напружено-деформований стан конструкцій (модулі пружності бетону і арматури, міцність бетону), з доведенням його до віртуального руйнування введенням в найбільш навантажені зони тріщин у вигляді кінцевих елементів нульової (чи близько до нульової) жорсткості. Такий прийом необхідно використовувати при розгляді конструкцій, що рідко зустрічаються в нормативній і технічній літературі (наприклад, балок-стінок різних конструктивних рішень), що, безумовно, приведе до зниження витрати матеріалів і їх ефективного використання.

Для будівель підвищеної відповідальності необхідно розглянути роботу конструкцій у разі відмови деяких елементів несучої системи, тобто спровокувати можливість створення надзвичайної ситуації, коли руйнування або ушкодження якої-небудь малої частини конструкції веде до повного або майже повного руйнування усієї конструкції (прогресуюче руйнування)[5-8].

Оскільки неможливо повністю виключити вірогідність виникнення аварійних дій або ситуацій, викликаних діяльністю людини (вибухи газу, теракти, пожежі, наїзди транспорту, дефекти проектування, будівництва і експлуатації будівель, некваліфікована їх реконструкція з надбудовою, прибудовою, переплануванням приміщень, що супроводжуються послабленням або перевантаженням елементів, що несуть, і підстав) або природними явищами (землетруси, урагани, зсуви, нерівномірні деформації підстав), необхідно забезпечити певну міру безпеки людей, що знаходяться в будівлях, і збереження їх майна за рахунок зменшення ризику прогресуючого обвалення при локальних руйнуваннях конструкцій, що несуть.

Для попередження прогресуючого обвалення будівлі авторами [37] пропонуються три способи проектування: загальне зміцнення усієї будівлі, місцеве посилення і взаємозв'язок елементів. У більшості американських

норм перевага віддається першому способу, при якому руйнування одного з елементів будівлі не призводить до руйнування усієї будови. Місцеве посилення, тобто зміцнення найбільш чутливих місць, важко піддається стандартизації для включення в норми проектування, оскільки для цього треба чітко представляти характер можливих дій на будівлю, у тому числі терористичних атак. Конструктивний взаємозв'язок елементів або безперервність конструкції також є способом загального або місцевого зміцнення.

У деяких програмних комплексах (наприклад, SCAD) існує режим для моделювання поведінки конструкції будівель і споруд у разі аварійних дій, що викликали локальні руйнування окремих вертикальних елементів, що несли. У основу розрахунку на прогресуюче обвалення покладені наступні положення:

- як початкова модель конструкції будівлі для розрахунку на прогресуюче обвалення приймається модель, отримана за результатами аналізу міцності і наступного підбору арматури в елементах залізобетонних конструкцій і перерізів елементів сталевих конструкцій;

- елементи розрахункової схеми, моделюючі елементи споруди, що несподівано видаляються, об'єднуються в групи; кількість елементів споруди, що одночасно вийшли з ладу (що обрушилися), не обмежується;

- розрахунок виконується для комбінації завантажень, що включає постійні навантаження і тривалі частини тимчасових навантажень з коефіцієнтом 1;

- для обліку несподіваності видалення елементів конструкції і ефекту падіння конструкцій, що обрушилися, вводяться коефіцієнти динамічності;

- перевірка елементів залізобетонних і сталевих конструкцій, що входять до складу розрахункової схеми після раптового видалення елементів, виконується тільки з урахуванням першого граничного стану;

- розрахункові міцнісні і деформаційні характеристики матеріалів приймаються рівними їх нормативним значенням;

Оскільки в результаті розрахунку на прогресуюче обвалення найчастіше виникають великі переміщення, рекомендується виконувати розрахунок в геометрично нелінійній постановці.

Крім того, корисно розглянути випадок, коли ініціалізація прогресуючого руйнування відбувається після певного, досить тривалого періоду експлуатації, протягом якого можуть реалізуватися деформації повзучості. Тоді розрахунок в геометрично нелінійній постановці дасть менш песимістичний прогноз.

На етапі конструювання елементів слід звернути увагу на раціональне розміщення робочої і конструктивної арматури в елементах системи, що несе, дотримуючи при цьому вимоги норм на проектування залізобетонних конструкцій. Подовжню арматуру в конструкціях, що згинаються, слід розташовувати відповідно до епюри матеріалів. Поперечну - за розрахунком, змінюючи її крок відповідно до епюри поперечних сил. У безбалочних безкапітельних перекриттях особливу увагу слід звертати на зони сполучення плит перекриттів і колон, оскільки в них існує небезпека руйнування від продавлювання.

У робочих кресленнях КЖ, окрім робочої арматури, необхідно вказати місця установки фіксаторів для забезпечення захисного шару бетону і проектного розташування арматури. Як показують натурні розкриття за даними [39], відсутність цих елементів призводить до значного зменшення корисної висоти перерізу із-за вантаження арматури масою бетону і робітників-монтажників, що знижує здатність конструкцій, що несе.

Оцінка впливу нового будівництва на навколишні будівлі і споруди і населення, яке проживає в межах території забудови, здійснюється з урахуванням реального стану будівельних конструкцій, інженерного і технологічного устаткування об'єктів, характеристик ґрунтової основи і кліматичних умов з метою збереження експлуатаційних властивостей існуючих об'єктів і комфортних умов проживання людей.

2.3 Науково-технічний супровід в процесі зведення будівель

В процесі зведення будівлі вирішуються наступні завдання [5-8,11,25]:

- вибірковий вхідний контроль будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, що поставляються на будівельний майданчик або їх виготовляються на будівельному майданчику для наступного монтажу;
- вибірковий контроль ущільнення ґрунтів, огляд ґрунтів на дні котловану, контроль за пристроєм основи;
- геотехнічний моніторинг в об'ємі прийнятої програми, у тому числі геодезичний контроль осідань і крену будівлі, що будується;
- контроль за відповідністю виконуваних будівельних конструкцій проекту, розробка в необхідних випадках ув'язнення про коригування проекту, зокрема, посилення або заміни конструкцій;
- контроль за виконанням спеціальних видів робіт, що виконуються субпідрядні спеціалізованими організаціями;
- участь в робочому проектуванні;
- надання науково-технічної допомоги або участь в розробці ПВР, ПВБР, технологічних схем, карт і регламентів на основні види робіт (бетонні, арматурні, кам'яні, монтажні, зварювальні роботи та ін.);
- вибірковий контроль за виробництвом основних видів СМР (бетонні, арматурні, кам'яні, монтажні, зварювальні та ін.) і за виготовленням найбільш відповідальних конструкцій;
- інспекційний контроль якості конструкцій, складання дефектної відомості, записи в журналі контролю якості окремих видів робіт (бетонних, арматурних, кам'яних, зварювальних, монтажних, лабораторних випробувань), складання приписів в журналах загальних і спеціальних робіт;
- проведення обстежень технічного стану конструкцій з вказівкою дефектів, ушкоджень і складання ув'язнень про технічний стан обстежуваних конструкцій з пропозиціями по усуненню дефектів або посиленню;

- проведення випробувань будівельних конструкцій, ізоляційних покриттів та ін. в натурних умовах;

- проведення режимних спостережень за зміною інженерно-геологічних і геоекологічних умов на території забудови в об'ємі програми геотехнічного моніторингу.

- організація обстеження будівель, що знаходяться в зоні впливу будівництва висотних будівель.

На стадії здачі в експлуатацію:

- - складання ув'язнень по найбільш відповідальних конструкціях і вузлах їх сполучень;

- - розробка загального ув'язнення про якість СМР, конструкцій, що несуть і захищають, на основі повного перерахунку за фактом виконаних конструкцій і даних моніторингу за осіданнями і креном;

- - складання прогнозу осідань і крену фундаментів; участь в роботі приймально-здавальної комісії.

2.3.1 Контроль якості матеріалів, виробів і конструкцій

В ході зведення будівель здійснюється три види контролю якості: вхідний, післяопераційний, приймальний [26,33,45].

При вхідному контролі визначається якість сировини, матеріалів, будівельних деталей, що поступають на будмайданчик. При післяопераційному контролі визначається відповідність виконаних технологічних операцій вимогам нормативних документів, технологічній карті. В ході приймального контролю виконуються контрольні виміри, випробування готових конструкцій, спостереження за станом поступово навантаження конструкцій.

Основні види вживаних на будівельному майданчику матеріалів, виробів і конструкцій, технологічні процеси, якісні і кількісні показники властивостей і документи, що їх регламентують, представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Контроль якості матеріалів, конструкцій і технологічних процесів

Об'єкт контролю (матеріал, виріб, конструкція, процес)	Параметри контролю (характеристики, властивості)	Документи регламентуючі властивості
1	2	3
Вхідний контроль		
Суміш бетонна	Клас бетону, легкоукладаємість, середня щільність, об'єм залученого повітря, розшарованість	Паспорт якості, ДСТУ Б В. 2.7-96-2000
Суміш розчин	Міцність на стискування, рухливість, водоутримування здатність розшарування	Паспорт якості, ДСТУ Б В. 2.7-23-95
Арматура, арматурні і заставні вироби	Геометричні параметри, механічні властивості, зовнішній вигляд	СНиП 3.03.01-87, ДБН 3760:2006,
Блоки з комірчастого бетону	Геометричні розміри, зовнішній вигляд, середня щільність, міцність на стискування, теплопровідність	ДСТУ Б В. 2.7-45-96 ДСТУ Б В. 2.7-137: 2008
Цеглина керамічна і силікатна	Геометричні розміри, зовнішній вигляд, міцність на стискування, морозостійкість	ДСТУ Б В. 2.7-61:2008, ДСТУ Б В. 2.7-80:2008
Опалубка	Зовнішній вигляд, геометричні параметри, якість вживаних матеріалів для виготовлення	нормативний документ на опалубку ГОСТ 23478-79
Післяопераційний контроль		
Ущільнення ґрунту	Щільність, вологість, коефіцієнт ущільнення	ДБН В.2.1-10:2018
Армування конструкцій	Діаметр, кількість і розташування арматури, якість зварних з'єднань	СНиП 3.03.01-87 ГОСТ 14098-85
Монтаж опалубки	Проектні розміри і розташування, граничні розміри проміжків	СНиП 3.03.01-87
Укладання, витримка і догляд за бетоном	Якість очищення бетонних підстав, товщина шарів бетонної суміші, що укладаються, висота вільного скидання бетонної суміші, розташування робочих швів бетонування, заходи по догляду за бетоном, терміни тієї, що розпалубила	СНиП 3.03.01-87, ПВР

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Гідроізоляція	Зовнішній огляд, якість і кількість покривних шарів	Проект, СНиП 3.04.01-87
Приймальний контроль		
Бетон важкий	Міцність на стискування, щільність, водонепроникність	Проект, ДСТУ Б В. 2.7-43-96
Залізобетонні конструкції	Зовнішній вигляд, геометричні параметри (розміри, розташування заставних деталей, анкерних болтів, отворів, отворів), товщина захисного шару бетону	СНиП 3.03.01-87, робочі креслення
Стіни і перегородки	Зовнішній вигляд, геометричні параметри	СНиП 3.03.01-87
Віконні і дверні блоки, фасадні конструкції	Проектне розташування, якість монтажу і монтажних стиків, геометричні параметри	ДСТУ Б В. 2.6-34: 2008, ДСТУ Б В. 2.6-32-2007

При зведенні монолітних будівель важливим питанням являється якість поверхні монолітних конструкцій, який в діючих нормативних документах (СНиП 3.03.01 [5-8]) практично не відбитий і не нормований. Нині якість бетонної поверхні є важливим чинником, що впливає на вибір способу остаточної обробки, трудомісткість і економічні показники обробних робіт [31].

У діючому ДСТУ Б В.2.6-95 [15] приводяться категорії бетонної поверхні збірних залізобетонних конструкцій заводського виготовлення залежно від кількості дефектів на одиниці площі поверхні.

Для монолітних конструкцій основний показник якості лицьових поверхонь - прямолінійність поверхні, від якого залежить необхідність улаштування додаткової підготовки під оздоблення або самого оздоблення. На забезпечення показників прямолінійності поверхні бетону орієнтовані сучасні опалубні системи і технології. У нормативах низки західних країн це основний показник якості поверхні бетону.

Автори роботи [5-8,31] пропонують ввести нормування класів поверхонь бетонних стін залежно від призначення і вимог, що пред'являються, до поверхні (прямолінійність, кількість дефектів).

2.3.2 Геотехнічний моніторинг будівлі

Під геотехнічним моніторингом розуміють систему спостережень і контролю за станом і зміною грантових, природних і техногенних умов в процесі будівництва і експлуатації об'єкту. Геотехнічний моніторинг є системою розрахунків, інструментальних і візуальних спостережень, в завдання якої входить:

- контроль відповідності розрахункових і проектних параметрів об'єкту реальним;
- прогноз зміни стану лито-технічної системи (ЛТС);
- розробка заходів по забезпеченню безпеки нового будівництва і збереження існуючих об'єктів.

Головні причини проведення геотехнічного моніторингу [38]:

1) зміна властивостей порід і ґрунтів в надрах міста у бік погіршення під впливом міської інфраструктури (витоки з систем зливної, промислової і фекальної каналізації, опалювання і водопостачання). Вступ агресивних розчинів в підземний геологічний простір викликає руйнування і розпушування порід, основи будівель; сприяє появі порожнеч, провалів в товщі порід, що руйнуються. Безповоротні зміни в перспективі зажадають значних витрат на боротьбу з наслідками цього процесу.

2) експансія міського будівництва в надра міста, в підземний простір, який є природною основою більшості будівель і споруд. Традиційних засобів і способів інженерно-геологічного вивчення цього простору на урбанізованій території для проектування великих будівель вже не вистачає. Завдання досліджень ускладнюються, глибина і об'єм досліджень неухильно зростають.

3) проектування і будівництво великих багатофункціональних об'єктів, що мають, як правило, декілька рівнів підземного розміщення, на вільних площах, які раніше традиційно і небезпідставно вважалися «незручними». Це

борти річкових долин, берегові схили (де нерідкі зсувні процеси), низькі заплавні тераси, заболочені ділянки, площі розвитку карсту.

4) слабкий інженерний захист великих будівельних котлованів при забудові історичного центру міста, що призводить до виникнення деформацій в навколишніх будівлях. За даними [38], створення великого котловану провокує виникнення "активної зони" радіусом 50-100 м, в межах якої дуже висока вірогідність появи тріщин в сусідніх будовах.

