

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра геодезії та картографії

На правах рукопису

УДК 528.48(075.8)

**Геодезичні спостереження просідання будівельних конструкцій
Державного спеціалізованого підприємства «Чорнобильська атомна
електростанція»**

Рівень вищої освіти – перший (бакалавр)

Галузь знань 19 – «Архітектура та будівництво»

Спеціальність 193 – «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма – «Геодезія та землеустрій»

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра

студентки 4 курсу бакалаврату

Мординської Анастасії Ігорівни

Науковий керівник –

кандидат географічних наук, доцент

Тітова Світлана Вікторівна

Допущено до захисту

Протокол засідання кафедри № _____ від «__» _____ 20__ року

Завідувач кафедри

проф. Даценко Л. М.

Київ – 2023

ЗМІСТ

	стор.
РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1.ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИМИ МЕТОДАМИ ПРОСІДАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЕРЖАВНОГО СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ЧОРНОБИЛЬСЬКА АТОМНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ»	9
1.1. Причини виникнення деформацій та просідання будівельних конструкцій	9
1.2. Методи геодезичного моніторингу деформацій інженерний споруд та зсувних процесів ґрунтових масивів.....	10
1.3. Геодезичні спостереження за зміщеннями та деформаціями споруд	13
1.4. Огляд матеріалів вчених, які досліджували просідання та деформації будівельних конструкцій Чорнобильської атомної електростанції	16
Висновки до розділу 1	20
РОЗДІЛ 2.МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИБОРУ ЗОНИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ, ОЦІНКА ЯКОСТІ ЗЕМЛЕВПОРЯДНИХ ТЕРИТОРІЙ НОВОГО БЕЗПЕЧНОГО КОНФАЙМЕНТУ.....	21
2.1. Оцінка стану землевпорядних територій нового безпечного конфайменту.....	21
2.2. Відомості про комплекс та інженерно-геодезичні вишукування будівельної конструкції нового безпечного конфайменту	23

2.3.	Марки, що контролюються на будівельній конструкції та фундаменті нового безпечного конфайменту	28
2.4.	Система координат і висот геодезичної мережі нового безпечного конфайменту.....	30
	Висновки до розділу 2	32
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РОЗРОБКА МОНІТОРИНГУ ПРОСІДАННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НОВОГО БЕЗПЕЧНОГО КОНФАЙМЕНТУ		
		33
3.1.	Організація проведення геодезичних робіт	33
3.2.	Об'єми робіт та методика визначення деформаційних переміщень контрольних марок	38
3.3.	Проведення моніторингу просідання будівельних конструкцій на основі даних	42
	Висновки до розділу 3	50
	ВИСНОВКИ	52
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота Мординської Анастасії Ігорівни на тему: «Геодезичні спостереження просідання будівельних конструкцій Державного спеціалізованого підприємства «Чорнобильська атомна електростанція»» на здобуття першого рівня вищої освіти бакалавра зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій», освітня програма «Геодезія та землеустрій». – Київський національний університет імені Тараса Шевченка.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи 57 стор., з них 44 стор. основного тексту. Складається зі вступу, трьох розділів, висновків; містить 11 рисунків, 6 таблиць та 30 посилань на джерела інформації.

Ключові слова: моніторинг, землеустрій, геодезичні спостереження, земельна ділянка, деформаційні зміщення, будівельна конструкція.

Актуальність теми визначення деформаційних зміщень та просідань є досить спірним питанням, бо в даний час досі невирішені безліч питань земельного характеру, а з початку повномасштабного російського вторгнення, ці питання набули широкої теоретичної точки зору та практичної спрямованості. В процесі їх вирішення особливо актуальним є питання забезпечення високоефективного науково-технічного обґрунтування питань моніторингу за вертикальними і горизонтальними зміщеннями таких інженерних конструкцій як нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття», бо цей комплекс знаходиться в досить небезпечному регіоні та має на меті тримати всі небезпечні радіаційні частки в середині, без шкоди для суспільства та навколишнього середовища. Вирішення якого передбачає відновлення якості земельних ресурсів, які були залучені до процесу його експлуатації та відновлення їх стану для збільшення термінів використання.

Актуальність дослідження полягає в тому, що проведення систематичного моніторингу на основі інженерно-геодезичних спостережень за просіданнями будівельних конструкцій на Державному спеціалізованому підприємстві «Чорнобильська атомна електростанція», на прикладі будівельної конструкції

комплексу нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття», може одразу знаходити певні деформації, тріщини та осідання споруди для того, щоб якнайшвидше усувати їх та в майбутньому на період експлуатації - це не викликало обвалів, зсувів та просідання землі під його фундаментом, через велику вагу та розміри даної конструкції, та в далекому майбутньому не призвело до другої масштабної катастрофи на підприємстві. Бо як відомо, чим швидше була знайдена проблема, то тим менше вона потребує витрат сили, ресурсів та часу для вирішення.

Метою кваліфікаційної роботи є проведення геодезичних спостережень просідання будівельних конструкцій Державного спеціалізованого підприємства «Чорнобильська атомна електростанція», на прикладі нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття».

Завдяки коректного визначенню мети дослідження нами було сформульовано наступні завдання:

1. Визначити причини виникнення деформацій та просідання будівельних конструкцій.
2. Проаналізувати методи геодезичного моніторингу, які допомагають виявити причини просідань та деформацій.
3. Описати положення та кількість геодезичних марок, що контролюються на конструкції Арки об'єкта «Укриття».
4. Провести моніторинг за просіданням та деформаціями будівельної конструкції Арки нового безпечного конфайменту.

Об'єктом дослідження виступає будівельна конструкція комплексу нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття» Чорнобильської АЕС Київської області.

Предмет дослідження складають методи геодезичного моніторингу деформацій та просідань нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття», а саме: нівелювання, лінійно-кутовий метод, автоматизовані геодезичні комплекси, метод лазерного сканування, GNSS – моніторинг, геодезичний моніторинг, стереофотограмметрія та інклінометрія.

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів. Теоретичне значення полягає в поглибленні теоретико-методологічних основ існуючої нормативно-правової бази, на якій ґрунтуються засади виконання моніторингу будівельних конструкцій. В обґрунтуванні необхідності розробки методики моніторингу будівельних конструкцій в умовах підвищеної дії іонізуючого випромінювання при демонтажі нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» Державного спеціалізованого підприємства «Чорнобильська атомна електростанція» із застосуванням сучасного геодезичного обладнання. Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що одержані результати будуть використовуватися як вихідні дані для відстеження динаміки переміщень, стійкості будівельних конструкцій і прийняття своєчасних заходів по запобіганню руйнуванню конструкцій і прогнозування аварійних ситуацій комплексу нового безпечного конфайменту, а також допоміжних будівель і споруд.

ВСТУП

Актуальність теми визначення деформаційних зміщень та просідань є досить спірним питанням, бо в даний час досі невирішені безліч питань земельного характеру, а з початку повномасштабного російського вторгнення, ці питання набули широкої теоретичної точки зору та практичної спрямованості. В процесі їх вирішення особливо актуальним є питання забезпечення високоефективного науково-технічного обґрунтування питань моніторингу за вертикальними і горизонтальними зміщеннями таких інженерних конструкцій як нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття», бо цей комплекс знаходиться в досить небезпечному регіоні та має на меті тримати всі небезпечні радіаційні частки в середині, без шкоди для суспільства та навколишнього середовища. Вирішення якого передбачає відновлення якості земельних ресурсів, які були залучені до процесу його експлуатації та відновлення їх стану для збільшення термінів використання.

Актуальність дослідження полягає в тому, що проведення систематичного моніторингу на основі інженерно-геодезичних спостережень за просіданнями будівельних конструкцій на Державному спеціалізованому підприємстві

«Чорнобильська атомна електростанція», на прикладі будівельної конструкції комплексу нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття», може одразу знаходити певні деформації, тріщини та осідання споруди для того, щоб якнайшвидше усувати їх та в майбутньому на період експлуатації - це не викликало обвалів, зсувів та просідання землі під його фундаментом, через велику вагу та розміри даної конструкції, та в далекому майбутньому не призвело до другої масштабної катастрофи на підприємстві. Бо як відомо, чим швидше була знайдена проблема, то тим менше вона потребує витрат сили, ресурсів та часу для вирішення.

Метою кваліфікаційної роботи є проведення геодезичних спостережень просідання будівельних конструкцій Державного спеціалізованого підприємства «Чорнобильська атомна електростанція», на прикладі нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття».

Завдяки коректного визначенню мети дослідження нами було сформульовано наступні завдання:

1. Визначити причини виникнення деформацій та просідання будівельних конструкцій.
2. Проаналізувати методи геодезичного моніторингу, які допомагають виявити причини просідань та деформацій.
3. Описати положення та кількість геодезичних марок, що контролюються на конструкції Арки об'єкта «Укриття».
4. Провести моніторинг за просіданням та деформаціями будівельної конструкції Арки нового безпечного конфайменту.

Об'єктом дослідження виступає будівельна конструкція комплексу нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття» Чорнобильської АЕС Київської області.

Предмет дослідження складають методи геодезичного моніторингу деформацій та просідань нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття», а саме: нівелювання, лінійно-кутовий метод, автоматизовані геодезичні комплекси, метод лазерного сканування, GNSS – моніторинг, геодезичний моніторинг, стереофотограметрія та інклінометрія.

Структура кваліфікаційної роботи – складається з 57 сторінок, з яких наявний вступ, 44 сторінок основного тексту, три розділи, 11 малюнків, 6 таблиць та 30 посилань на джерела інформації.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСІДАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЕРЖАВНОГО СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ЧОРНОБИЛЬСЬКА АТОМНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ»

1.1. Причини виникнення деформацій та просідання будівельних конструкцій

Як наслідок конструктивних особливостей, природних умов і людської діяльності, будівельні конструкції в цілому та їх окремі частини випробовують деформації різних видів.

Під терміном деформація мають на увазі змінення форми об'єкта, за яким ведуться спостереження. У практиці інженерів-геодезистів прийнято розглядати деформацію як зміну положень об'єкта щодо його початкового значення.

Під постійним натиском від маси споруди ґрунти з основою його фундаменту поступово ущільнюються і відбувається зсув по вертикальній площині або осідання споруди. Крім натиску від власної маси, осідання споруд може бути викликане й іншими причинами, а саме карстовими і зсувними явищами, зміною рівня ґрунтових вод, роботою важких механізмів, рухом різного виду транспорту та активними сейсмічними явищами. При корінній зміні структури пористих і пухких ґрунтів відбувається осідання, яке ще називають деформацією, яка швидко протікає у часі.[1]

Деформації інженерних споруд. Причини виникнення деформацій частіше поділяють за походженням на деформації природного походження і в результаті людської діяльності. Деформація – це спотворення або зміни форми і розмірів об'єкту під дією зовнішніх впливів. Якщо об'єкт дослідження зазнає певних зсувних рухів, то відповідно головні контури змінюють своє положення в просторі, а відповідно змінюються його координати.

Деформаційні процеси зазвичай проявляються - відхиленням від вертикалі (зміна планового положення – нахил, переміщення) та відхилення площини по

горизонталі (зміна висотного положення, вертикальні переміщення – осідання, підйом, прогин).

Для виявлення горизонтальних переміщень інженерних споруд визначають планові координати деформаційних марок та порівнюють їх з координатами в нульовому циклі вимірювання, тоді різниця координат й буде переміщенням. А вже для того, щоб виявити відхилення по вертикалі проводять вимірювання відміток осадових марок та відповідно зрівнюють з нульовим циклом, різниця даних вважається вертикальним переміщенням.

Деформації ґрунтових масивів. Ґрунтовий масив – це територія зі складними формами рельєфу, які можуть піддаватися певним руйнуванням та обвалам під дією гравітаційних сил, гідродинамічного тиску, додаткових природних або техногенних навантажень (сейсмічних, навантажень схилу (забудова, яка там знаходиться) тощо).

Моніторингом деформацій ґрунтових масивів називають комплекс інструментальних спостережень з метою виявлення зсувних процесів. Моніторинг деформацій здійснюють класичними способами (нівелюванням, лінійно-кутовим вимірюванням) та сучасними (лазерним скануванням, GNSS - моніторинг, роботизованими тахеометрами, датчиками нахилу тощо) та інструментальними інженерно-геодезичними методами з використанням деформаційних марок (аналогічно інженерним спорудам), або за допомогою інклінометрії.

