

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА АГРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА ГЕОДЕЗІЇ ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

к.г.н., доцент

_____ Ірина ЛЕОНІДОВА

«__» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття магістерського рівня вищої освіти
Освітньої програми «Геодезія та землеустрій»
За спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій»

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБІТ ПРИ ВИКОНАННІ ГЕОДЕЗИЧНОГО
МОНІТОРИНГУ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД НА ПРИКЛАДІ ОБ'ЄКТУ,
ЯКИЙ РОЗТАШОВАНИЙ ЗА АДРЕСОЮ: ВУЛ. МОРСЬКА, 1
С. ВИЗИРКА ВИЗИРСЬКОЇ СІЛЬСЬКОЇ ГРОМАДИ ОДЕСЬКОГО
РАЙОНУ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Науковий керівник: доцент, к.е.н.

_____ В'ячеслав ФОМЕНКО

Рецензент:

Виконав здобувач денної форми навчання

Семен ЗВЕЗДУН

*Засвідчую, що кваліфікаційна робота містить
результати власних досліджень. Використання
ідей і текстів інших авторів має посилання
на відповідне джерело.*

_____ Семен ЗВЕЗДУН

Одеса - 2023

РЕФЕРАТ

Дослідження робіт при виконанні геодезичного моніторингу будівель та споруд на прикладі об'єкту, який розташований за адресою: вул. Морська, 1 с. Визирка Визирської сільської громади Одеського району Одеської області. ЗВЕЗДУН С.С. Кваліфікаційна робота. ОДАУ, кафедра геодезії, землеустрою та земельного кадастру. 2023. 68с. текстової частини, 4 вкладиші, 8 таблиць, 34 літературних джерел, 4 аркуші графічної частини.

Текстова частина включає: вступ, дослідження геодезичних робіт за спостереженнями деформацій споруд, загальні відомості про об'єкт та район робіт, організація та проведення геодезичного моніторингу промислових об'єктів, висновки, список використаної літератури.

Графічна частина включає: схема місцезрозташування терміналу силосів зернових зернохранищ (Одеська область, Одеський район, с. Визирка вул. Морська, 1), топографо-геодезична забезпеченість району робіт, схема 1-го циклу спостережень деформацій фундаментів силосів зернових зернохранищ на території с. Визирка, схема 2-го циклу спостережень деформацій фундаментів силосів зернових зернохранищ на території с. Визирка

Ключові слова: ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ, ОСІДАННЯ, ГЕОМЕТРИЧНЕ НІВЕЛЮВАННЯ, ДЕФОРМАЦІЯ, СПОСЕРЕЖЕННЯ, РЕЛЬЄФ ТА ҐРУНТИ, КЛІМАТИЧНО-ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА.

В кваліфікаційній роботі в повному обсязі приведено науково-обґрунтований комплекс інженерно-вишукувальних робіт при виконанні геодезичного моніторингу будівель та споруд.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ЗА СПОСТЕРЕЖЕННЯМИ ДЕФОРМАЦІЙ СПОРУД.....	7
1.1. Нормативно-правове забезпечення.....	7
1.2. Дослідження способів вимірювань деформацій будівель та споруд	15
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ТА РАЙОН РОБІТ.....	31
2.1. Фізико-географічна характеристика району робіт.....	31
2.2. Топографо – геодезична забезпеченість району робіт.....	34
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ.....	38
3.1. Загальні вимоги організації та проведення геодезичного моніторингу	38
3.2. Закладання осадочних деформаційних марок.....	44
3.3. Технологія спостережень за деформаціями споруди при геодезичному моніторингу	47
3.4. Прилади для виконання польових робіт.....	55
3.5. Камеральна обробка даних геодезичного моніторингу інженерних споруд	58
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	65

ВСТУП

Актуальність теми. Під час будівництва об'єкта та протягом стабілізаційного періоду його експлуатації проводиться моніторинг прилеглої забудови, території та об'єкта, що будується, задля своєчасного виявлення, оцінки і відстеження впливу на них факторів, викликаних будівництвом.

Зміни в просторовому положенні споруди викликають виникнення деформацій: в горизонтальній площині – зсуви, у вертикальній – осідання. Дослідження просторових переміщень інженерних споруд є складною і актуальною проблемою сучасної інженерної геодезії. Сучасне будівництво відбувається в умовах, що характеризуються різними геологічними умовами, значною кількістю діючих інженерних комунікацій та споруд, стисненими умовами, тому потреба у геодезичному моніторингу виникає одразу з початку будівництва і є вкрай важливою.

Геодезичний моніторинг передбачає проведення різних видів спостережень і аналізу їх результатів. Зокрема, об'єктами основної уваги і оцінки є:

- різноманітні вертикальні порушення, які найчастіше пов'язані з осіданням будівель та в деяких випадках - їх підйомом;
- горизонтальні дефекти, тобто так звані крен і зрушення, що особливо важливо для баштових споруд і об'єктів, розташованих на потенційно небезпечних територіях;
- тріщини, що утворилися в стінах будівлі.