Традиційні методи досліджень, засновані на матеріалах буріння (опис керн свердловин, лабораторні методи аналізу і випробувань порід) хороші, звичні, але сьогодні недостатні. По-перше, інформація, отримана по стволу свердловини, не дає відповіді на питання про стабільність геологічної ситуації в між свердловинному просторі. По-друге, геологічні причини, що викликають ту, що просіла, деформацію будівлі, зазвичай знаходяться безпосередньо під ним, досліджувати їх традиційними способами інженерної геології і геофізики не вдається.

Найбільш ефективними в цій ситуації є дистанційні геофізичні методи дослідження між свердловинному простору, які дозволяють отримувати інформацію про будову усього об'єму гірських порід, що знаходиться в просторі між свердловинами. Основні види дистанційних геофізичних методів : радіохвильове просвічування (РВП) і сейсмоакустичне просвічування (СА) є хвилими методами. Методично і технологічно вони близькі - спираються на єдиний математичний апарат і найбільш ефективні при комплексировани, оскільки в РВП досліджуються електромагнітні властивості порід розрізу, а сейсмоакустика спирається на міцні і швидкісні параметри тих же порід. У результаті після обробки відтворюється картина реальної будови геологічних порід в інтервалі досліджень, можуть бути виділені проблемні зони і ділянки, які вимагають детальнішого дослідження, посилення або контролю.

Вказаний підхід дозволяє значно підвищити ефективність буріння (яке поглинає левову частку витрат при дослідженнях, а достовірну інформацію дає тільки про ту точку, де свердловина пробурена) і обґрунтованість

результатів інженерно-геологічних досліджень на проєктованих об'єктах. Особливо це доцільно при проєктуванні складних і великих будівельних об'єктів, коли вимагається досліджувати великий об'єм гірських порід на значну глибину.

Окрім отримання інформації про властивості і стан порід, що складають основу будівлі, в процесі моніторингу важливим є контроль геотехнічних параметрів системи "Основа - фундамент" :

- рівня підземних вод;
- тиск ґрунту (у масиві і на підпiрні стiнки);
- зусилля на опорних конструкціях основи і інженерного захисту;
- загальне і диференціальне осідання фундаменту;
- зусилля і деформації в бетоні і в арматурі фундаменту;
- поверхневі і глибинні зміщення ґрунту.

Для визначення вказаних параметрів є велика гамма приладів, вживаних залежно від типу виміру, розмірів, точності, умов довкілля. Прилади дозволяють проводити виміри як в ручному режимі, так і в складі автоматизованих вимірювальних систем. Одним з розробників цих приладів є фірма SISGEO (Італія)[5-8,25,26].

Залежно від контрольованих параметрів можливе застосування наступних приладів :

- рівень підземних вод - рівнеміри, п'езометри. П'езометри зазвичай встановлюються в спеціальних свердловинах; через елемент, що фільтрує, вода проникає в п'езометричні трубки і розташовується відповідно до рівня водного горизонту. Вимір виконується вручну за допомогою зонду, встановленого на кабелі з сантиметровим або міліметровим градуванням.

- тиск і надмірний проміжний тиск - різні типи п'езометрів (електричні, п'езометри з вібруючою струною). На відміну від попередніх, ці п'езометри (із закритою камерою) вимірюють надмірний проміжний тиск на рівні установки, а не висоту стовпа. Тому вони можуть встановлюватися і в малопрониклих щільних ґрунтах. При складній стратифікації геологічного розрізу

в одну свердловину можуть встановлюватися декілька п'єзометрів. Ручні виміри ведуться за допомогою електронної станції сполученої з приладовим кабелем, автоматичні виміри - за допомогою системи збору даних без втручання оператора.

- зусилля на опорних конструкціях (підпирних стінках) - датчики загального тиску з електричним перетворювачем. Прилади встановлюють так, щоб вони мали контакт з ґрунтом і опорною конструкцією для визначення фактичного профілю (розподіли по вертикалі) навантаження на ґрунти і розташовують на різній глибині у вертикальних секціях. Прилади дозволяють визначати прямим методом величину навантаження на конструкції підпирних стін з наступним порівнянням з розрахунковими значеннями.

- загальне і диференціальне осідання фундаменту - мультибазові (багатоточкові) екстенсометри складаються з одного або декількох стержнів із сталі, сплаву інвар або скловолокно, що вільно ковзають усередині захисного кожуха і прив'язаних до погруженого анкера. Стержні передають на вимірювальну голівку відносне зміщення між анкерами і поверхнею. Оптичний контроль опад голівки дозволяє визначити абсолютне осідання в усіх точках установки, знаючи свідчення на стержнях відносного зміщення. Екстенсометри зазвичай встановлюються в технологічні отвори, передбачені за проектом фундаменту, або ззовні в безпосередній близькості від нього. За тим же принципом анкерівки і стержня, що вертикально переміщається, може використовуватися точковий вимірник опад, призначений також для оптичної нівеляції. Можливе використання лінійних електричних датчиків зміщення при вимірах дозволяє застосовувати ці інструменти для автоматичного збору даних. Інші категорії інструментів горизонтального розташування вимірюють ті, що диференціальні просіли в точках, що цікавлять, по лінії фундаменту. Осідання в точках вимірів співвідноситься із зовнішньою точкою, яка, отже, має бути фіксованою і у будь-якому випадку

доступною оптичному контролю, щоб мати можливість виводити абсолютну величину тієї, що просіла з відносних вимірів;

- зусилля і деформації в бетоні - тензодатчики з вібруючою струною (струнного типу) і тензометричні штанги. Ці прилади заміряють питому деформацію в точці установки, виражену електричним сигналом; тиск обчислюється за законами поведінки матеріалів при відомих модулях деформації. Тензодатчики можуть бути безпосередньо занурені (втоплені) в бетон або приварені до арматури.

- поверхневі і глибинні зміщення ґрунту - інклінометрична трубка (при очікуваних помітних горизонтальних зміщеннях ґрунту із зовнішнього боку захисної стінки котловану). Для доповнення інклінометричних вимірів (визначення профілю зміщення по вертикальній осі трубки) використовуються інкрементарний екстенсометр і стаціонарні тензоінклінометри з датчиками магнітного поля. Для роботи цих приладів треба заздалегідь оснастити схилуметричну трубку магнітними кільцями на заздалегідь визначеній глибині (висоті), з кроком дискретизації вимірів. З комбінації тензометричних і інклінометричних вимірів (по деформаціях інклінометричної трубки) обчислюється амплітуда зміщення ґрунту в трьох просторових вимірах.

Розроблені зараз прилади і вимірювальні системи контролю дозволяють в залежності від прийнятої методики і вибраних датчиків проводити геотехнічний моніторинг різної міри складності - починаючи від вимірів в окремих свердловинах деяких параметрів до між свердловинного просвічування (аж до отримання тривимірного зображення томографії).



Датчики навантаження на ґрунт
(месдози)



Тензометричні датчики
напруження



Вимірювачі кута нахилу
поверхні



Вимірювачі стиків і
тріщин

Рисунок 2.1 - Прилади, що застосовуються при геотехнічній моніторингу та моніторингу технічного стану конструкцій

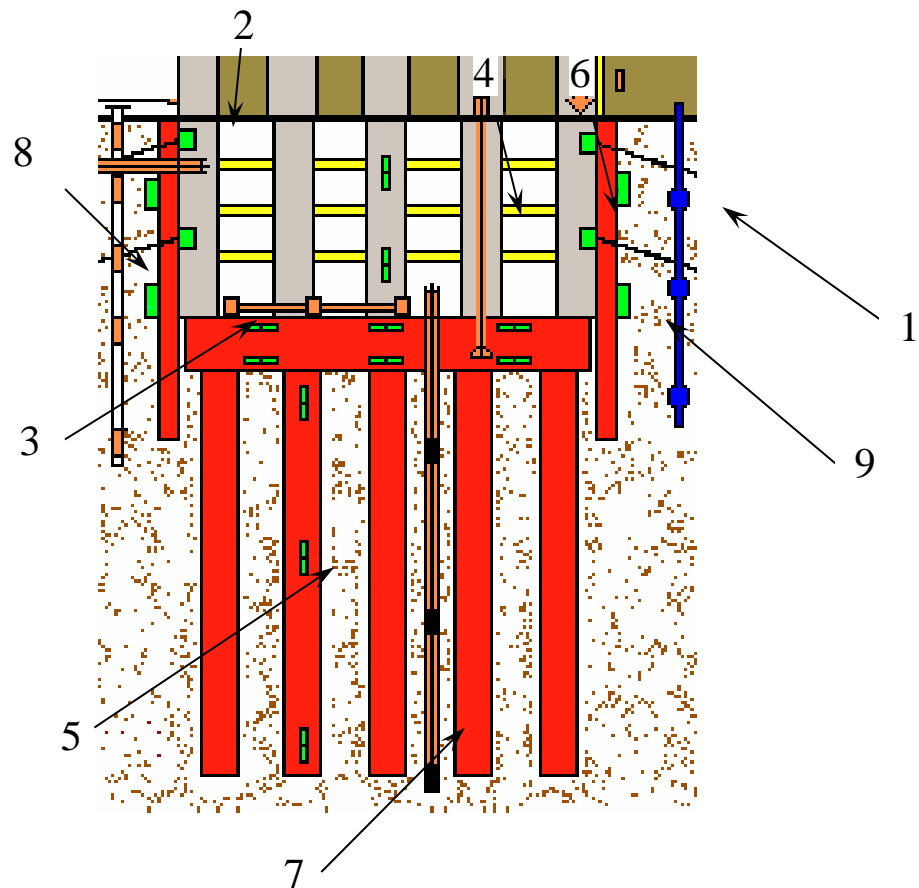


Рисунок. 2.2 - Схема розміщення і типи датчиків при геотехнічному моніторингу

1 - п'єзометри, 2 - анкерний динамометричний датчик навантаження, 3 – система контролю опади, 4 - один базовий датчик опади, 5 - тензодатчики, 6 - оптична мішень, 7 - інклінометрична трубка, 8 - датчик загального тиску ґрунту

2.4 Науково-технічний супровід в процесі експлуатації будівель

Під моніторингом технічного стану будівель розуміють систему візуальних і інструментальних методів контролю за станом будівельних конструкцій будівлі з метою своєчасного виявлення ознак, попередніх виникненню аварійних ситуацій, для своєчасного вживання необхідних профілактичних і захисних заходів.

Для досягнення поставленої мети потрібне рішення наступних основних завдань :

1. Виявлення часу і місця зародження і розвитку негативних процесів, що призводять до виникнення аварійної ситуації.
2. Аналіз можливого розвитку ситуації в часі.
3. Вироблення рішень, що управляють; формування і подача сигналів попередження.
4. Отримання нових знань про роботу об'єкту, факторів дії на цей об'єкт, швидкості розвитку деструктивних процесів і так далі

Найбільш об'єктивну характеристику стану будівлі можна отримати на підставі контролю за зміною цього стану в часі. Сучасні прилади і методи дозволяють це робити з високою точністю і без особливих витрат. Ефективність моніторингу істотно зростає, коли його проектуванню передують прогноз очікуваних деформацій. В цьому випадку вдається вибрати раціональне розташування спостережливих точок, оптимальні відстані між ними, необхідну частоту і точність спостережень.

Можна сформулювати основні принципи, яким повинні задовольняти системи моніторингу [29]:

- - принцип безперервності.

Реалізація принципу безперервності передбачає таку організацію системи моніторингу технічного стану будівель, при якій інформація про стан об'єкту або його елементів реєструється з інтервалами, не перевищують характерні часи розвитку подій, пов'язаних з дією на об'єкт або його здатністю чинити опір дії.

На практиці для послідовного дотримання принципу безперервності необхідно будувати систему моніторингу так, щоб забезпечувати мінімально можливі при заданих економічних обмеженнях інтервали отримання інформації про характеристики об'єкту.

- принцип надійності

Надійність апаратури - необхідна умова роботи системи моніторингу. Не менше значення має також надійність системи моніторингу в сенсі здатності визначати параметри дії і опору дії з урахуванням імовірнісного характеру цих параметрів. Такий облік надзвичайно важливий для вибору тимчасових і амплітудних характеристик елементів систем моніторингу, у тому числі як тимчасовий дозвіл, міра дискретизації, динамічний діапазон. Система моніторингу повинна будуватися так, щоб забезпечувати необхідну вірогідність реєстрації істотних для об'єкту процесів.

- принцип достовірності

Значне число методів, використовуваних при побудові систем моніторингу, у тому числі методів визначення напружено-деформованого стану, є непрямими. При цьому на результат вимірів чинить вплив велика кількість чинників, що важко враховуються, що зниження достовірності отримуваних результатів. У зв'язку з цим представляється необхідним застосовувати для вимірів параметрів споруди методи, основані на різних фізичних принципах, виконання порівняння і аналіз отриманих результатів.

Визначення даного параметра двома і більше альтернативними методами різко підвищує достовірність вимірів і якість системи моніторингу в цілому.

- принцип ефективності

Під ефективністю системи моніторингу технічного стану будівель розуміється здатність системи здійснювати реєстрацію, проводити перетворення і аналіз даних, а також узагальнювати отримані результати для досягнення заданих цілей і рішення поставлених завдань. Важливим аспектом принципу ефективності є економічний аспект.

Увесь комплекс заходів по моніторингу стану будівель в процесі експлуатації можна звести до наступних видів робіт :

- 1) геодезичний контроль за осіданнями і креном будівлі .
- 2) інженерно-геологічні спостереження стану ґрунтового масиву в основі і в околиці будівлі.

- 3) виміри навантажень і деформацій в конструкціях фундаменту і надземної частини.
- 4) сейсмометричний моніторинг.
- 5) тепловізорний контроль теплотехнічних показників будівлі

2.4.1 Геодезичний моніторинг осідань і крену будівлі

Для своєчасного виявлення величини, напрямку і інтенсивності деформації будівель (споруд), а також причин, що викликають цей процес, виконують геодезичні спостереження з відповідними вимірами.

Значення опади і крену будівлі безпосередньо впливають на міцність і довговічність будівель. У ряді випадків результати спостережень використовують для оцінки методів розрахунку опади або прогнозування опади будівлі. Гранично допустиму величину опади основи будівлі, відповідну межі експлуатаційної придатності будівлі по технологічних або архітектурних вимогах, встановлюють нормами проектування будівель (ДБН В.2.1-10:2018 [16]).