Якщо говорити, за актуальність моніторингу зсувних процесів ґрунтових масивів, то вона обґрунтовується збереженням та захистом територій від надзвичайних ситуацій.[2]

1.2. Аналіз методів геодезичного моніторингу деформацій інженерний споруд та зсувних процесів ґрунтових масивів

Якщо перейти саме до аналізу методів геодезичного моніторингу, то потрібно почати з ґрунтових масивів, моніторинг яких повинен забезпечувати

вимоги найбільшої точності, швидкості отримання достовірної інформації та уваги до деталей.

Головним завданням, яке стоїть перед геодезичним забезпеченням моніторингу ґрунтових масивів є забезпечення достовірної інформації про внутрішній та зовнішній стан ґрунтових масивів (в ідеалі це може бути виконання 3D – моделі).

Основними методами геодезичного моніторингу деформацій вважають:

1. Нівелювання (переважно геометричне або тригонометричне) – це виконання спостережень висотного положення, або вертикальних переміщень об'єкту, які вважаються найточнішими.

2. Лінійно-кутовий метод – це спостереження просторового положення об'єкту, яке теж відносять до одного з найточніших.

3. Автоматизовані геодезичні комплекси (роботизовані тахеометри, датчики нахилу, датчики розкриття тріщин, електронні рівні та ін.) – призначені для моніторингу інженерних споруд без перерви та отримання інформації щодо переміщень online. За точністю даний моніторинг не поступається попереднім двом методам. Але він має певні переваги від попередників, які полягають в тому, що зібрана інформація зосереджена в трьох осях координат, потребує мінімум персоналу для виконання робіт та є досить оперативним у використанні.

4. Метод лазерного сканування (наземне, повітряне та автомобільне) – це метод, який дозволяє отримати 3D – модель об'єкту спостереження, яка несе в собі всю інформацію про даний об'єкт, завдяки якій можливо швидко виявити всі дефекти та деформації конструкції. Практичне застосування наземного лазерного сканування – це визначення крену будівлі, що дозволяє окрім відхилення його від проектного положення у вертикальній площини, також визначити геометричні характеристики досліджуваної споруди.

5. GNSS – моніторинг – це визначення просторового положення досліджуваного об'єкта за допомогою супутникової навігаційної системи. Даний

вид моніторингу чудово підходить для визначення координат деформаційних марок, що розташовані на значній відстані.

6. Стереофотограмметрія – виконується за допомогою стерео фотокамер, які застосовується для об'єктів зі складною геометричною формою та конфігурацією, в результаті якої отримаємо змодельовану поверхню або проекцію оболонки об'єкту на площину. Метод стереофотограмметрії має досвід активного використання при обстеженні пам'яток архітектури, археологічних знахідок, що мають складну конфігурацію архітектурних форм, з метою знаходження та відновлення дефектів, певних деформацій та пошкоджень.

7. Інклінометрія – це метод, який полягає у використанні труби «моніторингової шахти» встановленої у вертикальне або горизонтальне положення по якій пересувається зонд в двох взаємно перпендикулярних площинах. Шахта має особливість приймати деформований стан об'єкту (нахилятися, прогинатися, приймати опуклу чи випуклу форми).

Інклінометричні вимірювання – призначені для виявлення горизонтальних переміщень інженерних споруд та ґрунтових масивів, розташованих в зсувонебезпечних районах або в місцях з найбільшою вірогідністю розвитку зміщення ґрунтових мас.

Інший метод – це геодезичний моніторинг деформацій, який за допомогою геодезичних приладів та методів просторового положення об'єкту визначає періодичність змін його положення відносно умовних горизонтальних та вертикальних площин. Геодезичний моніторинг включає в себе систему точних вимірювань, фіксацію отриманих результатів та аналітичну обробку даних.

Геодезичному моніторингу, підлягають основи споруд, фундаменти, конструкції будівель або їх частин, об'єкти нового будівництва, інженерні мережі, підземні споруди, споруди інженерного захисту територій, території та об'єкти інфраструктури, що їх оточують. Для висотних будинків, експериментальних та складних споруд моніторинг входить до робіт з науково-технічним супроводом і є складовою частиною основного моніторингу об'єкту будівництва. Геодезичний

моніторинг виконується геодезичними методами, які схематично наведені на Рис 1.1. та приладами, або автоматизованими геодезичними комплексами. Проект та програму для геодезичного моніторингу розроблюють відповідно до його технічного завдання.



Рис 1.1. Графічна модель методів геодезичного моніторингу

Методи і норми точності геодезичних вимірювань деформацій основ будівельних конструкцій на сьогодні приймають згідно з затвердженими вимогами. Точність виконання, його періодичність та детальність встановлюють Проекти виконання геодезичних робіт, на основі яких підбираються прилади та методика проведення спостережень, що відповідатиме точності, інформативності та ряду інших важливих факторів та умов (доступність об'єкту, погодні, техногенні та геологічні умови), які можуть впливати на процес ведення моніторингу.

Геодезичний моніторинг класичними методами виконують по спеціально закладеним деформаційним маркам відносно вихідних знаків, марок та реперів опорної геодезичної мережі України.[2]

1.3. Геодезичні спостереження за зміщеннями та деформаціями споруд

Мета проведення геодезичних спостережень за деформаціями будівель і інженерних споруд – це отримання даних, які характеризують абсолютні величини осідань і зміщень, а також встановити показники їх зміни за певний період часу.

Спостереження за деформаціями інженерних споруд являє собою комплекс вимірювальних й описових заходів із виявленням величин деформацій і встановлення причин їх виникнення. Для складних і важливих споруд спостереження починають одночасно із проектуванням. На площадці майбутнього будівництва вивчають вплив різних факторів й у цей же період часу створюють систему опорних знаків для того, щоб заздалегідь визначити ступінь їх стійкості до деформацій. Спостереження безпосередньо за інженерною спорудою починають із моменту початку її зведення й продовжують протягом усього періоду будівництва. Для більшості великих та складних у зведенні споруд спостереження проводяться й у період їх введення у експлуатацію. Залежно від характеру споруди та природних умов на період спостереження, роботи можуть бути закінчені при припиненні деформацій або можуть тривати й весь період експлуатації об'єкта.

Для виконання спостережень використовується вимірювальна мережа, яка складається з таких геодезичних знаків:

- репер – це геодезичний знак, який закріплює пункт нівелірної мережі (висотне положення цього знака є майже незмінним під час спостережень за деформаціями будівельних конструкцій). Дані знаки можуть бути глибинними або ґрунтовими. Глибинний у свою чергу - це фундаментальний знак, який закладається в щільні ґрунти, а ґрунтовий – це геодезичний знак, що закладається нижче глибини промерзання ґрунту.

- марка – це жорстко закріплений на конструкції будівлі геодезичний знак, який змінює своє висотне та планове положення при виникненні деформацій споруди.

- опорний знак – це геодезичний знак, який практично нерухомий в горизонтальній площині та відносно якого визначаються зсуви та крени споруд спостереження. [3]

Всі геодезичні знаки, які встановлені на споруді та навколо неї, створюють оглядову та опорну мережі, що пов'язані одна між одною геодезичними вимірюваннями.

Якщо говорити про склад геодезичних робіт при вимірюванні зсувів, осідань і деформацій, то він має наступний вигляд:

1. Вибір методів та визначення часових періодів вимірювання зсувів, осідань і деформацій;
2. Проектування схеми моніторингу та програми застосування планових і висотних опорних мереж;
3. Використання вимірювальної мережі та розроблення конструкції геодезичних знаків;
4. Вибір періодів та методів перевірки положення знаків опорної мережі;
5. Закладання геодезичних знаків;
6. Проведення серії вимірювань для створення опорної мережі (тріангуляція, полігонометрія, геометричне нівелювання);
7. Вимірювання величин горизонтальних і вертикальних зміщень, величин крену і переносу споруди, виявлення тріщин й виміри їх розмірів (якщо вони наявні), графічна модель наведена нижче на Рис 1.2.



Рис 1.2. Графічна модель складу геодезичних робіт

Крім проведення геодезичних робіт при вимірюванні зсувів, осідань і деформацій інженерних споруд виконуються такі роботи:

- дослідження фізико-механічних властивостей ґрунтів як основи об'єкта;
- дослідження режимів ґрунтових вод;
- дослідження напруги під фундаментом споруди;
- спостереження за зміною температури за певний період.

На кожному етапі будівництва та подальшої експлуатації споруди спостереження за її деформаціями виконують у певні проміжки часу. Якщо ці спостереження проведені за календарним планом, то їх називаються систематичними.

У випадку появи деякого фактора, що призводить до різкого змінення звичайного ходу деформацій (зміна навантаження на фундамент основи, температури навколишнього середовища або самої споруди, рівня ґрунтових вод, землетрусів та ін.) виконують термінові спостереження за станом будівлі. Паралельно з вимірюванням деформацій у цьому випадку та для виявлення причин виникнення, організовують спеціальні спостереження за зміною стану й температури ґрунтів і підземних вод, температурою споруди та зміною метеоумов. Тому як можна зрозуміти, ведеться обов'язковий облік зміни будівельного навантаження й навантаження від установленого устаткування. [4]

1.4. Огляд матеріалів вчених, які досліджували просідання та деформації будівельних конструкцій Чорнобильської атомної електростанції

Проблемою проведення інструментального інженерно – геодезичного моніторингу займається значна кількість вітчизняних науковців зокрема Смолій К., Волошин П., Дзуліт П., Віват А., Ісаєв О., Баран П. та інші.[2]

Так, Смолій К. у статті «Аналіз сучасних геодезичних та геотехнічних методів моніторингу за деформаціями інженерних споруд» оглядає класичні та більш сучасні методи дослідження деформацій.[5] А також, у відомій публікації «Моніторинг геодинамічних процесів у центральній частині Львова» П. Волошина,

наведено результати проведення моніторингу деформацій земної поверхні за даними високоточного нівелювання. [6]

У публікаціях «Determination of plumb lines with using trigonometric levelling and GNSS measurements» [7] та «A study of devices used for geometric parameter measurement of engineering building construction» [8] науковців та дослідників «Львівської політехніки» основну увагу було приділено підвищенню точності вимірювання деформацій за допомогою електронних та роботизованих тахеометрів. А вченими кафедри інженерної геодезії КНУБА в періодичному виданні – «Геодезичний моніторинг – з досвіду виконання геодезичних робіт кафедри інженерної геодезії КНУБА» [9] розглянуто саме види методів моніторингу горизонтальних та вертикальних переміщень та їх вимірювання сучасними геодезичними приладами. Застосування більш класичних методів моніторингу наведено в роботі «Геодезичні спостереження за деформаціями об'єкта «Укриття» на Чорнобильській АЕС» під керівництвом Барана П.І. [10]

Кореляція дистанційних датчиків при проведенні моніторингу та використанні роботизованих тахеометрів дозволяє отримувати інформацію дистанційно в режимі online, що розглядає польський вчений Malesa A.M. в роботі «Monitoring of civil engineering structures using Digital Image Correlation technique». [11] Моніторингом деформацій зсувних процесів ґрунтових масивів займаються також і зарубіжні науковці, а саме Devendra Kumar Yadav індійський вчений статті «A Critical Review on Slope Monitoring Systems with a Vision of Unifying WSN and IoT» [12], де виконання роботи геодезичними приладами доповнює робота інклінометра, за його дослідженням така комбінація дає значно більше інформації.

Якщо говорити саме за Державне спеціалізоване підприємство «Чорнобильська атомна електростанція», то багато досліджень проводилось безпосередньо працівниками, ще до зведення нового безпечного конфайменту, для проведення геодезичних робіт та введення в експлуатацію об'єкта «Укриття» над четвертим блоком у 2006 році.

Одне з них «Концептуальні засади організації інженерно-геодезичних робіт при будівництві та експлуатації нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття» ЧАЕС» Баран, П.І. ; Сушко, В.Г. ; Чернокін, В.Я., [13, 78-79 с.] в даній статті наведено теоретичні дослідження похибок формоутворення металеві кругові арки нового безпечного конфайменту над об'єктом «Укриття» ЧАЕС, а також проведення дослідження та визначення методів врахування температурної деформації арки, аналіз похибок виготовлення та збирання блоків і секцій арки в єдину будівельну конструкцію, розрахунок допустимих похибок для геодезичного контролю збирання частин арки, необхідна величина точності для побудови головної планової та висотної геодезичної мережі та особисті пропозиції дослідників з організації спостережень за деформаціями споруди.