Роботи виконуються як за допомогою традиційного нівелювання, так і з використанням цифрових датчиків, супутникових GPS - технологій, можливе лазерне сканування об'єкту;

Спостереження за деформаціями будівлі, що будується, починають з моменту закінчення робіт нульового циклу і закінчують після досягнення стабілізації осідань фундаментів, але не раніше двох років після здачі будівлі або споруди в експлуатацію. Увесь процес спостереження за деформаціями будівель і споруд складається з двох основних етапів [44]: організаційного етапу підготовчої роботи і безпосередніх вимірів з камеральною обробкою отриманих даних.

На етапі підготовчої роботи здійснюють:

- складання робочої програми спостережень;

- проектування конструкцій геодезичних опорних знаків і осадових (деформаційних) марок, їх закладку;

- підбір приладів і усього необхідного для виконання вимірів.

На другому етапі виконують:

- безпосередні виміри за методикою, прийнятою в робочій програмі спостережень;

- обробку результатів вимірів, визначення величин деформації з оцінкою точності їх обчислення, складання відомостей по кожному циклу вимірів, графічне оформлення отриманих результатів вимірів;

- складання технічного звіту з аналізом отриманих даних.

Складання робочої програми спостережень за деформаціями здійснюють проектна організація спільно з організацією, що виконує роботу, і затверджують її до початку роботи. Робоча програма спостережень розробляється на підставі технічного завдання, затвердженого організацією

- замовником, нормативних документів по спостереженню за деформаціями, рекогносцирування об'єкту і включає наступне:

- виклад мети і завдання спостережень;

- складання схеми розміщення геодезичних знаків і їх прив'язки до пунктів початкової геодезичної мережі;

- розробку календарного плану виконання робіт;

- вибір методу виміру деформацій;

- вказівка періодичності і тривалості виміру, а також необхідній точності геодезичних побудов при спостереженнях за деформаціями.

На підставі робочої програми визначається об'єм робіт по спостереженню за деформаціями. Геодезичні роботи по виміру деформацій будівель і споруд виконує підрядна організація. Після завершення робіт вона передає організації - замовнику або генпідрядній організації наступні матеріали:

- схему розміщення знаків опорної мережі і осадових марок,;

- журнали вимірів і звідні відомості результатів виміру;

- відомості зрівнювання і обчислення відміток, планових координат марок;

- коротку записку пояснення.

У записці пояснення приводять геологічну і топографічну характеристики робіт, опис спостережуваного об'єкту, плаз фундаментів, відомості по циклах про навантаження на основу, опис причин виникнення нерівномірних осідань, методики і аналіз точності результатів вимірів.

Дані про процеси деформації отримують на основі виміру зміщення точок спостережуваної будівлі відносно опорних геодезичних знаків. При цьому достовірність даних виміру багато в чому залежить від стійкості опорних знаків, доступності і зручності користування ними в усіх циклах спостережень. Стійкість опорних знаків залежить від вибору місця розміщення і надійності їх закріплення на місцевості. Опорні знаки розміщують на ділянках із стійкими ґрунтами, розташованими поза зоною осадкових воронок і виробництва будівельних робіт, але як можна ближче до точок спостережуваної будівлі або споруд. Досвід показує, що зона активних деформацій ґрунтів може поширюватися на відстань, рівну шестикратною ширині фундаменту будівлі або споруди.

Для промислових і цивільних будівель опорні висотні знаки розташовують не ближче 80 м від будівлі. Для оберігання від ушкоджень машинами і інших дій зовнішнього середовища опорні знаки захищають металевою огорожею або колодязем, курганом і канавою.

Як опорні висотні знаки при спостереженнях за осіданнями будівель і споруд служать фундаментальні глибинні репери, що закладаються в корінні породи у вигляді залізобетонних монолітів або інших жорстких конструкцій. В цілях зручності виконання контролю за стійкістю їх розміщують кущами. Кожен кущ складається з двох - трьох реперів, розміщених так, щоб перевищення між ними могли бути визначені з однієї установки нівеліра при довжині візирного променя до реперів не більше 50 м. При спостереженнях за осіданнями за даними перевищень між реперами в поточному і передуючому

циклах вимірів встановлюють найбільш стійкий репер, відносно якого визначають величину опади.

Обґрунтуванню місць розміщення точок спостережень приділяють первинне значення і здійснюють це на основі аналізу особливостей ґрунту, навантаження на нього, чутливості конструкцій до осідань і припущень про характеристику деформацій. Досвід показує, що інформативність результатів спостережень за деформаціями будівель і споруд більшою мірою залежить від правильного розміщення точок спостережень, в меншій - від їх кількості. Точки зазвичай розміщують в нижній частині конструкцій, що несуть, приблизно на одному рівні, в місцях, чутливих до осідань і навантаження, що змінюється, тобто там, де очікуються найбільші стоки води : в кутах будівель, на стиках капітальних стін, в зонах найбільшої напруги конструкцій, що несуть, по обидві сторони осадкових і температурних швів.

Для каркасних житлових і громадських будівель точки спостереження розміщують на колонах по подовжніх і поперечних осях (не менше три в кожному напрямленні).

Для обчислення величини пошарового стискування ґрунтів закладають куші марок на різну глибину з підставами на границях пластів ґрунту .

Усі закріплені геодезичні знаки здають на зберігання виконавцю робіт об'єкту, що будується, або експлуатуючої його організації по окремому акту.

При розробці методики спостережень за деформаціями будівлі особливу увагу приділяють обґрунтуванню періодичності і точності вимірів. Вимір опади будівель, що будуються, і споруд починають відразу після початку зведення фундаментів. Якщо перший цикл вимірів виконаний із запізненням, то потім діючі виміри будуть знецінені у зв'язку з невиясненими причинами такою, що вже сталася опади.

Частоту виміру осідань в основному пов'язують із зростанням навантаження на ґрунт основи і розвитком його деформації в часі. Як відзначалося вище, тривалість опади ґрунту основи залежить від його будови, складу і фізичного стану і може коливатися в широких межах. У

багатьох випадках вона завершується після закінчення будівництва, але може тривати протягом багатьох років. Швидше завершуються деформації скельних і піщаних ґрунтів, значно повільніше - глинистих.

Перший цикл виміру зазвичай починають тоді, коли тиск фундаменту на ґрунт складає 25 % від ваги будівлі або споруд. Наступні цикли вимірів осідань виконують досягши навантаження в 50, 75, 100 % від ваги будівлі і споруди або після зведення кожного поверху.

При виконанні повторних циклів вимірів враховують дію різних чинників - проведення підземних робіт, віз-ведення в безпосередній близькості великих споруд, вимірювання температурного режиму ґрунту основи, рівня ґрунтових вод, динамічних навантажень. У таких випадках виконують вимір осідань до і після прояву і обліку вказаних чинників. За отриманими даними коригують графік робіт по виміру осідань.

Проміжки між циклами вимірів зменшують при зростанні швидкості осад і появі тріщин, неприпустимого крену і інших небезпечних деформацій. Після закінчення будівництва будівлі періодичність вимірів осідань вимірюється. В період перших двох років експлуатації виміру виконують не менше чотирьох разів, приурочуючи їх до різних сезонів року. Осідання споруди, зведеної на піщаному ґрунті, рекомендується вимірювати через 5-6 місяців. Спостереження за деформаціями припиняють тільки тоді, коли швидкість опади не перевищувати 1-2 мм в рік. Спостереження поновлюють при появі причин, здатних викликати нові опади і деформації будівель, споруд.

Традиційні геодезичні методи спостережень за деформаціями конструкцій і нерівномірними осіданнями і креном будівель не можуть забезпечити необхідну циклічність і точність вимірів. В результаті це призводить лише до констатації виниклих деформацій, що розвиваються, в конструкціях без реальної можливості їх прогнозування і попередження аварійних ситуацій.

Вищесказане обумовлює необхідність оснащення будівельних об'єктів сучасними засобами моніторингу з метою оперативного контролю і накопичення даних про поведінку будівельних конструкцій з метою попередження їх руйнування.

Заслуговує на увагу вимірювально-інформаційна система для моніторингу системи «Основа - фундаменти - верхня будова», розроблена НДІБК спільно з ТОВ "Геоінжинірінг" (м. Запоріжжя) [47].

Суть системи полягає в спостереженні за креном елементів будівлі за допомогою індуктивних датчиків. Датчик складається з корпусу, в якому розташовані маятник і чотири індуктивні перетворювачі, розташованих симетрично по колу в площині, перпендикулярно осі маятника. Усі індуктивні перетворювачі в початковому положенні розташовані на однаковій відстані від маятника. Нитка маятника кріпиться до корпусу датчика, який жорстко закріплюється на контрольованому будівельному об'єкті. Конструкція універсального індуктивного датчика моделі УИД- 1 показана на рисунку 2.3.

При установці датчика знімаються початкові значення індуктивностей датчика. В процесі експлуатації будівлі в результаті нахилу будівельної конструкції зі встановленим датчиком змінюються відстані від осі маятника до індуктивних перетворювачів, а отже змінюються і значення індуктивностей перетворювачів.

За величиною індуктивностей визначається величина і напрям зміщення маятника відносно початкового положення. При заданих розмірах довжини підвіски маятника і величині зміщення визначається кут нахилу будівельної конструкції. Розрахункова схема визначення кута нахилу будівельного об'єкту показана на рисунку 2.3.

Обробка результатів виконується автоматично за допомогою спеціально розробленої програми "PENDULUM".

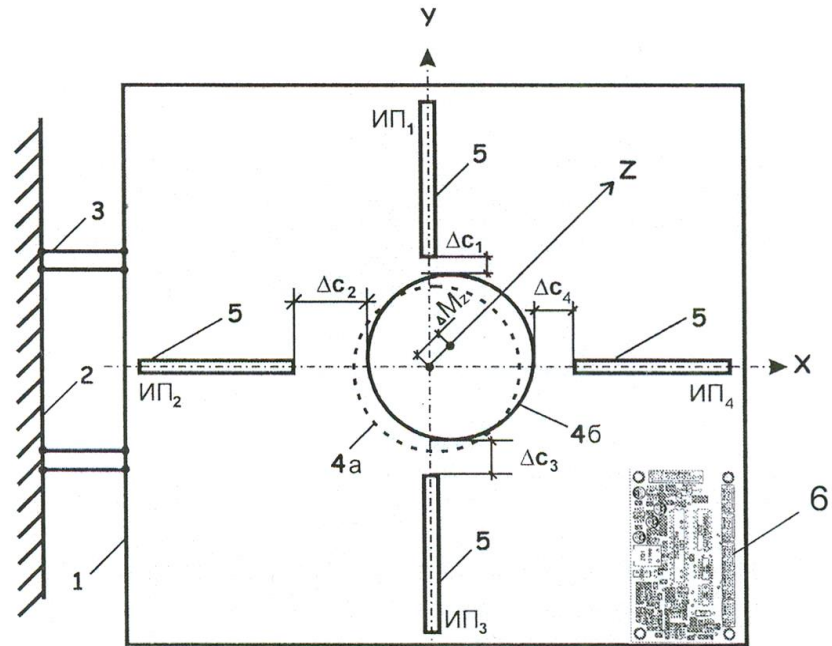


Рисунок 2.3 - Конструкція універсального індуктивного датчика моделі УИД-1

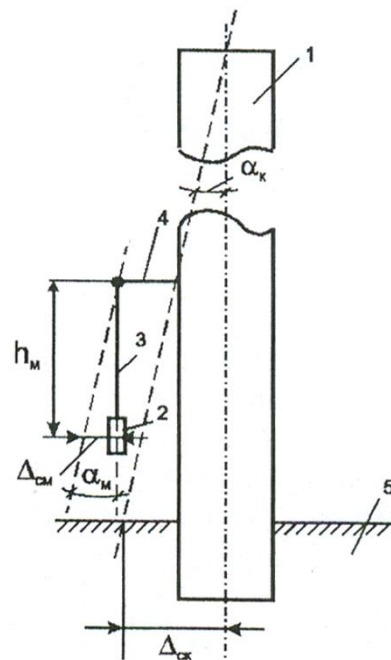


Рисунок 2.4 - Розрахункова схема визначення кута нахилу будівельного об'єкту

2.4.2 Моніторинг деформацій і ушкоджень будівельних конструкцій

Нерівномірні опади і деформації викликають появу тріщин і швів в конструкціях, що несуть. Спостереження за тріщинами і швами дозволяє визначити взаємні переміщення окремих частин будівель або споруд і виявити причини, сприяючі їх появі.

Для більшості залізобетонних конструкцій згідно ДБН В.2.6-98:2009 [17] нормується величина ширини розкриття тріщин. Для третьої категорії конструкцій допускається обмежене по ширині нетривале $a_{сгс1}$ і тривалість $a_{сгс2}$ розкриття тріщин.

В більшості випадків динаміку розкриття тріщин визначають візуально, з пристроєм гіпсових маячків, або інструментальний, вимірюючи ширину розкриття тріщин індикатором годинного типу ИЧ- 10 або мікроскопом.

Подовження тріщин є основним показником розвитку деформацій. При цьому характерні невеликі тріщини, початок і кінець яких мають бути зафіксовані. Визначення кінців тріщин вимагає особливої уваги, оскільки волосяні тріщини без допомоги лупи частенько важко встановити.

При спостереженні кінці тріщин періодично відмічають поперечними до них штрихами, зробленими фарбою або гострим інструментом. Поряд з штрихом пишуть дату спостереження. У наступному циклі спостережень такими ж штрихами відмічають нові межі тріщин. За допомогою міліметрової лінійки вимірюють відстань між суміжними поперечними штрихами, тобто фіксують подовження тріщини.

На рисунку 2.5 показаний процес розкриття тріщини.

Разом з цим вимірюють ширину розкриття тріщин і за допомогою металевого щупа - їх глибину.

Вимір ширини тріщин виконують наступними способами:

1. Перпендикулярно тріщині наносять пряму лінію і короткі штрихи - подряпини через кожні 10 мм, що йдуть паралельно тріщині (рис. 2.5). По нанесених штрихах виробляють виміри міліметровою лінійкою в циклах

спостережень і роблять висновки про процес, що відбувається. Точність вимірів складає 0,3-0,4 мм. Цей спосіб застосовують тоді, коли закріплення всяких помітних пристосувань небажане.

2. Найбільш поширено спостереження за тріщинами за допомогою маяків різних конструкцій, частіше у вигляді плиток з гіпсу, алебастру або цементу, які закріплюють упоперек тріщин. Поруч або на маяку пишуть дату і номер, а потім через певний час перевіряють. На активній тріщині з'явиться розрив. Дату розриву відмічають в журналі спостереження і закріплюють новий маяк.

Використання маяків дає тільки якісні показники того, що деформації тривають або закінчилися. Недолік способу - вимагається багато часу, а дані характеризуються малою точністю.

Для отримання кількісної характеристики поведінки тріщин закріплюють складніші маяки: металеві, забезпечені заставами частинами для точних вимірів; маяки конструкції І.М. Литвинова, які дозволяють спостерігати за розкриттям тріщин як на стіні, так і в кутах конструкцій, а також вертикальне зміщення однієї грані тріщини по відношенню до іншої; маяки Ф.А. Белікова, що дозволяють визначати взаємне зміщення сторін тріщини в трьох напрямках.

Для виміру деформацій в конструкціях будівель і споруд, що несуть, застосовують жорсткі шаблони - деформатори. Вони дозволяють вимірювати відстань до двох метрів між закріпленими марками з точністю від 0,01 до 0,001 мм.

Для виміру ширини деформаційних швів застосовують щелемери, а також дилатометричні скоби, розроблені різними авторами.

Спостереження за тріщинами вищезгаданими способами прості і зручні, але вони мають і істотні недоліки: складність вимірів у важкодоступних місцях і важких умовах, а також відсутність можливості автоматизації процесу вимірів. Тому в окремих випадках спостереження за зміною тріщин

виконують методом фотограмметрії. Періодичні фотознімки дозволяють з високою достовірністю визначати стан тріщин і їх розвиток.

У випадках автоматизованих систем моніторингу за деформаціями елементів використовуються вимірники переміщень з електричним датчиком потенціометра на рухливій штанзі (у одновісному і тривісному варіантах). Переміщення штанги потенціометра, рівні відносному зміщенню елементів, перетворюються датчиком в електричний сигнал.

Загальна схема моніторингу технічного стану надземної частини будівлі по контролю за деформаціями і переміщення конструктивних елементів представлена на рисунку 2.6. Вживані прилади і устаткування описані в п. 2.3.2 для робіт по геотехнічному моніторингу. Різниця полягає лише в часі установки датчиків. При геотехнічному моніторингу основна гамма приладів встановлюється на етапі зведення будівлі (як у ґрунтовий масив, так і в залізобетонні конструкції підземної і надземної частин будівлі). При моніторингу технічного стану будівлі прилади встановлюються на зведені конструкції (в процесі зведення будівлі або його експлуатації).

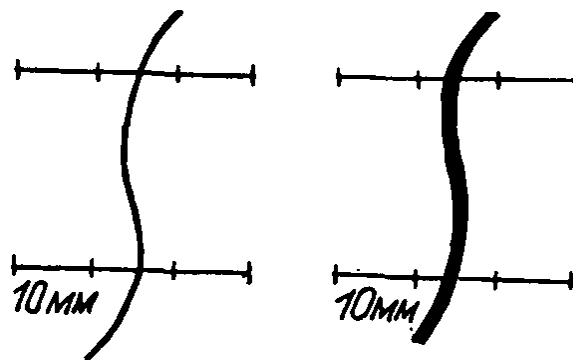


Рисунок 2.5 - Спостереження за розкриттям тріщин

Ця система моніторингу здійснює постійний контроль стану об'єкту по багатьох параметрах в режимі реального часу, видаючи сигнал аварійного сповіщення, коли контрольовані параметри перевищують допустимі межі безпечної експлуатації. Контроль виникнення і розвитку в конструкціях полів

напруги, прийдешніх деформацій, що є передвісниками, дозволяє заздалегідь, не чекаючи видимих зміщень або осідань, які фіксуються топогеодезичними методами вже після негативного, що відбулося події, приступити до оцінки ситуації і розробки захисних заходів.

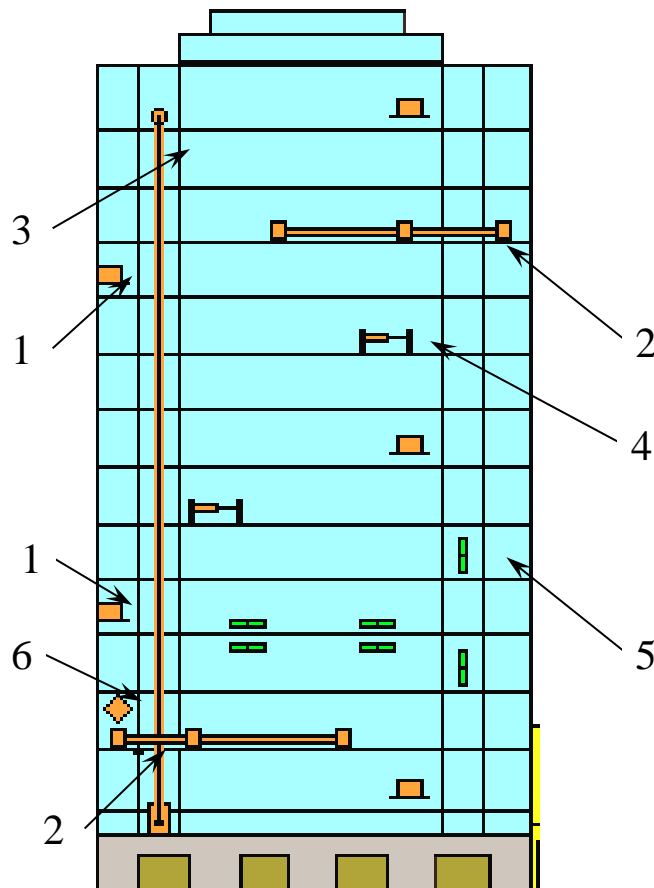


Рисунок 2.6 - Схема розміщення і типи датчиків при моніторингу технічного стану конструкцій надземної частини будівлі

- 1 - поверхневий нахилвимірник, 2 - система контролю опадів, 3 - прямий маятник, 4 - вимірник з'єднань (стиків, розкриття тріщин), 5 - тензодатчики
6 - оптична мішень

2.4.3 Сейсмометричний моніторинг

Сейсмометричний моніторинг може виконуватися різними вимірвальними пристроями - деформографами, нахилівимірниками і сейсмометрами (велосиметрами, акселерометрами).

Схеми спостережень різноманітні, включають варіанти збудження коливань будівлі як штучними (удари, вібратори), так і природними (вітер, мікросейсми) джерелами. Сейсмометричні виміри дають «миттєву» картину стану об'єкту, спостерігаючи яку в часі можна отримати різноманітну інформацію про особливості динаміки споруди. Реєстрація коливань вимагає як досить складної попередньої обробки, так і створення моделей динаміки споруди. Особливістю сейсмометричних методик виміру є те, що схеми спостережень можуть бути досить простими (аж до однієї точки). Крім того, вони дають можливість контролювати не лише величини прискорень, але і дозволяють судити про спільну роботу будівлі і ґрунтів основи.

Нині використовуються три основні способи сейсмометричного моніторингу будівель [35] виходячи із способів отримання хвильових полів і схем обробки :

1) із збудженням коливань будівель штучними джерелами - ударами різної сили по будівлі або поза ним. Основні недоліки - потрібно створення ідентичного впливаючого сигналу для накопичення відгуку і пригнічення мікросейсм; доступні лише окремі частини будівлі, оскільки досить складно збудити коливання нижче 1 Гц - частоти, характерні для основного тону власних коливань висотних будівель;

2) при дії на будівлю мікросейсм і їх реєстрації на коротких профілях в будівлі з наступною кореляційною обробкою. При аналізі функції когерентності каналів виявляють власні коливання будівель, проводиться побудова амплітудних і фазових розподілів за об'ємом споруди. У способі можливо за умови відповідного співвідношення частот, помилкове включення в обробку коливань, наведених на будівлю від інших об'єктів;

3) джерелом, збуджуючим власні коливання будівлі, є постійно присутні пульсації атмосферного тиску, реєструють одночасно пульсації тиску (мікробарографом) і мікросейсми по 3 компонентам (X, Y, Z), спостереження можуть вестися в одній точці, у тому числі поза будівлею. При обробці виділяють тонкі лінії в спектрі, аналізують часовий хід їх амплітуд порівняно з ходом варіацій атмосферного тиску, що дозволяє відсіяти наведені коливання від сусідніх споруд. Моніторинг за цим способом може вестися в одній точці, обстеження цілісності будівлі - в декількох ключових точках.

Останній спосіб є найбільш технологічним і економічним. Крім того, модифікація цієї методики може застосовуватися для вивчення властивостей підстав споруд, а також для завдань сейсмічного просвічування.

2.4.4 Контроль теплотехнічних показників будівлі

Нині пред'являються підвищені вимоги до теплової ізоляції зовнішніх стін будівель. Існуючі методики визначення теплофізичних характеристик елементів будівлі (непрозорих і світлопрозорих конструкцій, що захищають, по ДБН В.2.6–31: 2016 [13] і ДСТУ Б В. 2.6-18-2000 [39]) засновані на прямому вимірі в лабораторних умовах різниці температур між зовнішньої і внутрішньої поверхнями конструкції, визначенні величини теплового потоку, що протікає через конструкцію з наступним обчисленням термічного опору і опору теплопередачі.

Вказані методи не вирішують ряд принципових моментів роботи конструкції в реальних умовах:

- не враховується нестационарна теплопередачі в реальних умовах експлуатації;
- не враховується вплив обрамлення віконних отворів, розташування містків холоду на величину приведенного опору теплопередачі;
- не враховується вплив зон з різними значеннями опору теплопередачі на розподіл теплових потоків.

Визначення теплотехнічних характеристик конструкцій будівель, що захищають, в натурних умовах може проводитися на основі аналізу їх температурних полів комплексним тепловізорним методом. Це обумовлено тим, що при експлуатації будівлі в період опалювального сезону існує температурний перепад між внутрішнім і зовнішнім повітрям, тому наявність різних дефектів, ушкоджень, конструктивних елементів, що мають відмінний від основного матеріалу опір теплопередачі, реєструватиметься як зони з аномальними температурами, якісний і кількісний аналіз яких дозволяє ідентифікувати їх за ознаками дефект-якість. Визначення кількісних значень теплотехнічних характеристик конструкцій, що захищають, в реальних умовах експлуатації разом з безконтактною реєстрацією температурних полів усієї конструкції, що захищає, вимагає виміру температури в конкретних точках контактними приладами протягом певного періоду часу, наступного аналізу контактних і безконтактних вимірів з використанням фізико-математичних моделей процесу нестационарної теплопередачі через контрольовану конструкцію і рішення відповідних зворотних завдань.

Технологія комплексного тепловізорного обстеження будівель і будівельних споруд в реальних умовах експлуатації (у літній і зимовий періоди), запропонована авторами [2] дозволяє оцінити фактичне стани будівельних об'єктів з визначенням наступних характеристик :

- приведені опір теплопередачі зовнішніх стін і вікон;
- положення точки роси і координати площини промерзання;
- залишковий ресурс будівлі при аварійному відключенні теплопостачання;

За допомогою тепловізорного обстеження можливо виявити ділянки конструкції з наднормативними тепловтратами.

Технологія тепловізорного обстеження будівель включає методики проведення вимірів і обробки результатів, комплекс програмно-апаратних засобів визначення теплотехнічних характеристик зовнішніх конструкцій, що захищають, в реальних умовах експлуатації з погрішністю не більше 15% . В

її основі лежить рішення зворотної задачі теплового неруйнівного контролю в багат шаровій просторовій області з під областями, що імітують дефекти, в умовах нестационарного процесу теплопередачі.

На підставі набутих реальних значень приведенного опору теплопередачі з експериментально певними початковими і граничними умовами, визначення точки роси, положення площини промерзання і визначення теплового стану будівельної конструкції при аварійному відключенні тепlopостачання (з визначенням максимально допустимого інтервалу часу відключення) робляться висновки про фактичний технічний стан контрольованого об'єкту і даються рекомендації по приведенню його до нормативних вимог.

Технологія комплексного обстеження будівель і будівельних конструкцій включає три основних етапу.

Етап 1. Реєстрація первинної інформації з контролюючого об'єкту в реальних умовах його експлуатації: температурні історії довкілля і контрольованого об'єкту, вологість характеристики і її попередня комп'ютерна обробка.

Етап 2. Визначення теплотехнічних характеристик обстежуваного об'єкту : приведенного опору теплопередачі по стінах і вікнах, точки роси і положення площини промерзання, теплового стану будівельної конструкції при аварійному відключенні тепlopостачання з визначенням максимально допустимого інтервалу часу відключення.

Етап 3. Підготовка звітних матеріалів і висновки з оформленням вкладиша до енергетичного імпорту будівлі.

Технологія визначення фактичного значення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій полягає в наступному. На підставі аналізу проектної документації визначають так звані реперні зони на зовнішніх конструкціях, що захищають, по гладіні стіни за відсутності містків холоду. З внутрішньою і зовнішньою сторін конструкції, що захищає, з використанням тепловізора визначають місця установки електронних

самописців вхідних параметрів. Електронні самописці протягом 3-7 днів фіксують температуру внутрішньою і зовнішньою поверхонь в реперних зонах, а також температуру і інші характеристики довкілля.

Перед початком тепловізорної зйомки виробляються виміри температури характерних зон і довкілля контактними датчиками, вимірюється вологість, теплові потоки, швидкість і напрям вітру поблизу об'єкту контролю. Тепловізорною системою реєструються температурні поля огорожувальних конструкцій обстежуваного об'єкту і визначаються зони температурних аномалій на їх поверхні.

Уся отримана інформація вводиться в комп'ютерну систему і обробляється за допомогою програмного забезпечення. Визначається термічний опір конструкції, що захищає, в реперних зонах шляхом рішення зворотної нестационарною теплопровідності, а потім по термограмах фасадів і торцевих частин будівлі виявляються ділянки з аномальними температурами, визначаються відносні термічні опори цих ділянок і обчислюють приведений опір теплопередачі конструкцій будівлі, що захищають.

Застосування комплексних тепловізорних обстежень, заснованих на поєднанні контактних і безконтактних вимірів температури і інших допоміжних параметрів конструкції, що захищає, і довкілля на базі використання сучасних розрахункових моделей теплопередачі в нестационарних умовах зміни температур середовища, вирішує задачу визначення фактичних тепловтрат через зовнішні конструкції будівель, що захищають, в реальних умовах експлуатації.