Після виконання всіх можливих інженерно-геодезичних вишукувань, моніторингу та спостережень, були зроблені висновки, а саме:

«1. Інженерно-геодезичне забезпечення зведення нового безпечного конфайменту повинно виконуватися на всіх етапах виконання будівельно-монтажних робіт: влаштування фундаменту, підготовка конструктивних елементів та збирання блоків і секцій арки, їх стикування в єдину цілісну систему, спостереження за деформаціями в процесі насування на штатне місце та експлуатації.

2. Виготовлення й монтаж будівельних конструкцій арки навіть за 1-м класом точності державного стандарту СНГІД може призвести до похибок стикування окремих секцій величиною до 30 мм, що разом із впливом інших природних факторів (зміна температури, пориви вітру тощо) може ускладнити процес виконання монтажу і викликати гостру необхідність застосування компенсаційних блоків. З метою усунення похибок негативного впливу багатьох природних факторів, особливо температури, та спрощення контролю за розмірами і формами блоків та секцій арки більшу кількість технологічних процесів монтажного циклу слід виконувати на стелажах, стендах та стапелях при відповідному інженерно-геодезичному супроводі.

3. Головною організаційною основою виконання робіт повинна бути планова й висотна геодезична мережа, побудована з похибкою взаємного положення пунктів не більше 1:200 000 в масштабі плану і 1 мм по висоті та закріплена надійними й довговічними геодезичними знаками.

4. При виконанні спостережень за деформаціями арки горизонтальні та вертикальні зміщення контрольних марок необхідно вимірювати диференційовано з похибками не більше 2 і 1 мм відповідно для нижньої третини арки та 4 і 2 мм – для решти.

5. Враховуючи унікальність будови та великі розміри нового безпечного конфайменту, екстремальні умови його зведення та довголітній термін експлуатації, необхідно розробити проект виконання інженерно-геодезичних робіт для всіх етапів будівництва споруди та подальшої її експлуатації.»

Всі інші дослідження та спостереження, які проводилися, вони стосувалися більш проектної частини та не відносились до моніторингу стану та деформацій нового безпечного конфайменту, але на просторах інтернету, я знайшла ще одне дуже цікаве вже більш нове дослідження видане у 2016 році - «Аналіз методів оцінки стійкості «Арки» нового безпечного конфайменту до падіння літака» Т. І. Матченко, Л. Б. Шаміс, Л. Ф. Первушова, П. Т. Матченко. [14, 95 с.]

В якому було проаналізовано нормативні документи, які регулюють експлуатацію даного об'єкта, визначені фактори ураження, вимоги до будівельної конструкції та її комплектуючих елементів до падіння літака, а саме аналіз навантажень, критерії її стійкості, де також після проведення моніторингу були зроблені висновки щодо виникнення даної ситуації, які представлені нижче:

«На підставі викладеного вище доцільно розробити методики або теорії щодо:

- міцності матеріалів даної конструкції, у тому числі й композитів щодо ударних навантажень із широким спектром інтенсивності, яка одночасно враховує складову двох видів в'язкого (зміна форми та об'єму споруди) і трьох видів

крихкого руйнування (нормальний відрив, поперечний та прокольний зсуви поверхонь розриву);

- атестації обладнання та моніторингових систем у випадку падіння літака;
- розрахунку детерміністичними методами стійкості конструкцій «Арки» нового безпечного конфайменту у випадку падіння літака;
- розрахунку ризиків руйнування «Арки» при падінні літака;
- визначення локальних уражень та деформацій залізобетонних і сталевих конструкцій нового безпечного конфайменту при падінні малих елементів літака;
- розрахунку стійкості до пожегу «Арки» у випадку розлиття палива; розрахунку стійкості до вибуху «Арки» у випадку утворення газових суміші з парів палива і повітря».

Проведений моніторинг інтернет джерел та вивчений досвід у сфері ядерної енергетики показав, що зараз спостереженнями за деформаціями та просіданням будівельних конструкцій на території промислового майданчика Чорнобильської атомної електростанції, особливо за допомогою інженерно-геодезичних вишукувань та методам геодезичного моніторингу займаються саме інженери-геодезисти та землевпорядники, які там працюють, через те, що станція не є працюючою, та виконання даних досліджень є нецікавим та одноманітним для науковців та професорів, тому так мало відносно нових матеріалів було знайдено.

Висновки до розділу 1

У розділі висвітлено теоретичні питання, які розкривають причини виникнення просідання будівельних конструкцій, методи геодезичного моніторингу деформацій інженерних споруд з їх ґрунтовним розглядом. Визначено алгоритм проведення геодезичних спостереження за зміщеннями будівельних конструкцій та проаналізовано літературні та інші джерела інформації фахівців та науковців, які займалися вивченням деформаційних зміщень різного виду конструкцій на території Чорнобильської атомної електростанції тощо.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИБОРУ ЗОНИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ, ОЦІНКА ЯКОСТІ ЗЕМЛЕВПОРЯДНИХ ТЕРИТОРІЙ НОВОГО БЕЗПЕЧНОГО КОНФАЙМЕНТУ

2.1. Оцінка стану землевпорядних територій нового безпечного конфайменту

Майданчик будівельного комплексу нового безпечного конфайменту знаходиться на території Чорнобильської атомної електростанції, яка розташована на півночі Київської області на території зони відчуження безпосередньо в центрі 10 км. зони особливої радіаційної небезпеки. Майданчик нового безпечного конфайменту являє собою ділянку розмірами ~ 440,00 м. (з півночі на південь) на ~ 345,00 м (зі сходу на захід). Термін конфаймент у фізиці означає утримання чогось від розлітання (в даному випадку радіаційних часток).

Згідно тектонічного районування майданчик Чорнобильської АЕС розташований на території Східно-європейської платформи на геологічній структурі Дніпровсько-Донецької западини.

Майданчик Чорнобильської АЕС обмежений з півночі і сходу р. Прип'ять (права притока р. Дніпро), з півдня і заходу до майданчика прилягають земельні та лісові масиви. Відстань від майданчика Чорнобильської АЕС до основного русла р. Прип'ять становить приблизно 2,5 км. Місто Прип'ять розташоване в 3-х км на північний захід від промислового майданчика Чорнобильської АЕС.

В 2003-2004 роках було виконано комплекс землевпорядних робіт по розробці технічної документації із землеустрою щодо надання на умовах довгострокової оренди строком на 49 років земельних ділянок Державного спеціалізованого підприємства «Чорнобильська атомна електростанція» загальною площею 2980,62 га, які розташовані у Київській області на території зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення.

Земельні ділянки визначені технічною документацією використовуються для виконання робіт по виведенню з експлуатації Чорнобильської АЕС та перетворення

об'єкту «Укриття» в екологічно безпечну систему. На них розміщені: водозабори, сміттєзвалища, складські господарства, виробничо-опалювальна котельня, об'єкти цивільної оборони, залізничні колії, очисні споруди, гідро-технічні споруди, кар'єри, промислові та адміністративні будівлі.

Координати кутів повороту зовнішніх меж земельних ділянок обчислені в системі координат СК-63.

За матеріалами польових робіт складені земельно-кадастрові плани земельних ділянок із зазначенням суміжних землекористувань, довжин ліній та складено експлікацію земель. Межі земельних ділянок встановлено в натурі, межові знаки передано на зберігання замовнику та складено відповідний офіційний документ.

Технічна документація із землеустрою щодо надання на умовах довгострокової оренди строком на 49 років, пройшла державну земельпорядну експертизу в Київському обласному головному управлінні земельних ресурсів.

Територія Державного спеціалізованого підприємства «Чорнобильська атомна електростанція» знаходиться в користуванні на умовах оренди на підставі договору оренди землі №1 від 20.12.2004 року. Територія поділена на 40 земельних ділянок, які мають різну площу.

Майданчик комплексу нового безпечного конфайменту знаходиться на земельній ділянці № 000101.

2.2. Відомості про комплекс та інженерно-геодезичні вишукування будівельної конструкції нового безпечного конфайменту

Новий безпечний конфаймент – це багатофункціональний комплекс для перетворення об'єкта "Укриття" в екологічно безпечну систему. (див. Рис 2.1.)



Рис. 2.1. Загальний вигляд комплексу нового безпечного конфайменту Чорнобильської АЕС

Роботи з будівництва даного об'єкта були розпочаті в жовтні 2007 року, а вже в листопаді 2017 року закінчені і новий безпечний конфаймент введений в дослідно-промислову експлуатацію спостережувального пункту NOVARKA.

Головними функціями нового безпечного конфайменту:

- запобігти і обмежити поширення радіоактивних речовин, які знаходяться в об'єкті «Укриття», щоб за межами нового безпечного конфайменту забезпечувався повний захист персоналу, населення та навколишнього середовища;
- запобігти потраплянню різних атмосферних опадів всередину нового безпечного конфайменту і, відповідно, об'єкта «Укриття»;
- створити необхідний простір і умови для розміщення систем для здійснення практичної діяльності по перетворенню об'єкта «Укриття» в екологічно безпечну систему;
- створити умови для пересування механізмів і персоналу в середині будівельної конструкції нового безпечного конфайменту;

- створити умови для виконання технічного обслуговування і ремонту захисної споруди нового безпечного конфайменту.

Більш менша за значенням функція нового безпечного конфайменту полягає у створенні сприятливих умов для демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта "Укриття", а також вилучення і сортування комбінованого процесу кисневого конвертера і радіоактивних відходів, видалення накопиченої води і інші не менш важливі роботи усередині об'єкта «Укриття».

Цей будівельний комплекс складається з 19 підструктур, включаючи основну: захисна споруда у вигляді арки із спеціальною подвійною обшивкою, а також особливі фундаменти, західну і східну торцеві стіни, нестандартні мостові крани, багатофункціональну систему вентиляції, технологічний комплекс з ділянками дезактивації, фрагментації і упаковки радіоактивних матеріалів, саншлюзи, майстерні, резервне електроживлення, системи протипожежного захисту, водоочисні споруди, радіаційний контроль, систему сейсмічного контролю і контроль стану будівельних конструкцій, систему зв'язку і промислового телебачення, засоби мобільного зв'язку та іншу інтегровану систему управління та інші допоміжні системи і технологічні приміщення.

Об'єктами для контролю, спостережень і технічного обслуговування будівельних конструкцій нового безпечного конфайменту є:

- фундаменти сервісної зони в період стаціонарного положення Арки на постійних опорах для ферм-арок;
- несучі конструкції Арки;
- західна і східна торцева стіни Арки;
- огорожувальні конструкції Арки (зовнішні, внутрішні обшивки Арки і західної і східної торцевих стін);
- технологічної будівлі (ТЕБ), будівлі електротехнічних пристроїв (БЕП), шлюза доступу пожежних підрозділів (ШДПП), насосної станції протипожежного водопостачання (НСПВ) та залізобетонні торцеві стіни Арки.

Геологічні вишукування. Під подошвою фундаментів Чорнобильської АЕС залягають такі ґрунти:

Піски дрібні (пляжні відкладення) - потужністю 4-6 м. Подошва пласта залягання на відмітках 108-110 м. Піски порівняно однорідні, характеризуються значним змістом пилюватих часток.

Піски дрібні і середньої крупності (руслові відкладення) - потужністю 4-8 м, подошва пласта на відмітках 102-104 м.

Піски середні (базальтні відкладення) потужністю 1-6 м, подошва пласта на відмітках 98-102 м.

Піски середньої крупності (алювіальні відкладення) потужністю 8-14 м, подошва пласта на відмітках 88-90 м.

Глини мергелісті потужністю 8-12 м, подошва пласта на відмітках 76-79 м.

Піски кварцево-глауконітові різної крупності, часто з рідким гравієм.

Потужність шару та фізико-механічні характеристики цих пісків не визначались.

Сейсмічна небезпека промислового майданчика об'єкта «Укриття» визначається землетрусами, що відбуваються в Карпатському і Кримському регіонах, а також місцевими землетрусами платформної частини України. Науково-технічною радою Держбуду України від 14 січня 1998 р. затверджена карта сейсмічного мікрорайонування промислового майданчика ЧАЕС, розроблена Інститутом геофізики НАН України спільно з інститутом КИИЗИ "Енергопроект". Остаточна оцінка інтенсивності сейсмічних дій за шкалою MSK – 64 [15], для об'єкта «Укриття» та складає:

- для проектного землетрусу – 5 балів, з періодом повторювання один раз на 100 років;
- для максимального розрахованого землетрусу – 6 балів з періодом повторювання один раз на 10 000 років.

За рівнем радіоактивного забруднення територія, на якій виконуються роботи, відноситься до 1-ї і 2-ї зон.

Геотехнічні дослідження. Ці дослідження виконав Міжнародний консорціум ІСС(МК)JV. [16]

В літологічній будові основи об'єкта «Укриття» і прилеглий до нього території переважають піщані ґрунти. Глинисті ґрунти є присутніми у верхній частині геологічного розрізу і приурочені до пластів заплавної і старичної фації. У нижній частині розрізу на глибині 32-35 м є присутніми пласти мергельної глини завтовшки 8,5-9,5 м.

Фундаменти реакторного відділення, машинного залу, деаераторної етажерки (ДЄ) та блоку допоміжних систем реакторного відділення (ДСРВ) спираються на штучну основу, створену під час будівництва. Ця основа передає навантаження від фундаментів на піщані ґрунти пляжної фації, перерізаючи заплавну і старичну фації. Фундаменти контрфорсної стіни спираються на штучну основу, яка передає навантаження на ґрунти старичної фації, з пластами піску і супіску.

Підошва фундаменту контрфорсної стіни спирається на ґрунти заплавної фації, розташованої на відмітках 113,5-114,0 м, які приблизно відповідають спланованим відміткам поверхні території Чорнобильської АЕС до аварії.

Абсолютні відмітки спланованої поверхні техногенного пласта, створеного навкруги об'єкта «Укриття» після закінчення його будівництва, змінюються від 118,50 м. до 124,15 м. Потужність техногенного пласта уздовж західної контрфорсної стіни об'єкта «Укриття» складає 6,4-6,8 м.

Лабораторні дослідження динамічної стійкості водонасичених піщаних ґрунтів основи об'єкту "Укриття", виконані в 1993 р., свідчать про неможливість їх розрідження при сейсмічних діях від максимального розрахункового землетрусу (МРЗ) 6 балів за шкалою MSK-64.

Оцінюючи отримані значення показників властивостей глинистих ґрунтів київської свити, слід зробити такі висновки:

- додаткове навантаження даного пласта глини призведе до вертикальних деформацій об'єкта «Укриття», які можуть протікати тривалий час;

- внаслідок майже повного водонасичення ґрунту, деформації щільності мають бути визначені шляхом рішення задачі фільтраційної консолідації з урахуванням реальних граничних умов і характеристик ґрунту, отриманих за результатами виконаних досліджень;
- отримані результати свідчать про необхідність врахування обліку властивостей реологій ґрунтів при визначенні деформацій основи і відповідно переміщень фундаментів;
- при розрахунку основ по першій групі граничних станів (за несучою здатністю) при проектуванні нового безпечного конфайменту слід враховувати тривалу міцність ґрунту.

Гідрогеологічні вишукування. З моменту ліквідації аварії в районі локальної зони об'єкта «Укриття» сталися зміни геолого-гідрологічних умов, що викликані збільшенням потужності четвертинного алювіального водоносного горизонту за рахунок підйому рівня ґрунтових вод до денної поверхні і створення пласту техногенних відкладень на поверхні ґрунтів природного походження. А сама тенденція підйому рівня ґрунтових вод в районі об'єкта «Укриття» збереглась до 1998 р. У режимі ґрунтових вод відзначається один літній максимум і один осінньо-зимовий мінімум з річною амплітудою коливань близько 0,4 м. [17]

У 1999 р. літній максимум в положенні рівня води під об'єктом «Укриття» знаходився в середньому на відмітці 110,5 м, яка на 0,06 м нижче відомого максимуму 1998 р. Внаслідок цього загальна площа затоплених фундаментів даного об'єкта може досягати 25000 м².

Фундаменти об'єкту "Укриття" полегшені на 80 тис. т за рахунок об'єму витісненої води частиною фундаменту, яка виявилась нижче рівня ґрунтових вод.

Подальший підйом цього рівня може призвести до збільшення діючих натисків і гідростатичного тиску води під фундаментом об'єкта «Укриття». Один з варіантів зниження їх рівня ґрунтових вод під об'єктом «Укриття» - це створення вертикального дренажу. За для цієї мети на території об'єкту ведуться системні гідрогеологічні роботи з вивчення режиму ґрунтових і підземних вод, їх

агресивності, корозійної активності радіоактивних речовин по відношенню до бетону як зі сторони внутрішніх приміщень блоку, так і зі сторони техногенних ґрунтів, які збагачені радіонуклідами.

2.3. Марки, що контролюються на будівельній конструкції та фундаменті нового безпечного конфайменту

Контроль планово-висотного положення північного і південного фундаментів сервісної зони нового безпечного конфайменту виконується шляхом спостереження за контрольними марками, які встановлюються на конструкціях зовнішньої стіни галереї шарнірних опор (ГШО), які спираються безпосередньо на ростверки і пов'язані з ними конструктивно. Марки встановлюють з кроком близько 20 м., при цьому враховується розташування температурних швів. В цьому випадку установка контрольних марок виконується по обидва боки від нього. Всього передбачається встановити 25 контрольних марок: 12 марок на північному фундаменті (марки N 10 - N 21) і 13 контрольних марок на південному фундаменті Арки (марки S 510 - S 522).

Для захисту від корозії контрольні деформаційні марки мають бути забарвлені, пронумеровані незмивною фарбою, прив'язані до кутів стін або виступів відповідно до схеми.

Для визначення планово-висотного положення контрольних марок використовують найближчі пункти геодезичної мережі нового безпечного конфайменту.

Схеми розташування контрольних марок на фундаменті технологічної будівлі (ТЕБ), будівлі електротехнічних пристроїв (БЕП), шлюза доступу пожежних підрозділів (ШДПП), насосної станції протипожежного водопостачання (НСПВ), західні і східні торцеві стінки Арки.

Таким чином, для геодезичних спостережень за осіданнями і деформаціями будівель і споруджень нового безпечного конфайменту встановлено 85 контрольних марок, у тому числі 25 призм-відбивачів. Висотне положення

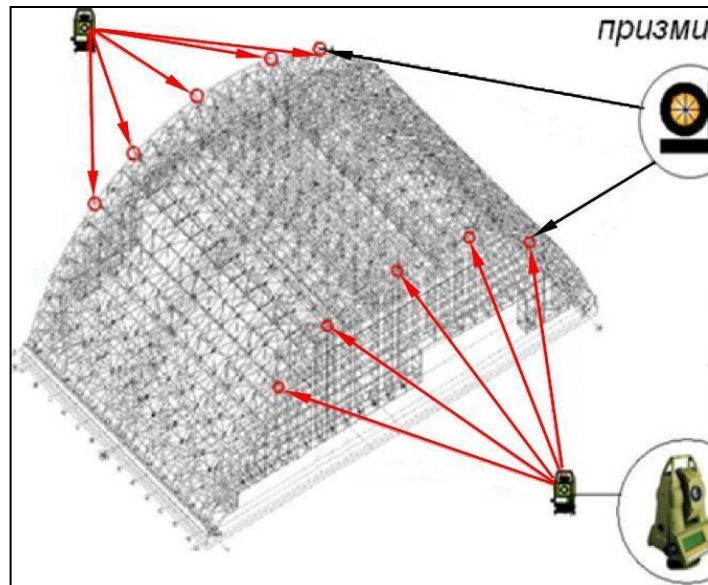


Рис. 2.3. Схема установки призм-відбивачів на конструкції нового безпечного конфайменту та принцип визначення планово-висотного положення призм

2.4. Система координат і висот геодезичної мережі нового безпечного конфайменту

Для проведення геодезичних і топографічних робіт, при інженерних вишукуваннях, проектних роботах і здійсненні інших спеціальних робіт на Державному спеціалізованому підприємстві «Чорнобильська атомна електростанція» використовується місцева система координат «Прип'ятська».

Ця система координат забезпечує можливість переходу до державної системи координат за рахунок застосування параметрів переходу (допоміжного ключа). Проте, нині параметри переходу з державної системи координат в місцеву систему координат не зберігся. Таким чином також загублений зв'язок Умовної системи координат з державною.

При будівництві будівель і споруд на Чорнобильській АЕС використовувалася Умовна система координат А Б (система будівельної сітки). Ця система зручна в користуванні, оскільки значення координат осей в цій системі мають цілочисельні значення.

Перехід з умовної до місцевої системи координат здійснюється за рахунок застосування ключа наведеного у формулі 2.1:

$X \text{ місц.} = A + 429421,5 \text{ м.}$
$Y \text{ місц.} = B + 49579,2 \text{ м}$

$Y \text{ місц.} = B + 49579,2 \text{ м}$

(2.1)

Починаючи з 1987 року і по теперішній час усі інженерно-геодезичні роботи зі спостереження за осіданнями і деформаціями конструкцій об'єкту "Укриття", створення і подальші реконструкції планово-висотної геодезичної мережі проводяться в умовній системі.

Для відновлення параметрів переходу до державної системи координат і для забезпечення вимог Мінагрополітики і продовольства України про Порядок використання Державної геодезичної референтної системи координат УСК-2000 (Наказ від 02.12.2016г. №509), результати GPS - спостережень, які виконуються в місцевій (умовній) системі координат, передаються в державне підприємство НДІБК для переобчислень їх в державну систему координат УСК- 2000.

Надалі при проведенні інженерно-геодезичних робіт зі спостереження за осіданнями будівель і споруд нового безпечного конфайменту рекомендується використовувати Умовну систему координат А Б (систему будівельної сітки).

Побудована планова геодезична мережа об'єкта «Укриття» створена з метою забезпечення геодезичного контролю за горизонтальними і вертикальними деформаціями об'єкту " Укриття", зображена на Рис 2.4.

Мережа включає базову GPS-мережу, що складається з 9 пунктів, і лінійно-кутову мережу (триангуляцію), що складається з 16 пунктів. Пункти GPS-мережі є початковими для визначення координат пунктів триангуляції.

Планова геодезична мережа розвивалася крок за кроком по мірі розширення масштабів інженерно-геодезичних досліджень на об'єкті і забезпечення необхідної точності вимірів деформацій.

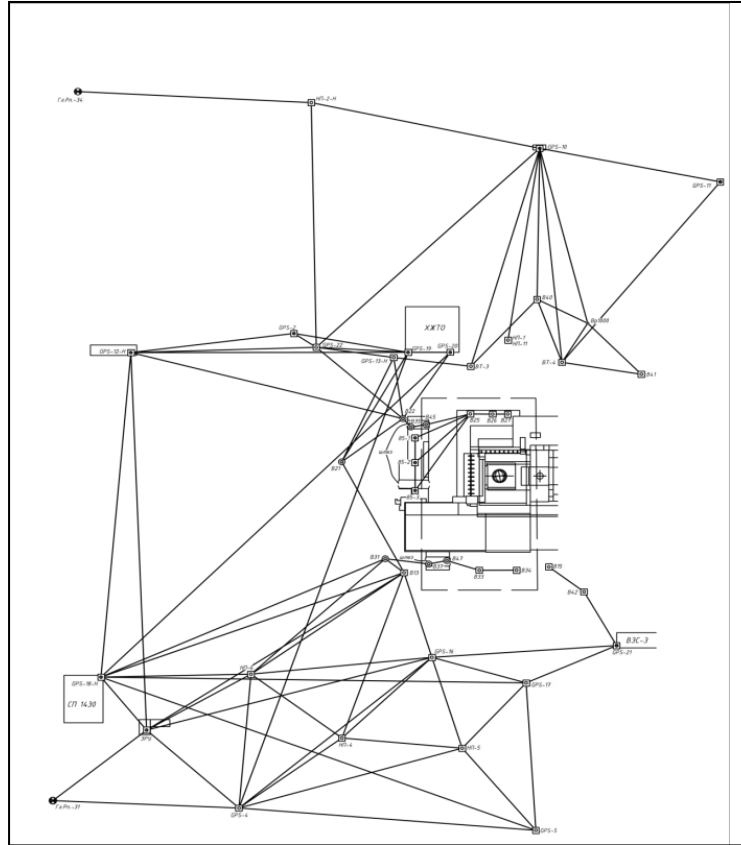


Рис. 2.4. Схема головної планової опорної геодезичної мережі нового безпечного конфайменту

Висновки до розділу 2

У другому розділі розкрито сутність, особливості вибору та характерні риси території дослідження, що являє основу для проведення подальшого спостереження та моніторингу. У сукупності цих дій лежить процес оцінки стану об'єкта спостереження та обирається алгоритм виконання інженерно-геодезичних вишукувань, в основі яких лежать точні геодезичні розрахунки.