3 МОНІТОРИНГ ТВЕРДНЕННЯ БЕТОНУ В МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Моніторинг тверднення бетону в монолітних залізобетонних конструкціях дозволяє вирішувати наступні технологічні завдання:

- контроль наростання міцності бетону в конструкціях;
- визначення температури в конструкції в результаті дії зовнішніх умов, догляду за бетоном, екзотермії процесів гідратації цементу, сприяючих виникненню в бетоні масивних конструкцій підвищеної напруги і деформацій в результаті великого температурного градієнта від середини конструкції до її периферії .

Визначення міцності бетону в монолітних залізобетонних конструкціях є важливим технологічним і складним технічним завданням.

Контроль за наростанням міцності дозволяє використовувати найбільш оптимальні склади бетону (як по витраті цементу, так і по кількості вживаних добавок), скоротити терміни будівництва більше раннього зняття опалубки конструкцій, збільшити ефективність використання трудових ресурсів і устаткування, виключити замерзання бетону зимою і перегрівання влітку.

Технічні труднощі визначаються, в першу чергу, складністю фізичних процесів, супроводжуваних процесом тверднення бетону і набору ним міцності; впливом на процес тверднення складу бетону, зовнішніх умов, розмірів бетонованих конструкцій.

3.1 Існуючі методи визначення міцності бетону в конструкціях

Нині існує декілька методів визначення міцності бетону в конструкції: що руйнує, часткового руйнування конструкції, неруйнівні (механічні і ультразвуковий).

3.1.1 Руйнівний метод

Метод заснований на випробуваннях в лабораторних умовах до руйнування контрольних зразків, виготовлених з того ж бетону і за тією ж технологією, що і будівельна конструкція. Випробування проводять по ДСТУ Б В.2.7-214:2009 [19], згідно з яким як контрольні зразки використовуються куби з довжиною ребра 100, 150, 200, 300 мм або циліндри діаметром 100, 150, 200, 300 мм і заввишки, рівною подвоєному діаметру. Згідно цього методу зразки бетону витримуються в нормальних умовах (температура $(20\pm 3)^\circ\text{C}$ і відносна вологість повітря $(95\pm 5)\%$) або в умовах, аналогічним умовам тверднення бетону в монолітних конструкціях.

За даними [5-8,37] при випробуванні циліндрів виходять однорідніші результати міцності бетону, оскільки їх руйнування менше залежить від напруги на кінцях зразка; їх міцність також менше залежить від властивостей вживаного в суміші великого заповнювача. Проте в будіндустрії найбільшого поширення набули випробування бетону з використанням зразків-кубів бетону.

Цей метод відрізняється найбільшою точністю і тому прийнятий за еталон при оцінці інших методів. Проте висока точність методу відноситься тільки до оцінки міцності бетону випробовуваних зразків. Проте умови укладання, ущільнення, тверднення бетону в зразках і конструкції в конструкціях різні. Тому поширення значення міцності бетону в зразках на бетон в конструкції призводить до значних погрешностей.

3.1.2 Випробування зразків бетону, відібраних з конструкції

Суть методу полягає у визначенні руйнівним методом по ДСТУ Б В.2.7-214:2009 [19] міцності бетону в зразках, відібраних безпосередньо з конструкції. Зразки бетону (куби або циліндри) механічним способом випилюються з конструкції, використовуючи алмазні пили або коронки.

Основні положення по відбору зразків, проведенню випробування, оцінці результату викладені в ДСТУ Б В.2.7-223:2009 [20].

При цьому методі міцність бетону в зразках якнайповніше відповідає міцності бетону в конструкції. Проте в процесі випилювання в зразках від зусиль різання виникають мікроруйнування і міцність зразка може бути занижена. Відбір зразків досить трудомісткий (знаходження ділянок бетону між арматурними стержнями магнітним методом, власне процес випилювання, закладення пошкоджених ділянок конструкції). В процесі відбору зразків ослабляється конструкція, велика вірогідність ушкодження арматури, що несе, різальним інструментом.

Згідно даних С. С. Каприєлова, В. І. Травуша та ін. [30] при зіставленні результатів випробувань бетону в конструкціях з міцністю бетону з партій сумішей, укладених в ті ж конструкції слідує, : міцність і щільність бетону в конструкціях, як правило, нижче за міцність і щільність в партіях, визначених по зразках-кубах (рисунок 3.1, 3.2). Різниця значень може бути мінімальною, а може доходити до 10%. Причинами цього, на думку авторів, являється знижена міра ущільнення бетонних сумішей в густоармованих конструкціях, що відбилося на меншій, ніж в зразках-кубах, щільності кернів. Другою причиною є температурний чинник: підвищена екзотерія високоміцних бетонів (С75/80, С85/90), пов'язана з високим вмістом в них цементу, що сприяє нагріванню масивних конструкцій колон і стін в початковий період тверднення.

Ці результати (у частині підвищеної екзотерії) можна віднести і до бетонів класів С20/25, С25/30, які використовуються при зведенні більшості монолітних конструкцій і характеризуються підвищеним вмістом цементу.

3.1.3 Методи локального руйнування бетону

Суть методів заснована на руйнуванні бетону на певній ділянці конструкції. У цю групу включені метод відриву із сколюванням і метод

сколювання ребра. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 [21] ці методи відносять до неруйнівних методів контролю. Вказана в заголовку назва методів прийнята по термінології В. Зубкова [27] як що якнайповніше відбиває суть процесу.

Метод відриву із сколюванням заснований на використанні залежності величини зусилля, необхідного для висмикування анкерного пристрою, від міцності цього бетону. Найбільшого поширення набули два типи анкерних пристроїв. Перший тип (стержень з анкерною голівкою) встановлюється при бетонуванні конструкції в тих місцях, де передбачається визначити міцність бетону. Другий тип (самоанкеривающеся пристрій, що складається з трьох рифлених щічок і розтискного конуса) застосовується для установки в просвердлений отвір при контролі затверділого бетону.

Перевагою цього методу є те, що згідно ДСТУ Б В.2.7-220:2009 [21] для обробки отриманих результатів (розрахунку міцності бетону) не потрібно побудову градувальної залежності «непряма характеристика - міцність бетону». Розрахунок виробляється по встановленій формулі залежно від зусилля відриву анкерного пристрою з урахуванням розміру великого заповнювача, умов тверднення і виду бетону.

Достоїнствами цього методу є його порівняно висока точність (оскільки в його основі лежить характеристика міцності бетону) і можливість визначення міцності бетону безпосередньо в конструкції.

Основні недоліки: висока трудомісткість і обмежене застосування при визначенні міцності бетону в стислих елементах конструкції, оскільки відбувається часткове руйнування конструкції і послаблення поперечного перерізу випробовуваної конструкції.

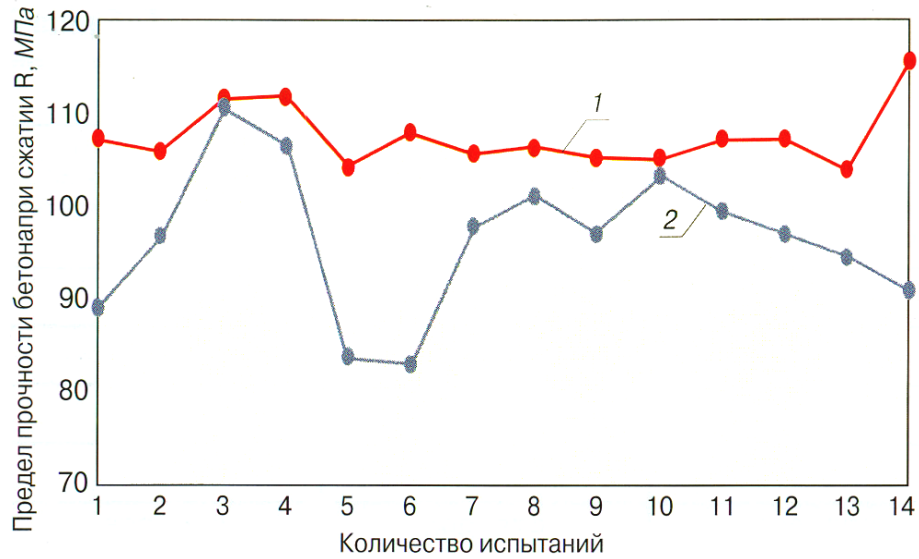


Рисунок 3.1 – Середня міцність бетону в партіях по зразкам-кубикам в віці 28 діб (1) і в конструкціях партіях по зразкам-кубикам в віці 40-45 діб (2)

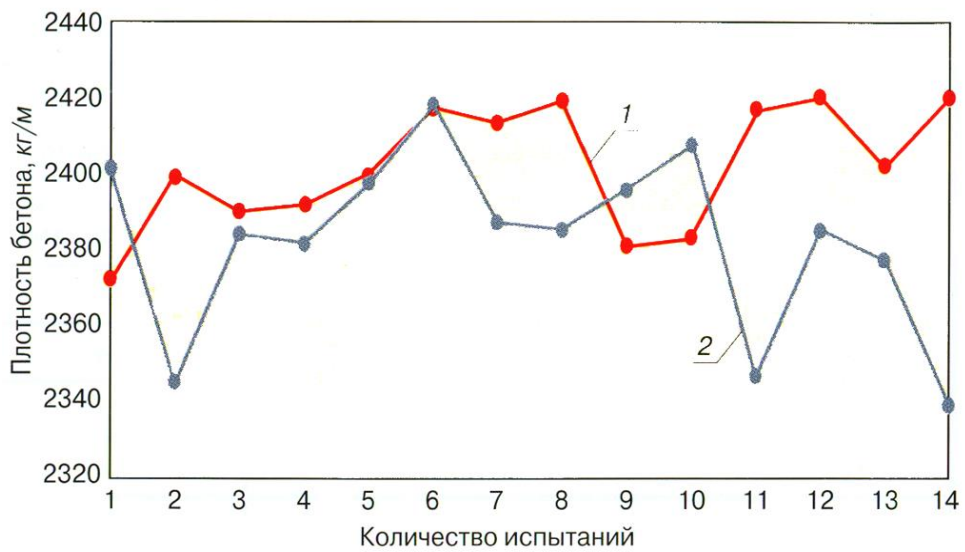


Рисунок 3.2 – Міцність бетону в партіях по зразкам-кубикам в віці 28 діб (1) і в конструкціях партіях по зразкам-кернів в віці 40-45 діб (2)

3.1.4 Механічні методи неруйнівного контролю

Ці методи дозволяють без руйнування визначити його міцність. До неруйнівних методів відносять метод пластичних деформацій, метод пружного відскоку, метод ударного імпульсу.

Міцність бетону визначають по заздалегідь встановлених градууювальних залежностях між міцністю бетонних зразків по ДСТУ Б В.2.7-220:2009 [21] і непрямим характеристикам міцності. Непрямі характеристики вибирають так, щоб вони мали як можна тісніший зв'язок з міцністю бетону. Залежно від вживаного методу непрямыми характеристиками міцності є:

- значення величини відскоку бойка від поверхні бетону;
- співвідношення діаметрів відбитків на бетоні і стандартному зразку при ударі індентора по поверхні бетону;
- значення реактивної сили і тривалості дії удару.

Точність неруйнівних методів залежить від точності виміру прийнятої непрямой характеристики і точності залежності, по якій обчислюється міцність. Залежність "непряма характеристики - міцність бетону" сильно змінюється при зміні складу бетону, умов тверднення, стану поверхні, вологості бетону і інших чинників. Таке положення у ряді випадків вимагає визначення цієї залежності експериментальним шляхом у кожному конкретному випадку для конкретного складу бетону, що утрудняє або виключає повністю використання методу. До інших недоліків механічних методів неруйнівного контролю можна віднести:

- вимір міцності бетону тільки в поверхневому шарі (до 10 мм), в якому іноді бетон схильний до тієї, що карбонізує;
- нечутливість методу до зміни міцності великого заповнювача і його зернового складу;
- нечутливість методу до адгезії частини розчину і великого заповнювача;
- низька точність (15-20%).

3.1.5 Ультразвуковий метод

Цей метод відносять до групи фізичних методів випробування бетону. Метод заснований на використанні залежності швидкості поширення механічних коливань ультразвукової частоти в бетоні від його міцності.

Методика проведення випробувань бетону і обробка результатів викладені в ДСТУ Б В.2.7-226:2009 [22] .

До достоїнств методу слід віднести властивість ультразвуку проходити під час виміру через усю товщу конструкції, збираючи повнішу інформацію про бетон на відміну від поверхневих методів механічного контролю.

Проте цей метод не можна віднести до універсального, оскільки на швидкість поширення ультразвуку впливають не лише міцність бетону, але і безліч інших чинників, таких як склад, великість заповнювача, вологість. На жаль, деякі чинники впливають на швидкість ультразвуку більшою мірою, ніж міцність, що є одним з серйозних недоліків ультразвукового методу.

Ще одним недоліком методу можна назвати крутизну зростання графіку залежності "швидкість ультразвуку - міцність бетону", яка в більшості випадків апроксимується статечною функцією. Так, згідно роботи [8] за відсутності градуовальної кривої "швидкість-міцність" міцність бетону визначається по емпіричній формулі (з погрішністю до 20%) :

$$R=qV^4 \quad (3.1)$$

де V - швидкість поширення ультразвуку в бетоні

q - коефіцієнт, визначуваний за результатами випробувань не менше трьох кубів, вирізаних з конструкції.

В результаті при певній погрішності виміру швидкості поширення ультразвуку погрішність визначення міцності бетону збільшується багаторазово (при погрішності виміру швидкості 10% погрішність визначення міцності бетону складає 46%).

3.2 Існуючі системи моніторингу тверднення і зміцнення бетону

Система контролю тверднення і зміцнення бетону, заснована на кондуктометричних вимірах стану рідкої фази, що проводить, в капілярно-пористій структурі матеріалу, що формується

Ця система розроблена компанією Concretetec Ltd (Ізраїль) і заснована на кондуктометричних вимірах стану рідкої фази, що проводить, у формуючій капілярно-пористій структурі матеріалу [48].

Суть методу заснована на важливій властивості рідкої фази бетонних сумішей: її термодинамічній рівновазі з твердою фазою, на якій вона адсорбована (чи якою вона абсорбована). Саме тому фізично пов'язана вода є найбільш інформативним компонентом водно-силікатних дисперсій: зміна її стану адекватно відбиває закономірності зміцнення на всіх стадіях тверднення.

Авторами запропонована кореляційна залежність $S=f()$ між міцністю цементно-бетонних композицій S і їх електропровідністю (опором R) [49]. Основою кореляцій є взаємозв'язок електропровідність - пористість - міцність. Узагальнення великого числа робіт, присвячених визначенню міцності капілярно-пористих тіл, дозволило авторам представити співвідношення міцність (S) - пористість (Π) статичною залежністю виду :

$$S = S_0 \Pi^n \quad (3.2)$$

де S_0 , n - константи.