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РОЗРОБКА МОНІТОРИНГУ ПРОСІДАННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НОВОГО БЕЗПЕЧНОГО КОНФАЙМЕНТУ

3.1. Організація проведення геодезичних робіт

Дані геодезичні роботи проводяться один раз на квартал, для того, щоб більш відповідально досліджувати просідання та деформацію будівельної конструкції нового безпечного конфайменту та його елементів.

Головною метою роботи є отримання достовірних даних про фактичний стан, в деформаційному відношенні, конструкцій фундаментів сервісної зони Арки нового безпечного конфайменту, західного і східного торців будівельної конструкції, включаючи фундаменти, конструкції технологічної будівлі та допоміжних будівель і споруд.

Одержані результати будуть використані як вихідні дані для відстеження динаміки переміщень, стійкості будівельних конструкцій і прийняття своєчасних заходів по запобіганню руйнуванню конструкцій і прогнозування аварійних ситуацій комплексу нового безпечного конфайменту, а також допоміжних будівель і споруд.

Інженерно-геодезичні роботи по спостереженню за осіданнями і деформаціями об'єктів нового безпечного конфайменту виконані відповідно до вимог нормативно-технічних документів.

Для цього спочатку визначається положення об'єкта, його кліматичні умови, температури повітря та вологість, які також впливають на точність отриманих результатів. І тільки потім виконуються роботи, які складаються з декількох етапів представлених нижче:

1. Планова геодезична мережа комплексу нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття».

Побудована планова геодезична мережа комплексу нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття» створена з метою забезпечення геодезичного контролю за горизонтальними і вертикальними деформаціями об'єкта "Укриття",

конструкцій нового безпечного конфайменту, включаючи фундаменти, конструкції технологічного корпусу та фундаменти монолітних залізобетонних стін огорожувального контуру в машинному залі за осями 39 та 65, конструкцій машинного залу 4-го блоку в осях 36-68, по ряду «А», і по осі 68, в рядах «А-Б», конструкцій залізобетонного каркасу деаераторної етажерки в осях 42-53, рядах «Б-В».

Мережа нового безпечного конфайменту включає базову GPS-мережу, що складається з 9 пунктів (GPS-4, GPS-5, GPS-12 нов., GPS-22, GPS-10, ЗРУ, НП-6, Гл.Рп31, Гл.Рп34) і лінійно-кутову тріангуляцію, що складається з 16 пунктів (ЗРУ, НП-6, В 41, В 42, Т. 113, Т.114, В5, В6, В7, В8 НП-2нов, GPS-4, GPS-5, GPS-12 нов, GPS-22, GPS-10, В25, В26, В27, S1, S2, S3, В33, В34). Пункти GPS-мережі є початковими для визначення координат пунктів тріангуляції.

Визначення координат вікових реперів, 31 та 34 виконано за точністю Державної геодезичної мережі 1 класу, інших пунктів за точністю Державної геодезичної мережі 2 класу. Складено каталог координат пунктів опорної геодезичної мережі у Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000 у 6-й стандартній шестиградусній та у 10-й трьохградусній зонах проекції Гаусса-Крюгера з оцінкою точності кожного пункту. Складено каталог координат пунктів опорної геодезичної мережі у Світовій геодезичній системі WGS-84, в реалізації G1762.

Контроль планового положення пунктів базової мережі виконаний методом тріангуляції з точністю 1 – го класу ($m_{\beta} = 0,7''$; $m_s = 1 \text{ мм}$) при вимірюванні всіх кутів та ліній в мережі. За вихідну основу було взято пункти Рр 31, Gps 4, Gps 5, Рр 33, НП 2 н, Gps 10.

Обчислені пункти опорної геодезичної мережі нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття» Державного спеціалізованого підприємства «Чорнобильська атомна електростанція» можуть бути використані, як вихідні при виконанні інженерно-геодезичних вишукувань, при побудові геодезичних мереж

згущення, створенні та оновленні топографічних карт та планів, ведені земельного кадастру та інших видах топографо-геодезичних робіт.

Надалі при проведенні інженерно-геодезичних робіт зі спостереження за осіданнями будівель і споруд комплексу нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття» рекомендується використовувати умовну систему координат А Б (систему будівельної сітки).

2. Висотна геодезична мережа комплексу нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття»

Висотне положення пунктів базової GPS-мережі і лінійно-кутової геодезичної мережі комплексу нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття» визначене геометричним нівелюванням I і II класу. Для виконання геометричного нівелювання використовувався цифровий нівелір Leica LS 10 з інварними кодovими рейками. Розбивка відстаней для станцій нівелювання виконувалася сталеву рулетку з закріпленням перехідних точок металевими дюбелями. Після розбивки перехідні точки і станції установки приладу намічались фарбою. Нівелювання виконувалося в прямому і зворотному напрямках при двох горизонтах інструменту для I класу і при одному горизонті інструменту для II класу нівелювання. Довжина візирного променя від нівеліра до рейок не перевищувала 25 м при нівелюванні I класу і 30 м при нівелюванні II класу, а різниця цих відстаней – 0,25 м.

Нев'язки ходів нівелювання I і II класів нівелювання не перевищують допустимих величин, які визначалися за формулами 3.1 та 3.2:

$$f_n = 0,3 \text{ м} \sqrt{n} \quad (3.1) \text{ – для I класу;} \quad f_n = 0,5 \text{ м} \sqrt{n} \quad (3.2) \text{ – для II класу,}$$

де n - кількість штативів у ході.

Вихідними даними служили куші глибинних реперів (Гл.рп. 30-Гл.рп32, Гл.рп. 33-Гл.рп34, Гл.рп. 4, Гл.рп. 5, Гл.рп6, Фнд.рп1) висоти яких визначені шляхом прокладення ходів нівелювання I класу. Каталог висот вихідних пунктів геодезичної мережі наведено в таблиці 3.1. та 3.2. [18]

Таблиця 3.1.

Відомості пунктів геодезичної мережі нового безпечного конфайменту

№ пп	Назва пункту	Координати пунктів		
		X,м	Y,м	H,м
Пункти базової GPS-мережі				
1.	Гл. Рп.31	599,1141	1708,8695	112,9736
2.	Гл. Рп.34	1621,8401	1779,7354	114,1973
3.	GPS-5	637,6352	2474,0070	115,7443
4.	GPS-10	1531,2342	2482,3873	119,5013
5.	ЗРУ	781,3063	1961,7854	–
6.	НП-6	842,8576	2123,9211	115,4420
7.	GPS-4	666,0966	2108,3089	115,8012
8.	GPS-12 нов.	1264,0222	1980,1019	115,3834
9.	GPS-22	1271,2734	2206,9362	116,4481

Таблиця 3.2.

№ пп	Назва пункту	Координати пунктів		
		X,м	Y,м	H,м
Пункти планової мережі				
10.	НП-1	1278,6208	2433,7763	117,1685
11.	НП-2нов	1597,1670	2203,9478	115,3834
12.	НП-4	758,0998	2234,7763	114,9875
13.	НП-5	743,9459	2381,9720	114,7049
14.	НП-11	1278,3550	2433,4020	117,1685
15.	GPS-13нов	1259,5062	2300,2868	119,5033
16.	GPS-16	863,9861	2346,3408	121,8886

продовження таблиці 3.2.

№ пп	Назва пункту	Координати пунктів		
		X,м	Y,м	H,м
17.	GPS-17	828,2525	2461,3094	121,7787
18.	GPS-18 _{нов}	832,3226	1890,2366	–
19.	GPS-19	1260,4056	2319,7652	–
20.	GPS-20	1260,3683	2386,6171	–
21.	GPS-21	875,7647	2572,6438	–
22.	B 13	969,8416	2311,5746	123.0096
23.	B 15 _{нов}	973,4995	2491,3136	124,4388
24.	GPS-2	1294,6314	2189,9384	–
25.	GPS-11	1408,5152	2788,1566	–
26.	BT-3	1246,6630	2395,1383	119,2235
27.	BT-4	1248,8499	2509,0261	118,0470

3.2. Об'єми робіт та методика визначення деформаційних переміщень контрольних марок

Відповідно до описаних технологій виконання робіт по побудові планової і висотної геодезичних мереж, контролю планового і висотного положення деформаційних марок, визначені основні об'єми робіт по спостереженню за вертикальними і горизонтальними деформаціями нового безпечного конфайменту [19]:

Технічний огляд геодезичних знаків планової і висотної мереж (перед кожним циклом спостережень) :

а) планова мережа:

Всього пунктів планової мережі - 25

б) висотна мережа:

- глибинні фундаментальні репери №№ 2, (4, 5, 6), (7, 8, 9), (30, 31, 32), (33, 34, 35) 13 реперів
- фундаментальний репер: №1 нов - 1 репер
- стінні репери: №№ 102, 104, 107 - 3 репера
- стінні репери: №№ 0378, 7044, 7131, 7236, 5207 - 5 реперів
- стінна марка: М-21 марка
- горизонтальні марки: №№ 123Н, 124Н, 124В - 3 марки
- ґрунтовий репер: № 7285 - 1 репер

Всього знаків висотної мережі - 27 знаків

Всього технічного огляду пунктів - 52 пункти

4. Нівелювання I-го класу для контролю висотної основи і передачі висот на розділову стіну 10,1 п. км

5. Нівелювання II класу для визначення висот осадових марок, а також пунктів початкової мережі 6 п. км

В таблиці 3.3. наведена кількість марок по кожній будівлі і спорудженню нового безпечного конфайменту.

Таблиця 3.3.

Перелік контрольних марок комплексу нового безпечного конфайменту

№ пп.	Будівля, споруда	Кількість	Тип контрольної марки
1	Північний фундамент сервісної зони	12	Призма-відбивач
2	Південний фундамент сервісної зони	13	Призма-відбивач
3	Технологічна будівля (ТЕБ)	19	Осідальна марка
4	Будівля електротехнічних пристроїв (ЗЭУ)	4	Осідальна марка
5	Шлюз доступу пожежних підрозділів	6	Осідальна марка
6	Насосна станція протипожежного водопостачання (НСПВ)	4	Осідальна марка
7	Північно-східна торцева стіна Арки нового безпечного конфайменту об'єкта "Укриття"	7	Осідальна марка
8	Південно-східна торцева стіна Арки нового безпечного конфайменту об'єкта "Укриття"	12	Осідальна марка
9	Північно-західна торцева стіна Арки нового безпечного конфайменту об'єкта "Укриття"	4	Осідальна марка
10	Південно-західна торцева стіна Арки нового безпечного конфайменту об'єкта "Укриття"	4	Осідальна марка
11	Західний та східний торці конструкції Арки	10	Призма-відбивач
Всього		95	

Методика визначення деформаційних переміщень

Вертикальні переміщення контрольних марок нижнього ярусу визначають переважно геометричним нівелюванням II-го класу, з нев'язкою ходів не більше наведеного у формулі 3.3:

$0,5\sqrt{n}$ мм (3.3), де n – кількість штативів в ході, а там, де близько до споруд проходять лінії нівелювання I-го класу, - нівелюванням I-го класу одночасно з виконанням робіт в основному ході. При цьому довжина ходу нівелювання не повинна перевищувати 0,5 км. Значення вертикального переміщення контрольної марки визначається по різниці відміток, отриманих в робочому і початковому циклах.

Для контрольних марок, розміщених на верхніх ярусах нового безпечного конфайменту, просторові (горизонтальне і вертикальне) переміщення визначаються за формулами 3.4 – 3.9 [20]:

$$\Delta X = X'' - X' \quad (3.4); \quad \Delta Y = Y'' - Y' \quad (3.5); \quad \Delta H = H'' - H' \quad (3.6);$$

$$\square = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha_{\square}} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_{\square}} \quad (3.7);$$

$$\alpha_{\square} = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}; \quad R = \sqrt{\square^2 + \Delta H^2} \quad (3.8) \quad (3.9),$$

де X', Y', H' и X'', Y'', H'' – урівнювані просторові координати контрольних марок, отримані із вихідного і поточного циклів; $\Delta X, \Delta Y, \Delta H$ – переміщення марки вздовж просторових координатних осей; \square, R – горизонтальний і просторовий вектор переміщення марки; α_{\square} – дирекційний кут (азимут) напрямку переміщення марки (в площині X, Y).

За цими даними на графічному плані нового безпечного конфайменту показують вектори деформації в масштабі 1:1 або 1:2, а поруч виписують величину вектору горизонтального переміщення і його дирекційний кут [21]. Вектору вертикального переміщення привласнюється алгебраїчний знак плюс при підйомі

марки і мінус - при опусканні. Просторовий вектор визначають тільки в таблиці переміщень при аналізі загального переміщення.

Об'єднуючи контрольні марки в об'єктивні представницькі групи, наприклад, за приналежністю до окремих ярусів, конструкцій та ін., і аналізуючи їх переміщення, можна вивести узагальнений вектор переміщення групи марок і його дирекційний кут, як зазначено у формулах 3.10-3.14:

$$\overline{\Delta X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i \quad (3.10); \quad \overline{\Delta Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta Y_i \quad (3.11); \quad \overline{\Delta H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i \quad (3.12);$$

$$\overline{\Delta} = \sqrt{\overline{\Delta X}^2 + \overline{\Delta Y}^2} \quad (3.13); \quad \overline{\alpha} = \arctg \frac{\overline{\Delta Y}}{\overline{\Delta X}} \quad (3.14),$$

де n – кількість контрольних марок в групі.

Ступінь довіри до узагальненого координатного вектора деформації характеризується його похибками, які наведено у формулах 3.15 та 3.16:

$$m_{\overline{\Delta X}} = m_X \sqrt{\frac{2}{n}} \quad (3.15); \quad m_{\overline{\Delta Y}} = m_Y \sqrt{\frac{2}{n}} \quad (3.16),$$

де m_X, m_Y – похибки визначення координати (абсциси або ординати) марки.

Порівнюючи ці узагальнені характеристики деформації між собою, їх зміни залежно від висоти або розміщення на конструкції або споруді, можна вивести узагальнені характеристики для врахування впливу інших чинників. Одним з них може бути чинник температурної деформації, що найбільше впливає на зміну відміток, а в спорудах великої площі впливає на величину крену.

3.3. Проведення моніторингу просідання будівельних конструкцій на основі даних

Для виконання даного моніторингу були представлені дані за чотири цикли, перший з яких був виміряний в серпні 2018 (він вважається початковим), та всі інші вимірянні починаючи з грудня 2021 року, закінчуючи листопадом 2022 року.

Під час виконання кожного циклу спостереження інженери-геодезисти Чорнобильської АЕС здійснюють всі лінійно-кутові вимірювання по визначенню просторового положення контрольних марок за програмою тунельної тріангуляції II-Т розряду. При цьому половина прийомів спостережень виконується в ранкові години, а друга половина прийомів – у вечірні години. Вимірювання горизонтальних кутів проводиться способом кругових прийомів.

Висотне положення контрольних марок закладених в будівлях нового безпечного конфайменту визначене геометричним нівелюванням II класу. При цьому прямий хід проводиться у першій половині дня, а зворотний – у другій. Нівелювання контрольних осадкових марок виконується за програмою геометричного нівелювання II-го класу. У разі недопустимих відхилень планових або висотних координат марок порівняно з попередніми циклами проводиться серія повторних спостережень для підтвердження або спростування отриманих результатів.

Також, одну з головних ролей відіграє вимірювання температури під час виконання спостережень, це виконують для виключення періодичної складової і найбільш коректного виділення температурної складової в деформаційній динаміці контрольних марок, де для усіх марок повинні будуватися чотири математичні моделі. Кожна з моделей описує деформаційні еволюції даної контрольної марки "приблизно" в одних і тих самих температурних умовах.

Тобто математичні моделі для опису поведінки деформацій контрольних марок будуються відповідно до періодичності їх геодезичних спостережень. Такий підхід дозволяє спростити криві апроксимуючі експериментальні дані.

Слід особливо підкреслити, що на сучасному етапі розвитку інженерної геодезії ґрунтовне вивчення температурної деформації споруд стримується двома такими чинниками:

- виміром температури навколишнього повітря замість виміру температури самої споруди, внаслідок чого різниця температур між середовищем і об'єктом виміру може досягати 10°C;
- інерційністю, тобто деяким запізненням дії змін температури повітря на лінійне розширення будівельних конструкцій.

Після ознайомлення з інформацією вище, можна на основі наданого матеріалу в таблиці 3.4, провести моніторинг різного виду переміщень об'єкта.

Таблиця 3.4.

Відмітки і вертикальні переміщення контрольних марок встановлених у будівлях і допоміжних спорудах нового безпечного конфайменту

№ марки	Висоти марок в циклах				Вертикальні переміщення між циклами		
	Початковий цикл (08.2018)	Цикл №4 (12.2021)	Цикл №3 (09.2022)	Цикл №4 (11.2022)	(11.2022) - (09.2022) між суміжними циклами	(11.2022) - (12.2021) за рік	(11.2022) - (08.2018) з початку спостережень
Будівля НСПВ							
1.	3,6532	3,6530	3,6523	3,6532	0,9	0,2	0,0
2.	3,6336	3,6329	3,6330	3,6327	-0,3	-0,2	-0,9
3.	3,5350	3,5338	3,5331	3,5329	-0,2	-0,9	-2,1
4.	3,6030	3,6020	3,6017	3,6019	0,2	-0,1	-1,1
Будівля ЗЕУ							
5.	3,6933	3,6936	3,6917	3,6924	0,7	-1,2	-0,9
6.	3,6929	3,6929	3,6923	3,6927	0,4	-0,2	-0,2
7.	недоступна	-	3,9675	3,9679	0,4	-	-
8.	3,9074	3,9078	3,9085	3,9081	-0,4	0,3	0,7

продовження таблиці 3.4.

Конструкції ШДПІ							
38.	недоступна	10,0356	10,0342	10,0349	0,7	-0,7	-
39.	9,7200	9,7195	9,7189	9,7184	-0,5	-1,1	-1,6
40.	9,7350	9,7342	9,7341	9,7342	0,1	0,0	-0,8
41.	10,0064	10,0062	10,0061	10,0058	-0,3	-0,4	-0,6
42.	10,1372	10,1363	10,1373	10,1371	-0,2	0,8	-0,1
43.	недоступна	9,9049	9,9051	9,9045	-0,6	-0,4	-
Північно-східна з/б торцева стіна Арки							
32.	4,6712	4,6690	4,6680	4,6684	0,4	-0,6	-2,8
33.	4,4801	4,4783	4,4769	4,4771	0,2	-1,2	-3,0
34.	4,4763	4,4744	4,4729	4,4735	0,6	-0,9	-2,8
35.	4,3961	4,3907	4,3894	4,3895	0,1	-1,2	-6,6
36.	4,3773	4,3782	4,3764	4,3772	0,8	-1,0	-0,1
37.	недоступна	4,6081	4,6058	4,6071	1,3	-1,0	-
Південно-східна з/б торцева стіна Арки							
47.	4,5250	4,5253	4,5262	4,5257	-0,5	0,4	0,7
48.	4,6595	4,6602	4,6620	4,6617	-0,3	1,5	2,2
49.	4,7917	4,7913	4,7920	4,7907	-1,3	-0,6	-1,0
50.	4,9726	4,9721	4,9725	4,9721	-0,4	0,0	-0,5
51.	5,0951	5,0953	5,0970	5,0970	0,0	1,7	1,9
53.	10,9630	10,9627	10,9628	10,9623	-0,5	-0,4	-0,7
54.	10,9855	10,9841	10,9845	10,9831	-1,4	-1,0	-2,4
55.	10,9803	10,9788	10,9779	10,9783	0,4	-0,5	-2,0
56.	10,9895	10,9883	10,9882	10,9864	-1,8	-1,9	-3,1
57.	11,0004	10,9995	10,9991	10,9984	-0,7	-1,1	-2,0
58.	11,0123	11,0105	11,0110	11,0116	0,6	1,1	-0,7

продовження таблиці 3.4.

Східна частина майданчика південної галереї							
E101	-	124,4144	124,4150	124,4145	-0,5	0,1	-
E102	-	124,4239	124,4232	124,4241	0,9	0,2	-
E103	-	124,4155	124,4159	124,4168	0,9	1,3	-
E104	-	124,4086	124,4082	124,4091	0,9	0,5	-
E105	-	124,4134	124,4143	124,4141	-0,2	0,7	-
E106	-	124,4089	124,4080	124,4095	1,5	0,6	-

Дана таблиця представляє собою числові зміни положення контрольних геодезичних марок, які були визначені за трьома циклами спостережень.

А моніторинг за динамікою зміни вертикальних переміщень контрольних марок між трьома циклами досліджень встановлених на будівлі насосної станції пожежного водопроводу (НСПВ), будівлі електричних пристроїв (ЗЕУ) та технологічної будівлі (ТЕЗ) відображено на Рис. 3.1, 3.2, 3.3.

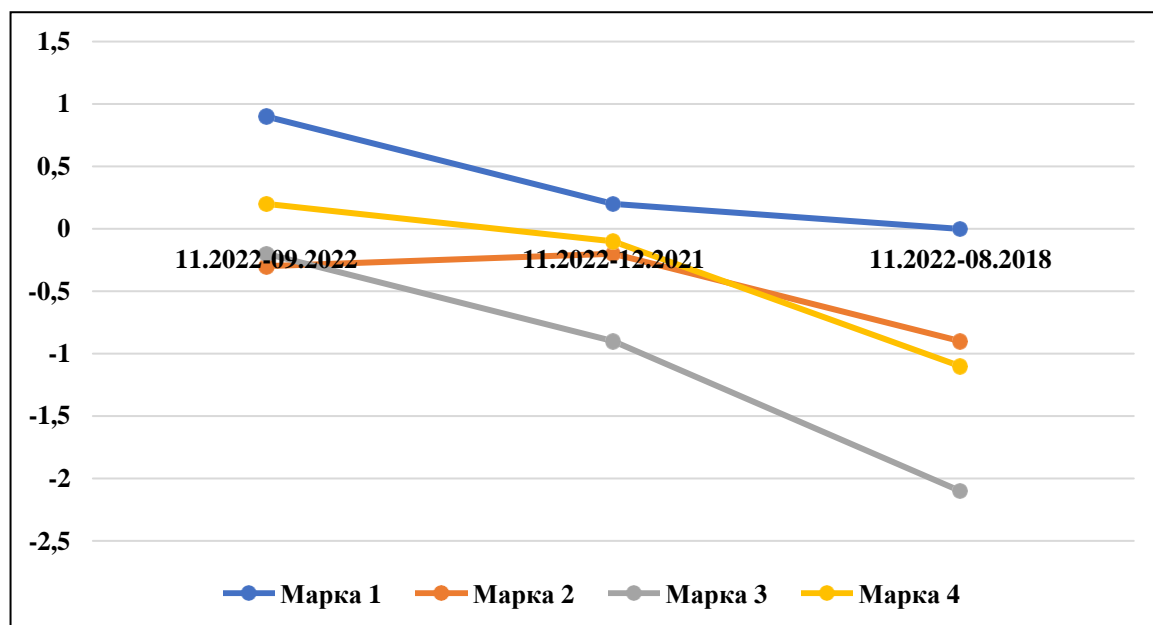


Рис. 3.1. Динаміка вертикальних переміщень контрольних марок між циклами встановлених на будівлі НСПВ