Співвідношення між електропровідністю ρ і пористістю Π (при дослідженні електрофізичних властивостей скельних порід) представляється у вигляді:

$$\rho = \frac{\rho_0 \Pi^a}{k}, \quad (3.3)$$

де ρ_0 - провідність порової рідини,

a , k - константи.

Об'єднавши залежності (3.2) і (3.3) можна отримати вираження, встановлює взаємозв'язок між міцністю цементного каменю і питомим електричним опором парової рідини :

$$S = \text{const } S_0 R_k \quad (3.4)$$

де $\text{const} = (a/(o)) k$.

На рисунку 3.2 представлена типова крива зміни питомого електричного опору в процесі тверднення бетону марки С35/ 40 протягом 840 ч (35 діб). Звертає на себе увагу монотонний характер кривої $R^* = f(\tau)$, логарифмічною залежністю, що апроксимується, з дуже високим коефіцієнтом кореляції $C_{CORR} = 0.98$.

В той же час розгляд цієї ж кривої на ранній стадії тверднення (рисунок 3.3) свідчить про істотну не монотонність зміни величини R^* . Встановлено, що подібний характер кривої $R^* = f(\tau)$ пов'язаний з інтенсивним розвитком первинної структури тверднучого матеріалу і, передусім, процесів схоплювання.

Зіставлення часу фіксації екстремальних точок кривою на малюнку 3.3 з результатами визначення термінів схоплювання стандартним методом Proctor (ASTM C - 403) показує хороша відповідність обох методів. Зокрема, максимум кривою (екстремум графіку) визначає час кінця схоплювання, а період найбільшої інтенсивності наростання електричного опору добре відповідає часу початку схоплювання.

Встановлення взаємозв'язку "міцність - електричний опір" показаний на прикладі результатів контролю тверднення і зміцнення бетону складу Ц:П:Щ = 1 : 2,46: 4,27 при В/Ц = 0,7 (цемент типу СЕМ І - 52.5N). Бетонна суміш модифікувалася добавкою - уповільнювачем тверднення у кількості 0,0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,5 і 3,0% від маси цементу. Температура тверднення 20 °С.

Кондуктометричний контроль тверднення здійснювався безперервно протягом 28 діб. Одночасно контролювалося зростання міцності бетону шляхом стандартних вимірів в 1, 2, 7, 14 і 28 діб

Зіставлення значень міцності при стискуванні, вимірюваних у віці 1, 2, 7, 14 і 28 діб., і відповідних величин ефективного електричного опору дозволило отримати дуже високий рівень кореляційного взаємозв'язку «S – REFF». Коефіцієнт кореляції $C_{CORR} = 0.964$ (пунктирна лінія на рисунку 3.4).

В той же час видно, що в області високих значень міцності розкид результатів істотно вищий. Тому увесь масив експериментальних даних розділений на дві частини: на рисунку 3.4 представлено дві кореляції: для ранньої (у віці 1, 2 і 7 діб) і пізньої (у віці 14 і 28 діб) міцності.

Видно, що рівень кореляційного взаємозв'язку «S – REFF» для ранньої (до 7 діб) міцності дуже високий - $C_{CORR} = 0.985$; в той же час пізня міцність дуже погано корелюється з електричним опором - $C_{CORR} = 0.375$.

Такий низький рівень кореляційного взаємозв'язку в цьому випадку пояснюється тим, що на пізніших етапах тверднення (14 діб) фаза, що проводить (рідка), в об'ємі бетону вже не є безперервним дисперсійним середовищем: в ній є численні розриви сплошності. В результаті стан структурованої вологи вже не відповідає параметрам пористості затверділого матеріалу. Через це зникає строга фізична відповідність між вимірюваними значеннями REFF і міцності властивостями бетону.

З іншого боку, очевидно, що високий рівень кореляції на ранньому етапі тверднення - до 7 діб - дозволяє з досить високою точністю екстраполювати міцність бетону і на зріліший вік. Практично таке прогнозування може бути виконане вже на підставі результатів, отриманих в 1-2 діб тверднення.

Для практичного використання застосовується вимірювальна система ConTest - 8, яка може використовуватися в цементній промисловості, на заводах товарного бетону і збірного залізобетону, а також безпосередньо на будівельних об'єктах. Система призначена для оперативного способу технологічного контролю для стабілізації виробництва, зменшення втрат матеріалів, оптимізації трудовитрат і тому подібне.

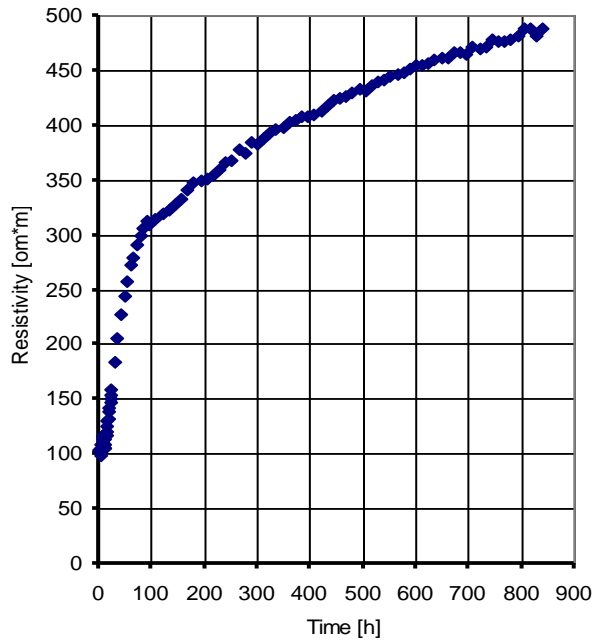


Рисунок 3.2 - Загальний характер зміни питомої електричного опору в процесі твердіння бетону C35/40

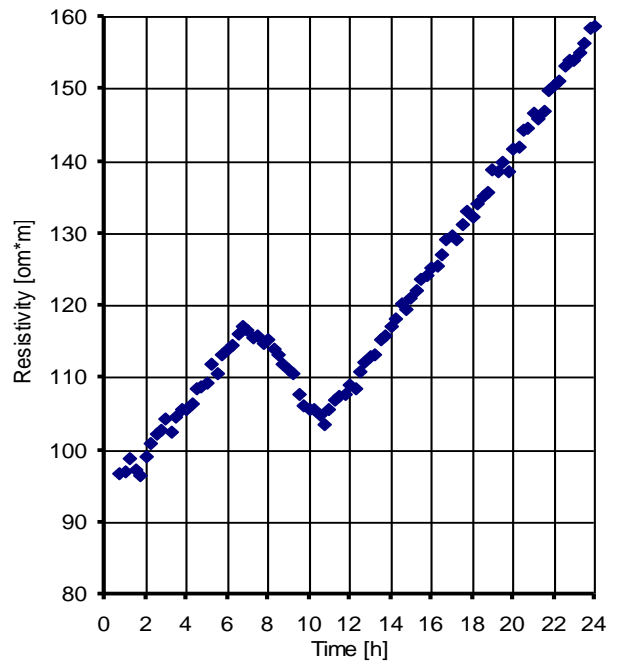


Рисунок 3.3 - Зміна питомої електричного опору бетону C35/40 на ранній стадії тверднення

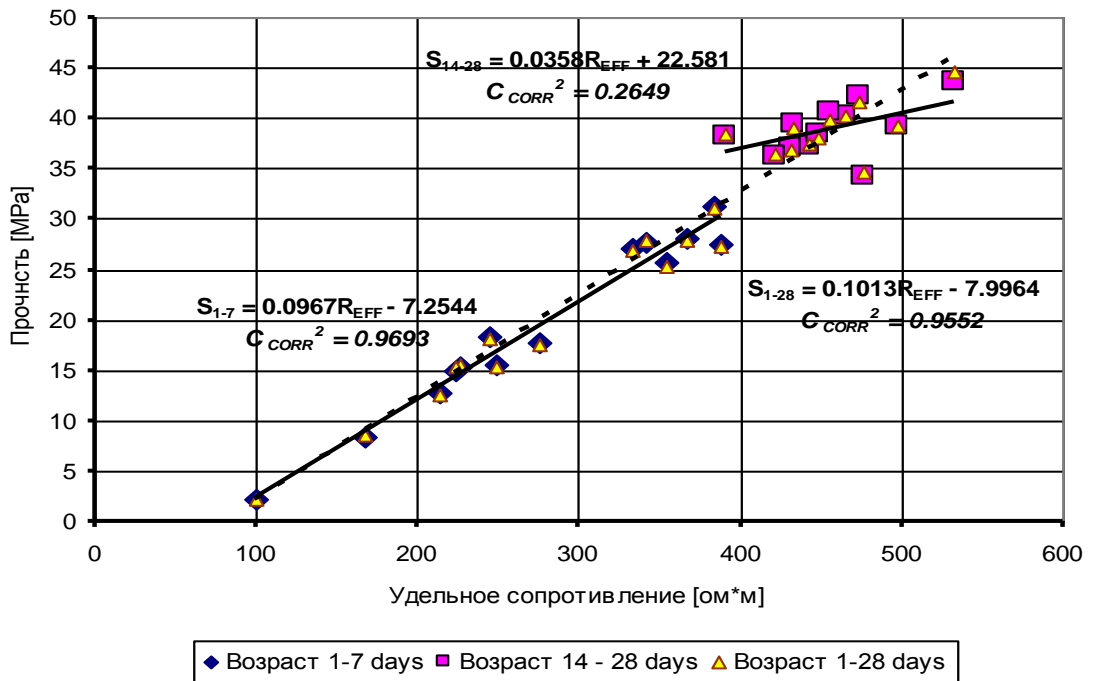


Рисунок 3.4 - Кореляції «Міцність - питомий електричний опір» для бетонів з різним вмістом добавки-сповільнювач.

ConTest - 8 базується на вимірі електричного імпедансу цементних паст, сумішей розчинів і бетонних в процесах їх тверднення. Основним елементом є блок електронного контролю, який дозволяє одно-часно приймати і передавати інформацію з восьми чутливих датчиків-контейнерів. Конструкція блоку дозволяє працювати одночасно з вісьмома вимірвальними каналами або окремо з кожним з них.

Спеціальні датчики-контейнери об'ємом 380 см^3 є циліндрами, виготовленими з поліетилену. З метою стабілізації потоку електрики між двома електродами, розташованими на дні датчика, циліндр розділений спеціальною перегородкою, відношення висоти якій h до висоти датчика-контейнера H рівне $h/H=0,65$. У нижній частині датчика-контейнера на контактній панелі поряд з електродами розташований термістр для вимірів температури тверднучого матеріалу з точністю $0,1^\circ\text{C}$. Конструкція датчиків-контейнерів дозволяє розміщувати їх безпосередньо усередині будівельних виробів і конструкцій, а також поряд з ними, наприклад в камерах теплової обробки. Блок електронного контролю за допомогою кабелю USB сполучений з комп'ютером.

Математичне забезпечення включає систему управління, методику обробки і калібрування, зберігання результатів у базі даних і графічне представлення результатів в режимі on-line.

Одночасно з виміром електричного імпедансу досліджуваної суміші - бетону або розчину в кожному каналі здійснюється вимір її температури. Величина температури дозволяє врахувати її вплив на міцність і інші параметри, використовуючи відповідну методику обробки сигналів.

Ця система дозволяє проводити моніторинг зміцнення бетонних сумішей в ранні терміни тверднення (до 7 діб.), а також визначати терміни схоплення бетонних сумішей (на різних цементах, з різними добавками, при різних температурах).

Технологія прискореного тверднення бетону, заснована на методах термокінетичного аналізу гідратації цементу розроблена в калориметричному центрі будівельного матеріалознавства ХГТУСА під керівництвом професора А. В. Ушєрова-Маршака [42].

У основу технології покладені закономірності між параметрами тепловиділення цементу і бетону з міцністними показниками бетону. Для встановлення функціональних залежностей зміни характеристик процесів тверднення і властивостей бетону в часі покладені методи термокінетичного і термодинамічного аналізу гідратації і структуроутворення цементу за даними ізотермічної і скануючої калориметрії. Термокінетичний аналіз дозволяє виділяти характерні періоди тверднення, прогнозувати тепловиділення, оцінювати степінь перетворення, вплив температури або хімічних добавок на швидкість і повноту гідратації. Термодинамічний - базується на представленнях фізико-хімії поверхневих явищ, термодинаміці фазових перетворень норовой рідини цементного каменю залежно від розмірів, форми пір і капілярів під дією знакозмінних температур.

Тепловиділення і наростання міцності бетону в часі представляються у вигляді подібних залежностей:

$$Q(t) = Q_{28} (1 - e^{-k_q t^{n_q}}) \quad (3.5)$$

$$R(t) = R_{28} (1 - e^{-k_R t^{n_R}}) \quad (3.6)$$

де Q_{28} , R_{28} - тепловиділення і міцність бетону у віці 28 діб ;

k_q , k_R , n_q , n_R - безрозмірні параметри тепловиділення і тверднення.

Авторами запропонована структура інформаційної технології бетону "ТЕРМОБЕТ" (рисунок 3.5).

Банк даних (БД) є сукупністю взаємозв'язаних, структурованих в каталоги даних з технічного завдання і нормативів, характеристик компонентів, параметрів бетонної суміші і властивостей бетону, включаючи технологічні особливості прийнятої технології, а також меню вибору

критерію оптимізації. Усі фактографічні дані у вигляді кількісних характеристик систематизовані і записані на машинних носіях інформації в понятійних картотеках.

У базі знань (БЗ) представлені формалізовані методики, правила підбору і коригування складу, тепловиділення при гідратації цементу, формування мікропористості цементного каменю. При цьому у БЗ вводиться імітаційна модель неізотермічного тепловиділення цементу для заданих режимів тверднення. Апарат визначення неізотермічного тепловиділення базується на методах рішення зворотних завдань нестационарної кінетики. Ці моделі потрібні для реалізації методики вибору режиму за одному або декількома критеріями оптимізації.

«Вирішувач» є програмним апаратом витягання даних і знань, чисельною реалізацією алгоритму рішення задачі.

Особа, що приймає рішення (ЛПР), або користувач за допомогою діалогової системи спілкування здійснює в усіх попередніх підсистемах відбір і пересування даних, знань і організацію процесу рішення задачі. Такий підхід дозволяє формулювати і залучати до рішення поставленої задачі увесь арсенал наявних даних і знань. В процесі функціонування ІТ «ТЕРМОБЕТ» вирішуються два взаємозв'язані завдання: вибір раціональних складів і режимів тверднення бетону.

Підбір складу бетону може здійснюватися з використанням стандартної методики згідно ДСТУ Б В.2.7-215:2009 і нормативній інформації з БД. Виготовляється партія зразків цього складу, здійснюється їх випробування для декількох режимів тверднення з каталогу «Технічне завдання». Раціональні температурні режими розташовуються в площини «температура - час», обмеженою умовами тверднення, наприклад, можливостям теплового агрегату, складом і заданою распалубочной міцністю бетону. Для бетонів прискореного тверднення нижня межа площини визначається температурою довкілля, а верхня є ламаною, обмежену мінімальною тривалістю попередньої витримки (1-2 години), максимально допустимі показниками

швидкості нагріву (20-30 °С/ч) і температурою ізотермічної витримки (80—95 °С). Тривалість циклу тверднення може змінюватися залежно від технологічних особливостей від 6 ч до 7 діб.

Отримані значення міцності вводяться користувачем в комп'ютер для подальшої обробки. Для цих же умов у блоці «Правила і методики» обчислюються параметри неізотермічного тепловиділення з використанням результатів калориметричних експериментів при тверднення цементу в ізотермічних умовах.

У блоці «Імітаційне моделювання» виділяються характерні періоди тверднення - індукційний і прискорений, робиться прогноз тепловиділення (рисунок 3.6). Результати обчислення апроксимуються, знаходяться параметри імітаційної моделі, наприклад, експоненціального типу. В якості параметрів приймаються час закінчення індукційного періоду тверднення - τ_1 , повне тепловиділення при твердненні в певному тимчасовому інтервалі - Q_n , безрозмірні коефіцієнти кінетичних рівнянь - k_q і n_q . Це дозволяє вирішити завдання кількісної оцінки швидкості і повноти тепловиділення при твердненні у будь-якому заданому режимі тверднення і має принципово важливе значення для функціонування ІТ. Аналогічний підхід використовується для кінетичного моделювання наростання міцності бетону і визначення параметрів моделей - τ_1 , R_{28} , k_r , n_r .

Потім встановлюється формальний взаємозв'язок між параметрами імітаційних моделей неізотермічного тепловиділення і зміни міцності для конкретних режимів тверднення - $F(k_q)=k_r$ и $F(n_q)=n_r$. Далі за допомогою обчислювального експерименту визначаються значення міцності бетону для будь-якого температурного режиму в необхідний момент часу. Таким чином, з'являється можливість обґрунтування режиму тверднення для заданих початкових умов і критеріїв оптимізації. За допомогою блоку «Вибір режимів» з необхідною точністю визначаються температурно-тимчасові параметри режимів тверднення.

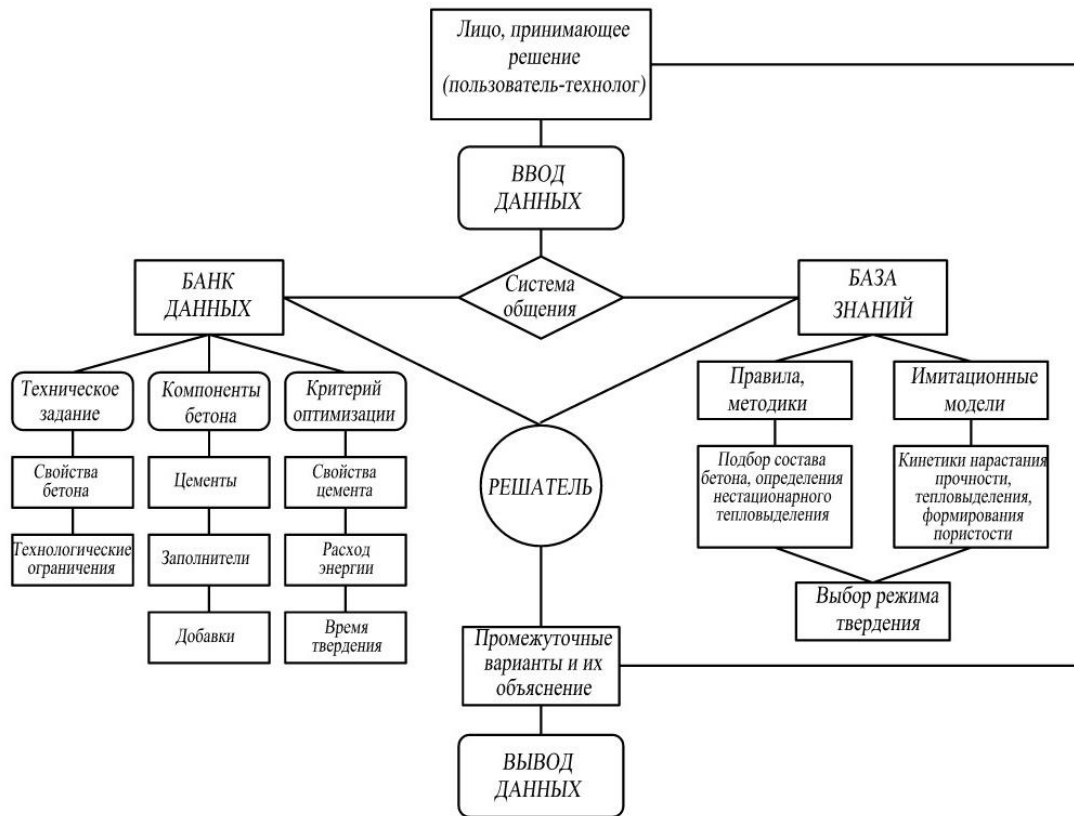


Рисунок 3.5 - Структура інформаційної технології бетону "ТЕРМОБЕТ"

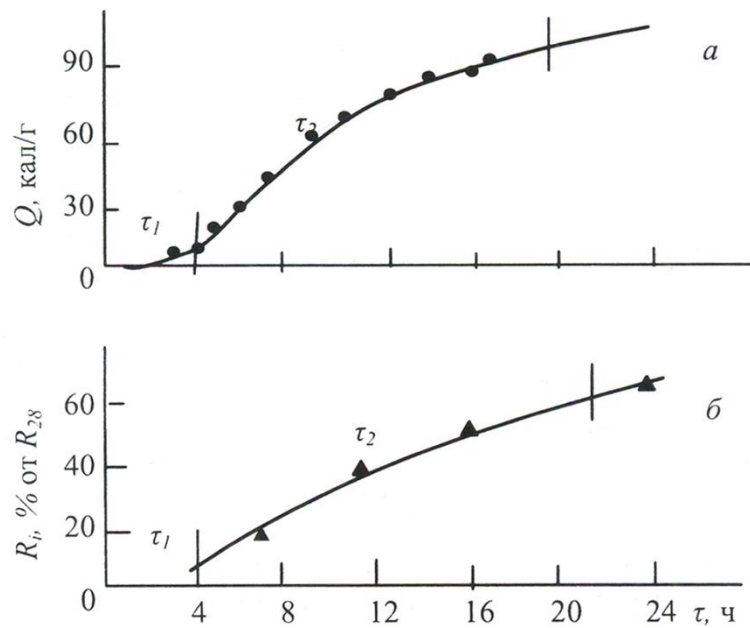


Рисунок 3.6 - Моделі тепловиділення цементу (а) і наростання міцності (б) в процесі тверднення бетону

Моделюється тепловиділення для кожного з них з використанням функцій $F(k_q)=kr$ і $F(n_q)=n_r$. Визначається міцність R_i до заданому терміну. Після цього порівнюються значення R_i з $R_{\text{треб}}$. Має бути дотримана умова $R_i = R_{\text{треб}}$. Для вибраних режимів визначається достатня витрата теплоносія, призначаються режими з мінімальною витратою. Остаточне рішення приймає користувач. Після експериментальної перевірки результат вводиться в БД. Якщо задана міцність не досягнута, вибір режиму повторюється.

За допомогою методів термокінетного аналізу можливо оцінити вклад екзотерії в енергетичний баланс тверднення бетону, термонапруженне стан виробів і конструкцій. Тепловиділення прагнуть збільшити в технології залізобетонних виробів і знижувати в масивному монолітному бетоні застосуванням відповідних цементу, хімічних добавок.

Одна з областей результативного додатка методів термокінетичного аналізу - регулювання процесів тверднення цементів і модифікування властивостей бетонних сумішей і бетонів індивідуальними або комплексними хімічними добавками. Мікрокалориметрія, завдяки високій чутливості і можливостям безперервної реєстрації малих теплових ефектів, є джерелом інформації про вплив добавок на елементарні акти - змочування, адсорбцію на початковому терпкому або новоутвореннях, хімічну реакцію, гідроліз, кристалізацію. Отримувані термокінетичні характеристики зв'язані з величинами технологічних ефектів - прискоренням або уповільненням гідратації, пластифікуванням.

3.3 Модель системи моніторингу і управління процесом тверднення бетону в монолітних конструкціях

Описаним вище методам контролю міцності бетону в монолітних конструкціях властивий ряд недоліків, стримуючих їх застосування для конкретних конструкцій або умов. Основними недоліками неруйнівних методів контролю є їх досить велика трудомісткість (підготовка бетонної

поверхні, проведення вимірів, обробка результатів), наявність градууювальних залежностей «непряма характеристика - міцність бетону» під конкретний склад бетону, відносно невисока точність. Стандартний метод визначення міцності випробуванням кубів бетону до руйнування також не завжди дозволяє об'єктивно оцінити міцність бетону із-за різних умов ущільнення і тверднення бетону зразків-кубів і в конструкції. З серії існуючих стандартизованих методів контролю міцності бетону (що як руйнують, так і неруйнівних) немає жодного універсального. В результаті, для набуття достовірних значень міцності бетону необхідно використовувати декілька методів, ще більше збільшуючи трудомісткість проведення випробувань.

Описані системи моніторингу набору міцності також засновані на кореляційних залежностях «параметр тверднення бетону – міцність». При досить високих значеннях коефіцієнтів кореляції, що описують вказані залежності, зараз не створена досить велика база даних за умовами тверднення бетонів залежно від їх складу, технології виготовлення, зовнішніх умов. На сьогоднішній момент відсутній і математичні моделі, досить тверднення бетонів, що коректно описують фізико-хімічні процеси.

В результаті цього досить сильно стримується застосування вказаних методів моніторингу тверднення бетону, які роблять дуже повільний перехід з наукових лабораторій на будівельний майданчик.

Пропонована модель системи моніторингу і управління процесом тверднення бетону в монолітних конструкціях заснована на створенні однакових умов тверднення (температури і вологості) зразків-кубів бетону, заформованих при бетонуванні монолітних конструкцій, і бетону в конструкції. В ході дотримання вказаних умов передбачається, що кінетика набору міцності зразків-кубів і бетону в конструкції відбувається однаково.

Системи моніторингу вирішує два основні завдання:

- контроль і управління умовами витримки бетону;
- контроль міцності бетону в ранні терміни з прогнозом набору міцності залежно від зовнішніх умов.

Блок-схема системи моніторингу і управління тверднення бетону показана на рисунку 3.7. Під час бетонування залізобетонних конструкцій відбувається установка датчиків температури і вологості (як усередині масиву бетону, так і біля бетонованих конструкцій). Кількість датчиків визначається залежно від розмірів і міри відповідальності конструкції, температурних умов на будівельному майданчику. У момент бетонування відбувається відбір бетону і його заливка в куби-форми для відправки в будівельну лабораторію. Там зразки поміщаються в камеру тверднення з герметичними відсіками, в кожному з яких можлива підтримка своїх унікальних умов тверднення, відповідних визначеною умовам конструкції (ділянки конструкції) на будівельному майданчику.

По ходу тверднення бетону виробляється аналіз умов тверднення на відповідність вимог проекту або нормативних документів (СНиП 3.03.01 [32]). У певні терміни (1, 3, 7, 28 днів або встановлені методикою випробувань) виробляється випробування за визначенням міцності бетону по контрольних зразках-кубах (ДСТУ Б В.2.7-214:2009 [10]). За результатами випробувань проводиться аналіз динаміки процесу тверднення і набору міцності. При необхідності проводиться коригування процесу залицяння (прогрівання) бетону конструкцій на будівельному майданчику.

Чинник розміру монолітної конструкції враховується залежно від розмірів конструкції :

- завданням в камері температури довкілля (моделювання тверднення поверхневих найбільш навантажених шарів бетону) - для елементів каркаса будівлі, що згинаються;

- завданням в камері температури масиву бетону (моделювання тверднення внутрішніх шарів бетону з максимальними термічними деформаціями від процесу гідратації) - для масивних конструкцій.

Система включає такі апаратні і програмні засоби:

- датчики виміру температури і вологості;
- електронний блок збору і передачі інформації;

- камера тверднення зразків-кубів бетону з герметичними відсіками і пристроєм підтримки заданої температури і вологості в кожному відсіку;
- програма, що управляє.

Як датчики температури може використовуватися будь-який з видів терморезисторів, які призначені для виміру температури газоподібних, рідких і твердих середовищ в діапазоні, $-70.+500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вони випускаються з номінальними значеннями опору 100 Ом і 1000 Ом нормованими при температурі $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Датчики характеризуються підвищеною лінійністю характеристики перетворення в усьому діапазоні вимірюваних температур, високою точністю і малими габаритними розмірами. Велика різноманітність конструктивних виконань (керамічні вивідні і без вивідні корпуси, надмініатюрні корпуси, корпуси з мідно-нікелевого сплаву) дозволяє легко підібрати датчик для розміщення його в досліджуване середовище (бетонну суміш або повітря).

Як датчики вологості використовуються одно кристальні датчики (наприклад, модель НН - 4000 фірм Honeywell (США) або ДВТ- 002 виробництва НПП "РегМик" м. Чернігів) місткостей. Основні параметри датчиків : діапазон виміру вологості 0.100%, погрішність виміру до $\pm 3\%$, діапазон робочих температур $-40.+85\text{ }^{\circ}\text{C}$).