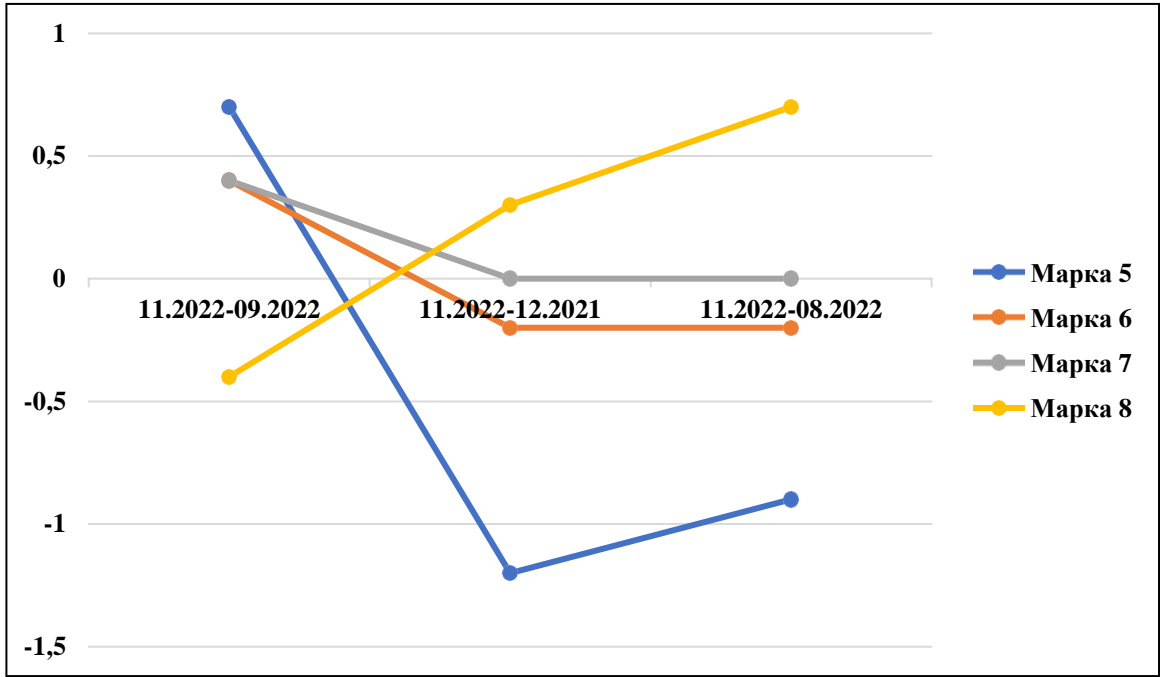


Рис. 3.2. Динаміка вертикальних переміщень контрольних марок між циклами встановлених на будівлі ЗЕУ

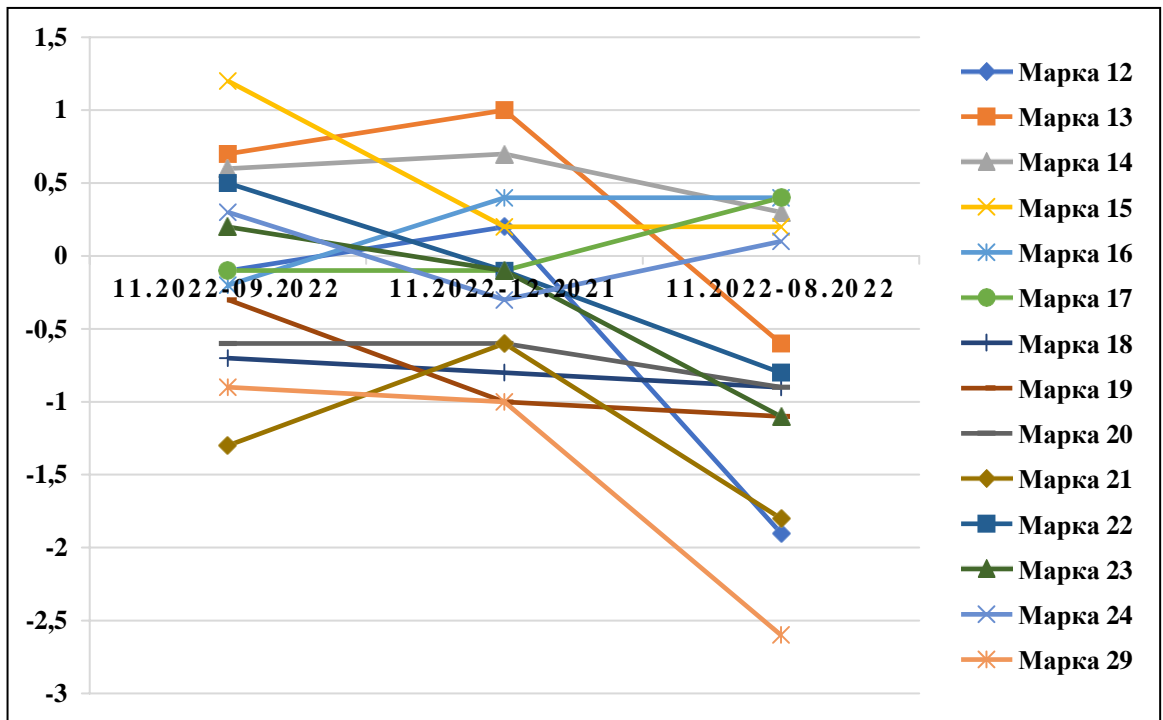


Рис. 3.3. Динаміка вертикальних переміщень контрольних марок між циклами встановлених на будівлі ТЕЗ

За даними графіками динаміки вертикальних переміщень контрольних марок на різних частинах будівельної конструкції нового безпечного конфайменту,

можна побачити, що всі вони мають хоч і незначні, але різного виду та складності деформації, що говорить про просідання деяких частин будівельної конструкції, але які знаходяться у межах встановленої норми.

Далі у таблиці 3.5. показано зміни висот контрольних марок конструкції нового безпечного конфайменту вже за чотирма циклами спостережень.

Таблиця 3.5.

**Відомість координат і висот контрольних марок будівельної конструкції
нового безпечного конфайменту**

№ марок	Цикл №1 (08.2018) - початковий			Цикл №2 (12.2021)		
	ZE-5-76	973,9954	2494,6086	55,6413	973,9761	2494,6390
ZE-5-77	997,0481	2494,6546	79,0541	997,0253	2494,6689	79,0232
ZE-5-78-1	1085,0907	2494,2224	110,468	1085,1047	2494,1952	110,4390
ZE-5-78-2	1082,7303	2494,2144	110,4748	1082,7549	2494,1927	110,4450
ZE-5-79	1162,2297	2494,2821	85,5772	1162,2524	2494,2894	85,5534
ZE-5-80	1185,8438	2494,298	64,7638	1185,8531	2494,3048	64,7557
	Цикл №3 (09.2022)			Цикл №4 (11.2022)		
ZE-5-76	973,9602	2494,6423	55,6073	973,9695	2494,6430	55,6103
ZE-5-77	997,0083	2494,6523	79,0183	997,0163	2494,6601	79,0203
ZE-5-78-1	1085,1122	2494,1825	110,4462	1085,1092	2494,1870	110,4432
ZE-5-78-2	1082,7356	2494,1786	110,4323	1082,7406	2494,1806	110,4403
ZE-5-79	1162,2593	2494,2821	85,5670	1162,2583	2494,2871	85,5597
ZE-5-80	1185,8630	2494,2874	64,7542	1185,8590	2494,2983	64,7552

За даними якої можна побачити, що осідання вертикальних конструкцій відбувається в межах нормативних показників для конструкцій даного типу, що наглядно зображено на Рис. 3.4. та говорить про стабільність фундаменту об'єкта спостереження.

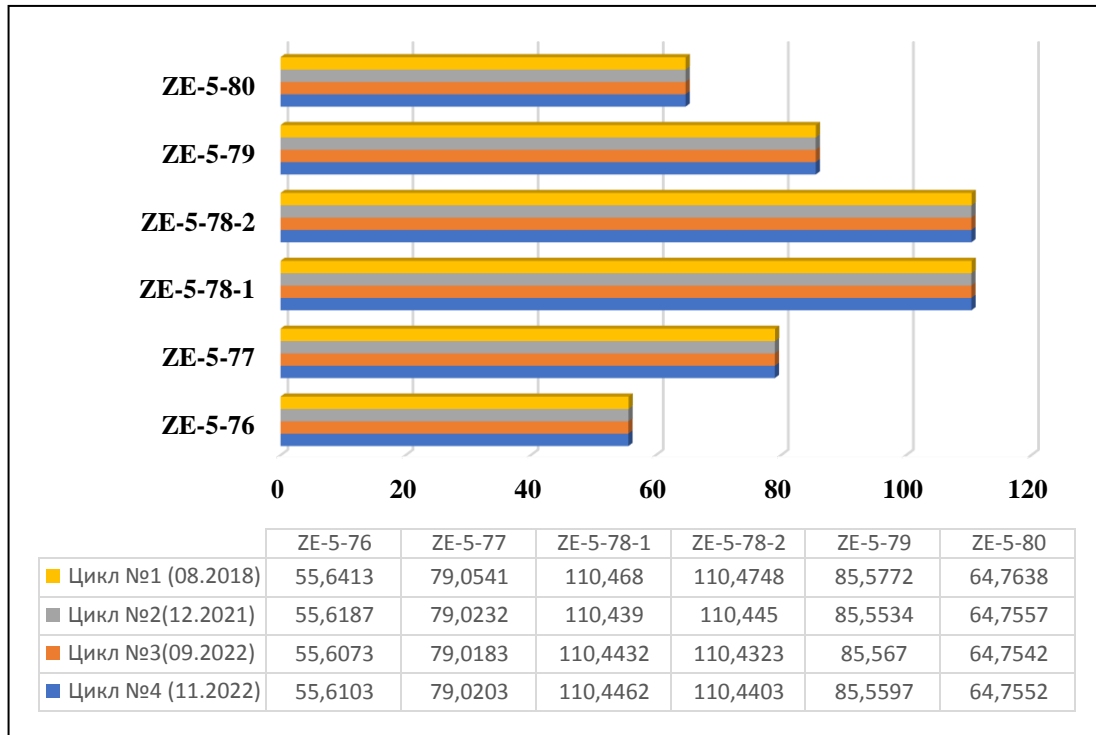


Рис. 3.4. Динаміка зміни висот контрольних марок будівельної конструкції нового безпечного конфайменту за циклами спостережень, м

У таблиці 3.6. наведено відомості вже переміщень контрольних марок у просторі за трьома циклами спостережень переміщення контрольних та деформаційних марок, встановлених на будівельних конструкціях.

Таблиця 3.6.

Відомість просторових переміщень контрольних марок будівельної конструкції нового безпечного конфайменту

№ марок	Цикл №4 (11.2022) - №3 (09.2022)					
	ΔX , мм	ΔY , мм	ΔH , мм	r, мм	l, мм	α
Східна сторона нового безпечного конфайменту						
ZE-5-76	9,3	0,7	3,0	9,8	9,3	4
ZE-5-77	8,0	7,8	2,0	11,4	11,2	44
ZE-5-78-1	-3,0	4,5	-3,0	6,2	5,4	124
ZE-5-78-2	5,0	2,0	8,0	9,6	5,4	22
ZE-5-79	-1,0	5,0	-7,3	8,9	5,1	101
ZE-5-80	-4,0	10,9	1,0	11,7	11,6	110

продовження таблиці 3.6

	Цикл №4 (11.2022) - №2 (12.2021)					
ZE-5-76	-6,6	4,0	-8,4	11,4	7,7	149
ZE-5-77	-9,0	-8,8	-2,9	12,9	12,6	224
ZE-5-78-1	4,5	-8,2	4,2	10,3	9,4	299
ZE-5-78-2	-14,3	-12,1	-4,7	19,3	18,7	220
ZE-5-79	5,9	-2,3	6,3	8,9	6,3	339
ZE-5-80	5,9	-6,5	-0,5	8,8	8,8	312
	№4 (11.2022) – Початковий цикл №1 (08.2018)					
ZE-5-76	-25,9	34,4	-31,0	53,1	43,1	127
ZE-5-77	-31,8	5,5	-33,8	46,7	32,3	170
ZE-5-78-1	18,5	-35,4	-24,8	47,0	39,9	298
ZE-5-78-2	10,3	-33,8	-34,5	49,4	35,3	287
ZE-5-79	28,6	5,0	-17,5	33,9	29,0	10
ZE-5-80	15,2	0,3	-8,6	17,5	15,2	1

Тому на Рис 3.5., який наведено нижче, було вирішено відобразити схематично графік горизонтальних та вертикальних просторових переміщень за найбільший період спостережень, від початку проведення моніторингу інженерами-геодезистами в серпні 2018 року до останнього в листопаді 2022 року.