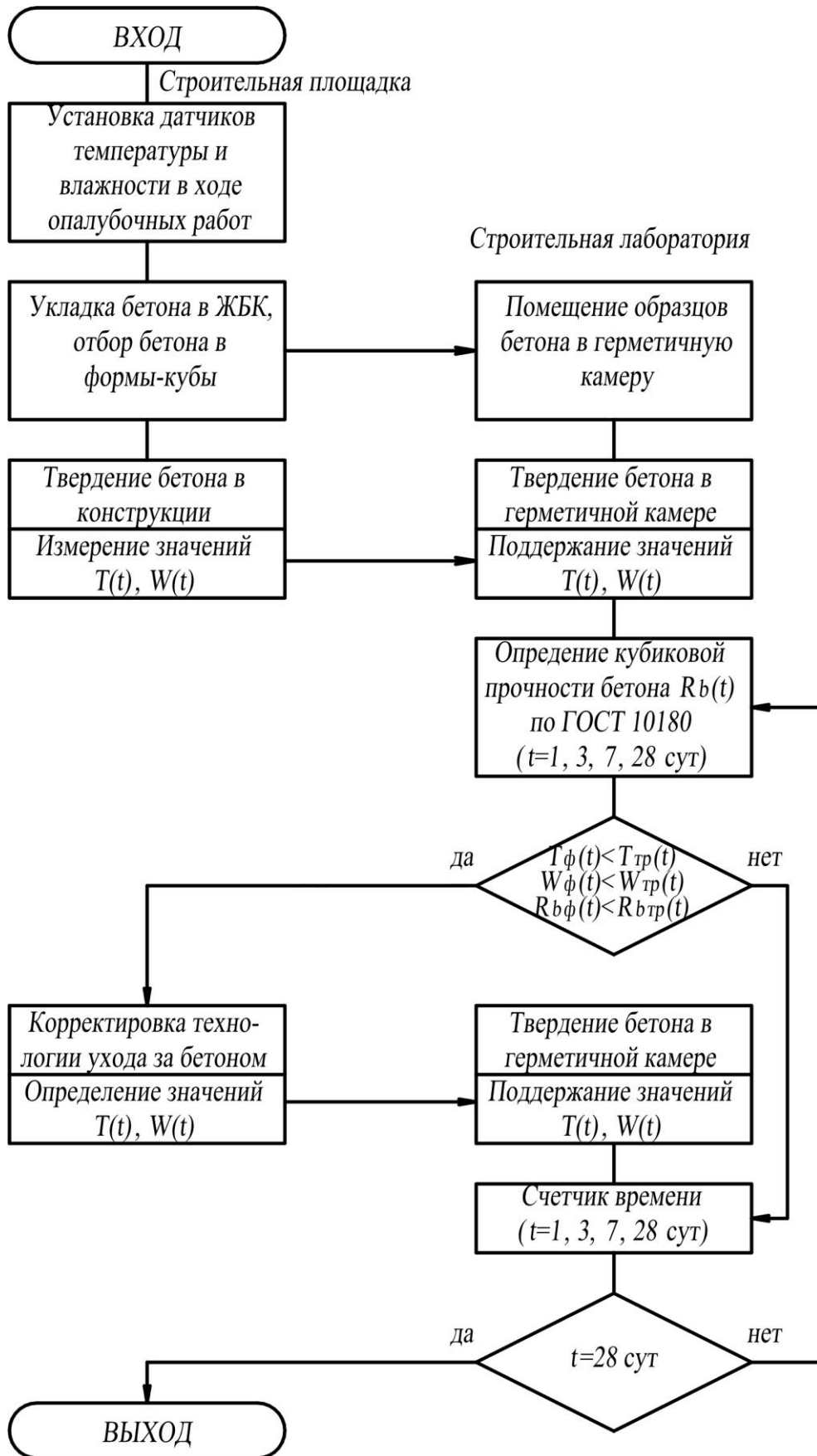


Рисунок 3.7 - Блок-схема системы моніторингу і управління процесом тверднення бетону

Для виміру параметрів зовнішнього середовища використовуються датчики вологості зі вбудованими датчиками температури.

Блок знімання і передачі інформації здійснює збір, обробку і накопичення даних з усіх датчиків, їх дистанційну передачу через GSM - модем. За допомогою цього блоку відбувається завдання інтервалу опитування датчиків.

Пропонований метод відрізняється відносною простотою реалізації, усі випробування проводяться у рамках діючих нормативних документів на методи випробувань бетону.

Реалізація цієї системи нині можлива в результаті широкого розвитку інформаційних і медіа-технологій, значним поширенням і здешевленням електронних приладів.

Достоїнства системи моніторингу і управління :

- відносна простота реалізації;
- робота в автоматичному режимі з інтеграцією ЕОМ;
- проведення випробувань міцності бетону базовим методом за контрольними зразками згідно ДСТУ Б В.2.7-214:2009 [10];
- відсутність необхідності використання кореляційних залежностей "параметр тверднення бетону - міцність бетону", що вносять додаткову погрішність в процес виміру;
- можливість експрес-контролю міцності і управління процесом тверднення.

ВИСНОВКИ

1. Сучасні багатоповерхові залізобетонні монолітні каркасні будівлі є складними технічними системами з великою різноманітністю конструктивних систем, нестандартних проектних і технологічних рішень, що обумовлює підвищені вимоги до кваліфікації і досвіду як проектувальників, так і будівельників.

2. Проектування і зведення монолітних будівель повинні здійснюватися на підставі останніх досягнень будівельної науки і технології з урахуванням досвіду проектування, будівництва і експлуатації подібних будівель.

3. Для вирішення нестандартних конструкторських, технологічних, експлуатаційних завдань, що виникають на усіх етапах життєвого циклу будівлі, залучаються сторонні науково-дослідні і спеціалізовані організації, що здійснюють науково-технічний супровід об'єкту будівництва.

4. Збільшені вимоги до проектування, зведення і експлуатації будівель в сучасних умовах вимагають і нових методів обстеження, випробування і моніторингу технічного стану елементів будівель.

5. Довговічна експлуатація будівлі обумовлює застосування комплексних методів моніторингу і оцінки стану будівлі з можливістю прогнозування стану конструкцій за зовнішніх умов, що змінюються.

6. Запропонована модель системи моніторингу і управління процесом тверднення бетону в монолітних конструкціях, заснована на створенні однакових умов тверднення бетону в конструкції і зразків-кубів в лабораторних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Афанасьев А.А. Реконструкция жилых зданий. Часть I. Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий. Москва: 2008. 479 с
2. Абрамова Е. В., Будадин О. Н. Комплексный тепловизионный контроль фактических теплотехнических показателей зданий. *Строительные материалы*. 2004. №7. С. 10-13.
3. Блещик Н.П. Проблемы технологии современного бетона. *Современные бетоны. сб. трудов. IX Международная научно-практическая конференция. Сборник трудов. Запорожье, 2007.*
4. Батраков В. Г. Модификаторы бетона: новые возможности и перспективы . *Строительные материалы*. 2006. №10. С. 4-7.
5. Григоровський П.Є. Куделя А.М., Дейнека Ю.В. Методика проведення моніторингу висотних будівель з урахуванням досвіду будівництва в м. Києві. *Нові технології в будівництві : наук-техн. зб. Київ.: Вид-во «Ліра-К», 2008. Вип. 16. С. 56–58.*
6. Григоровський П.Є. Чуканова Н.П. Загальні принципи моніторингу технічного стану будівель та інженерних споруд. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. Західного геодезичного товариства УТГК. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. Вип. 1(23). С. 123–127.*
7. Григоровський П.Є., Косолап В.О., Чуканова Н.П. Вплив застосування інтелектуальних систем при технічному обстеженні будівель в умовах невизначеності на збільшення життєвого циклу будівель. *Нові технології в будівництві : наук-техн. зб. Київ : Вид-во «ЛіраК», 2012. Вип. 23. С. 8–12.*
8. Григоровський П.Є. Методологічні основи формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань при зведенні та

експлуатації будівель і споруд: дис. ... д-ра т. наук : 05.12.08 / Харків. нац. ун-т. уд. і арх.. Харків, 2018. 502 с.

9. Гавриляк А.І., Базарник І.Б., Кінаш Р.І. Технічна експлуатація, реконструкція і модернізація будівель. Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2006. 537 с.

10. ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016. Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд: [Чинний з 2017-04-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 67 с. (Національний стандарт України)

11. ДБН В.1.2-5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. [Чинний від 2008. 01. 01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. 13 с. (Державні будівельні норми України)

12. ДБН А.3.1-5-2016. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016-05-05]. Київ. 2016. 52 с. (Національні стандарти України).

13. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків і споруд: Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2016-08-07]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2016. 33 с. (Національні стандарти України).

14. ДБН В.1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення і конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій і основ. [Чинний від 2019-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2019. 36 с. (Національні стандарти України).

15. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції із важкого бетону. Конструкції будівель і споруд. Правила проектування. [Чинний від 2011-06-01]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2011. 123 с. (Національні стандарти України).

16. ДБН В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти будівель і споруд. Основи положення. [Чинний від 2019-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2018. 42 с. (Національні стандарти України).

17. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Конструкції будівель і споруд. [Чинний від 2011–01–07]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2011. 71 с. (Національні стандарти України).
18. ДСТУ-Н Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. [Чинний від 2011–01–20]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2010. 61 с. (Національні стандарти України).
19. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності по контрольним зразкам. [Чинний від 2010–09–01]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2009. 43 с. (Національні стандарти України).
20. ДСТУ Б В.2.7-223:2009 Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій. [Чинний від 2010-09-01]. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. 12 с.
21. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. [Чинний від 2010-09-01]. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. 14 с.
22. ДСТУ Б В.2.7-226:2009. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності. [Чинний від 2009-12-22]. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. 38 с.
23. ДСТУ Б А.2.4-14:2005. СПДБ. Автоматизовані системи технічного діагностування будівельних конструкцій. Технічне завдання. [Чинний від 2005–07–01]. Київ : Мінбуд України, 2005. 26 с. (Національний стандарт України)
24. ДСТУ Б В.2.6-27:2006. Автоматизовані системи технічного діагностування будівельних конструкцій. Види випробувань. [Чинний від 2006–10–01]. Київ. : Мінрегіонбуд України, 2006. 21 с. (Національний стандарт України)
25. Давидюк А.Н., Ларин О.А. К вопросу о научно-техническом сопровождении строительства. *Проблемы долговечности зданий в*

современном строительстве. Материалы международной конференции..
СПб.: РИФ "Роза мира", 2007.

26. Евдокимов Н.И., Мацкевич А.Ф., Сытник В.С. Технология монолитного бетона и железобетона: Учеб. пособие для строительных вузов. Москва.: Высш. школа, 1980 . 125с.

27. Зубков В.А. Определение прочности бетона: Учебное пособие. Москва: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 1998 . 160 с.

28. Иценко Л. В. Обеспечение контроля качества возведения несущих частей зданий. *IX Международная научно-практическая конференция . Современные бетоны.* Сборник трудов. Запорожье, 2007.

29. Король Е., Рубцов И., Кухта А., Четверик Н. Принципы построения систем мониторинга. *Высотные здания.* 2008. № 5.

30. Каприелов С.С., Травуш В.И., Карпенко Н.И., Шейнфельд А.В. и др. Модифицированные высокопрочные бетоны классов В80 и В90 в монолитных конструкция. Часть II . *Строительные материалы.* 2008. №3.

31. Марковский М. Ф., Копылов Ю. Б., Бурсов Н. Г. Технологии бездефектного возведения монолитных железобетонных конструкций из товарного бетона . *Строительные материалы.* 2008. №3.

32. Маклакова Т. Г., Нанасова С. М. Конструкции гражданских зданий: Учебник. Москва: Изд-во АСВ, 2000 . 256 с.

33. Молодых С. А., Митина Е. А., Ерофеев В. Т. и др. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона: Учебное пособие.. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. 215с.

34. Нанасова С.М., Михайлин В. М Монолитные жилые здания / Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 315 с.

35. Николаев С.В., Острецов В.М., Острецов А.В., Гендельман Л.Б., Вознюк А.Б., Капустян Н.К., Сухин В.В. Опыт проектирования и эксплуатации схем мониторинга конструкций и оснований высотных зданий. *Материалы IV Международной научно-практической конференции Современные системы и средства комплексной безопасности и*

противопожарной защиты объектов строительства. Стройбезопасность. 2006

36. Перельмутер А.В., Сливкер В.И.. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. Киев, Изд-во «Сталь», 2002 . 600 с:

37. Перельмутер А.В., Криксунов Э., Мосина Н. Реализация расчета монолитных жилых зданий на прогрессирующее (лавинообразное) обрушение в среде вычислительного комплекса SCAD Office . CADmaster. 2008. № 3 .

38. Сухин В. В. Слепая вера или постоянный контроль? Система мониторинга зданий и сооружений . *Технологии безопасности & инженерные системы*. 2005. № 2.

39. Соколов Б. С. О необходимости повышения качества строительства несущих систем зданий из монолитного железобетона . *Известия КГАСУ*, 2005, №2 (4).

40. Теличенко В., Король Е., Каган П., Комиссаров С., Арутюнов С. Технологические особенности возведения высотных зданий. *Высотные здания*. 2008. №2. С. 104-109 .

41. Теличенко В., Король Е., Каган П., Комиссаров С., Арутюнов С. Конструктивные решения высотных зданий. *Высотные здания*. 2008. №4.

42. Ушеров-Маршак О. В. Калориметрія цементу і бетону: Вибрані праці / Відп. ред. В. П. Сопов. Харків: Факт, 2002. 214с.

43. Феррари Г., Сурико Ф. Самоуплотняющийся бетон для моста «Калатрава» в Венеции . *Бетон и железобетон*. 2006. №3. С. 28-29 .

44. Хаметов Т. И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений: Учеб. пособие. Москва: Изд-во АСВ, 2002. 154с.

45. Шулькевич М.М., Дмитренко Т.Д., Бойко А.И. Справочник по контролю качества строительства жилых и общественных зданий. Київ: Будівельник, 1985. 245с.

46. Шуллер В. Конструкции высотных зданий: Пер. с англ. Стройиздат, 1979. 234с.

47. Шокарев В. С., Чаплыгин В. И., Хилько С. В., Пограничный А. В. Измерительно-информационная система для мониторинга технического состояния строительных объектов . *VI Международная научно-практическая конференция «Дни современного бетона»*. Сборник докладов. Запорожье, 2004.

48. Штакельберг Д.И., Вилге Б.И., Бойко С.В. Система контроля твердения и упрочнения бетона. *«Дни современного бетона» Материалы X Международной научно-практической конференции*. Запорожье: изд. Планета, 2008

49. Штакельберг Д. И., Вилге Б. И., Бойко С. В. Мониторинг твердения и упрочнения цементно-бетонных композиций . *Строительные материалы*. 2008. №3.