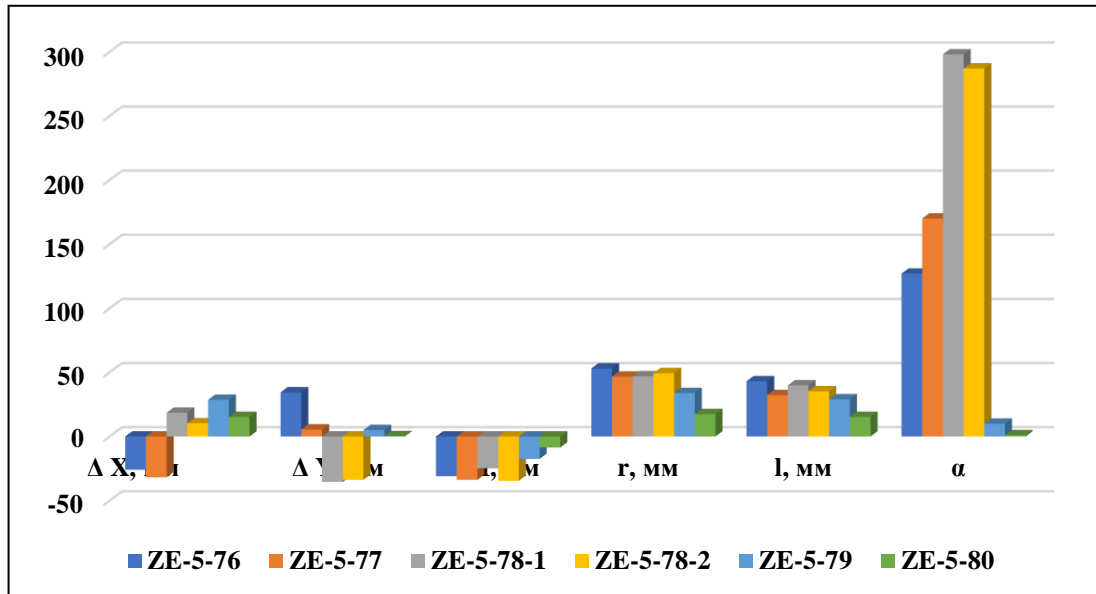


Рис. 3.5. Динаміка просторових переміщень контрольних марок конструкції нового безпечного конфайменту в період 08.2018 - 11.2022 рр.

За цей період в більше ніж чотири роки, спостережувана будівельна конструкція комплексу нового безпечного конфайменту має певні не значні деформаційні зміщення контрольних марок, причиною яких можуть бути осідання ґрунтових порід під великою масою споруди та її складових частин, а також поштовхи земної кори та інші природні процеси.

Висновки до розділу 3

Проведений аналіз величин горизонтальних і вертикальних переміщень контрольних марок, в наведених циклах, свідчить про те, що процес деформації комплексу нового безпечного конфайменту та прилеглих до нього будівель і споруд триває. Тому моніторинг переміщень контрольних марок за певний період часу є складовою частиною контролю стану будівельних конструкцій та елементів нового безпечного конфайменту встановлених в межах безпечної експлуатації, на основі того, що геодезичні виміри зрівнюються між однойменними сезонами спостережень за квартал при незначних коливаннях температур вимірювань.

Одержані результати використано як вихідні дані для відстеження динаміки переміщень, стійкості будівельних конструкцій і прийняття своєчасних заходів по

запобіганню руйнуванню конструкцій і прогнозування аварійних ситуацій комплексу нового безпечного конфайменту, а також допоміжних будівель і споруд.

А також за отриманими даними видно, що основна динаміка зсувів контрольних марок між циклами 12.2021 і 11.2022 років істотно не проявляється і не перевищує допустимих параметрів переміщень регламентного документу «Технологічний регламент експлуатації комплексу нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття»», що може свідчити про задовільний стан будівельних конструкцій даного комплексу та те, що осідання стабілізувалися та знаходяться в межах безпечної експлуатації.

ВИСНОВКИ

Отже, після огляду теоретичної основи кваліфікаційної роботи та виконання практичної частини, можна зробити висновок, що поставлені завдання за допомогою геодезичних спостережень були виконані, а саме:

1. Визначено причини виникнення деформаційних зміщень та просідання будівельної конструкції нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття», які полягають в тому, що дана конструкція має велику масу та об'єм, а її фундамент знаходиться на так званому плавучому ґрунті – мергелі, який складається переважно з глини та вапняку, тому він не дуже підходить для зведення габаритних споруд, бо не має достатньої міцності, щоб витримати великі навантаження та не є стійким до води.

2. Проаналізовано методи геодезичного моніторингу, які допомагають виявити причини просідань та деформацій. Найбільш точні з яких – нівелювання, автоматизовані геодезичні комплекси та лінійно-кутовий метод. Саме ці методи надають можливість визначити точність та стійкість будівельних конструкцій та забезпечити безпечність їх використання. Вимірювання вертикальних та горизонтальних переміщень на різних етапах будівництва, виявляють проблеми з конструкцією одразу та вчасно вживаються заходів щодо їх вирішень, що напряду забезпечує безпеку та надійність спостережуваних об'єктів та зменшення ризиків непередбачуваних ситуацій.

3. Описано положення та кількість геодезичних марок, що контролюються на конструкції Арки об'єкта «Укриття», які розташовані на фундаменті технологічної будівлі (ТЕБ), будівлі електротехнічних пристроїв (БЕП), шлюза доступу пожежних підрозділів (ШДПП), насосної станції протипожежного водопостачання (НСПВ) та західних і східних торцевих стінках Арки у кількості 85 одиниць, 25 з яких це призми-відбивачі. Для даного габаритного об'єкта - це достатня кількість, через те, що ці марки повністю забезпечують проведення досить точного моніторингу за деформаціями та геодезичних спостережень за просіданнями, що полегшує роботу інженерам-геодезістам.

4. Було проведено моніторинг за просіданням та деформаціями будівельної конструкції Арки нового безпечного конфайменту, за яким можна визначити динаміку деформаційних зміщень та просідань в період з серпня 2018 року (початок проведення геодезичних спостережень) та до листопада 2022 (кінець проведення), за який даний об'єкт майже не зазнає значних деформаційних зміщень або просідань конструкції (вони знаходяться в межах допустимої норми) – це можна побачити за створеними графіками динаміки зміщень контрольних марок, що говорить про гарну роботу будівельників та інженерів, які проектували дану конструкцію та інженерів-геодезистів, які проведенням вчасного спостереження методами геодезичного моніторингу, одразу вирішували проблеми деформації, зміщення або просідання.

Тому, результатом даного дослідження можна вважати те, що було визначено причини виникнення деформацій саме об'єкта спостереження, проаналізовано більш точні методи геодезичних спостережень, які полегшують проведення моніторингу, описано положення та кількість марок, які допомагають контролювати стійкість та деформаційні зміщення нового безпечного конфайменту об'єкта «Укриття» та проведено моніторинг за просіданнями та деформаціями, їх динамікою в період від серпня 2018 року до листопада 2022 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Види деформації й причини їхнього виникнення. Інжзахист – бібліотека матеріалів з інженерного захисту, геодезії, літології. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://injzashita.com/vidi-deformacuiiei-ie-prichini-eixnogo-viniknennya.html>
2. Яковенко М., Нестеренко О. Аналіз методів геодезичного моніторингу деформацій інженерних споруд та зсувних процесів ґрунтових масивів / Яковенко М.С., Нестеренко О.В. // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Зб. наук. пр. – Київ: Вид-во КНУБА, – 2020. – Вип. 56. - с. 345-363
3. Автоматизована система геодезичного моніторингу деформацій, вимірянні в режимі реального часу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.soldata.com.ua/solfrey/iweb.nsf/pages/mniting-dfmcij-ciklp-kntv.2283EA2272F45E7DC125795800350E83>
4. Теоретичний матеріал до теми 17.: Геодезичний нагляд за спорудами у процесі їх експлуатації. Дистанційне навчання КФКСумДУ. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dl.kpt.sumdu.edu.ua/mod/book/view.php?id=36794&chapterid=12825>
5. Смолій К. Аналіз сучасних геодезичних та геотехнічних методів моніторингу за деформаціями інженерних споруд / К.Б. Смолій // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. пр. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», – 2015. – №1(29). – С.87-89.
6. Волошин П. Моніторинг геодинамічних процесів у центральній частині Львова / П. Волошин // Вісник Львівського університету. Серія : Географічна. - 2013. - Вип. 41. - С. 83-90.
7. Dvulit P., Dvulit Z., Sidorov I. Determination of plumb lines with using trigonometric levelling and GNSS measurements – 2019. - с. 12-19.
8. Vivat A., Tserklevych A., Smirnova O. A study of devices used for geometric parameter measurement of engineering building construction – ISTCGCAP, – 2018. - Volume 87, Number 87 – с. 21-29

9. Ісаєв О.П., Шульц Р.В., Білоус М.В. Геодезичний моніторинг – з досвіду виконання геодезичних робіт кафедри інженерної геодезії КНУБА / Ісаєв О.П., Шульц Р.В., Білоус М.В. // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник , – 2013. - №47. – с 265-274.
10. Баран П.І. Геодезичні спостереження за деформаціями об'єкта “Укриття” на Чорнобильській АЕС / П.І. Баран, В.Г. Сушко, О.В. Холодюк, В.Я. Чорнокінь // Вісник геодезії та картографії. – 1999. – № 1. – с. 18–23.
11. Malesa A.M. Monitoring of civil engineering structures using Digital Image Correlation technique - EDP Sciences, - 2010. – с. 1-8.
12. Devendra Kumar Yadav. Critical Review on Slope Monitoring Systems with a Vision of Unifying WSN and IoT - IET Wirel. Sens. Syst., - 2019. - Vol. 9 Iss. 4, - p. 167-180.
13. Концептуальні засади організації інженерно-геодезичних робіт при будівництві та експлуатації нового безпечного конфайменту об'єкта “Укриття” ЧАЕС / П.І. Баран, В.Г. Сушко, В.Я. Чорнокінь // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля: наук.-техн. зб. — 2006. — Вип. 5. — С. 66-79.
14. Аналіз методів оцінки стійкості "Арки" нового безпечного конфайменту до падіння літака / Т.І. Матченко, Л.Б. Шаміс, Л.Ф. Первушова, П.Т. Матченко // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля: наук.- техн. зб. — 2016. — Вип. 27. — С. 89-96.
15. Шкала інтенсивності MSK-64. Головний центр спеціального контролю. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<http://gcsk.gov.ua/shkala-intensivnosti-msk-64.html>
16. «Атомна енергетика» / Енциклопедія сучасної України : у 30 т. / ред. кол. І. М. Дзюба [та ін.] ; НАН України, НТШ. — К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2001-2020. — ISBN 944-02-3354-X.
17. Третьяк А.М. Наукові основи землеустрою: Навч. посібник. - К.: ЦЗРУ, 2002. - 342 с.

18. Технічний звіт по геодезичним спостереженням за осіданнями і деформаціями НБК Чорнобильської АЕС цикл № 3 (09.2022 р.).
19. Інструкція з обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі України. Наказ Укргеодезкартографії № 23 від 29.02.2000 р.
20. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Донбас, 2004. — Т. 1 : А — К. — 640 с. — ISBN 966-7804-14-3.
21. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. ГКНТА – 2.04-02-98, Київ, 1999. – 155 с.
22. Войтенко С. Геодезичні роботи в будівництві: Навч. посіб. / С. Войтенко. – Київ: ІСДО, 1993. – 144 с.
23. Ратушняк Г. Геодезичні роботи в будівництві / Г. С. Ратушняк, О. Г. Лялюк. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 182 с.
24. Войтенко С. Визначення кренів інженерних споруд методом наземного лазерного сканування / С. Войтенко, Р. Шульц, М. Білоус // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва: Зб. наук. пр. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2009. – Випуск I (17). – С. 144–150.
25. Інженерна геологія (з основами геотехніки): підручник для студентів вищих навчальних закладів / Колектив авторів: В. Г. Суярко, В. М. Величко, О. В. Гаврилюк, В. В. Сухов, О. В. Нижник, В. С. Білецький, А. В. Матвеев, О. А. Улицький, О. В. Чуєнко.; за заг. ред. проф. В. Г. Суярка. — Харків: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2019. — 278 с.
26. Могильний С. Автоматизована система геодезичного моніторингу/ С. Могильний, А. Шоломицький, Е. Шмогун, В. Пригаров // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. пр. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», – 2010. – №1(19). – С.193-197.
27. Землевпорядне проектування: Теоретичні основи і територіальний землеустрій: Навч. посібник.- К.: Вища освіта, 2006. - 528 с.
28. Інструкція про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних і картографічних робіт. Наказ Укргеодезкартографії № 19 від 17.02.2000 р.

29. Програма інженерно–геодезичних робіт по спостереженню за осіданнями і деформаціями об’єкта” Укриття“ на 2001–2005 рр., затв. ВП ЧАЕС 12.2000 р.

30. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві: ДБН В.1.3-2:2010 – [Чинний від 2010-01-21]. – Київ: МінрегіонбудУкраїни, Національні стандарти України, 2010. – 70 с.