Мета геодезичного моніторингу за деформаціями будівель і споруд полягає в тому, щоб отримати дані, які характеризують абсолютні величини осідань і зміщень, а також встановити показники їх зміни в часі.

Такий моніторинг дозволяє не тільки виявити, як можна раніше, критичні відхилення від норми а й визначити причини їх виникнення, прорахувати ступінь прогресивності розвитку деформацій, забезпечити

своєчасну розробку та реалізацію відповідних заходів для того, щоб не допустити ситуацій, які можуть призвести до небажаних процесів та непоправних наслідків.

Особливо важлива організація подібних спостережень при будівництві висотних будівель в міських умовах, коли осідання і деформації нової будівлі можуть викликати «ланцюгову реакцію» подібних проблем серед сусідніх, які розташовані в радіусі можливого впливу будівельного майданчика.

Мета кваліфікаційної роботи: аналіз і дослідження інженерно-вишукувальних робіт при виконанні геодезичного моніторингу будівель та споруд для попередження негативних наслідків та своєчасного надання практичних рекомендацій щодо усунення причин деформацій та недопущення критичних ситуацій.

Об'єкт досліджень: термінал силосів зернових зерносховищ, який знаходиться за адресою: Одеська область, Одеський район, с. Визирка вул. Морська, 1.

Предмет дослідження: є опрацювання результатів геодезичних спостережень деформацій промислових споруд.

Основні завдання кваліфікаційної роботи:

1. Аналіз нормативно-законодавчої бази в сфері топографо-геодезичної діяльності щодо геодезичного моніторингу будівель та споруд.
2. Дослідження способів вимірювань деформацій будівель та споруд.
3. Збір даних про фізико-географічне положення, кліматично-геологічну характеристику, рельєф та ґрунти земельної ділянки, на якій розташований об'єкт дослідження.
4. Опанування методиками та технологіями геодезичного моніторингу промислових об'єктів на конкретному прикладі досліджень.
5. Набуття навиків у опрацюванні результатів спостережень за деформаційними процесами будівель та споруд.

РОЗДІЛ 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ЗА СПОСТЕРЕЖЕННЯМИ ДЕФОРМАЦІЙ СПОРУД

1.1. Нормативно-правове забезпечення

Нормативні вимоги до організації топографо-геодезичних та картографічних робіт реалізовані через систему Законів України, Постанови Кабінету Міністрів України, інструкцій, методичних вказівок та наказів.

При написанні кваліфікаційної роботи було розглянуто наступні нормативно-правові документи, які регламентують порядок проведення дослідження геодезичних робіт за спостереженнями фундаментів будівель та споруд, такі як:

- Закон України *«Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність»* та *«Інструкція з топографічного знімання для масштабів 1:500 – 1:5000»*, які визначають порядок створення великомасштабних топографічних планів і встановлює технічні вимоги до геодезичної основи, методів створення та оновлення топографічних планів, методики виконання топографічних знімачь [29, 17].

- Закон України від 03.02. 2004 р. N 1407-IV *«Про архітектурну діяльність»* визначає правові та організаційні засади здійснення архітектурної діяльності і спрямований на формування сприятливого життєвого середовища, досягнення естетичної виразності, економічної доцільності і надійності будинків, споруд та їх комплексів [26].

- Закон України від 5.06.2014 р. № 1314 - VII *«Про метрологію та метрологічну діяльність»* регулює відносини, що виникають в процесі провадження метрологічної діяльності» [28].

- ДСТУ 2393-94 «Геодезія. Терміни та визначення». Цей стандарт установлює терміни та визначення основних понять в галузі геодезії [13].

- ДБН В.1.3-2: 2010 «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві». Ці норми

встановлюють загальні правила проектування, виконання та приймання геодезичних робіт, які потрібно виконувати під час будівництва, реконструкції, технічного переоснащення об'єктів будівництва будь-якого призначення. Потрібно дотримуватись вимог виконання геодезичних робіт, наведених в інших будівельних нормах і правилах, державних стандартах системи забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві, відомчих нормативних документах і документах органів державного нагляду, що погоджені й затверджені у встановленому порядку, а також виконувати додаткові вимоги, що передбачені проектною документацією [10].

- ДСТУ Б В.2.1-30:2014 «Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд». Стандарт поширюється на ґрунти всіх видів і встановлює методи вимірювання деформацій (вертикальних і горизонтальних переміщень, кренів) основ підвалин споруджуваних та експлуатованих будинків і споруд [14].

- ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд». Для визначення та оцінки їх технічного стану. Дія стандарту поширюється на проведення обстежень об'єктів для діагностування їх технічного стану та на моніторинг технічного стану під час використання за призначенням, а також (за потреби) в періоди нового будівництва, реконструкції, реставрації, капітального ремонту, технічного переоснащення, консервації та ліквідації [15].

Порядок проведення моніторингу у будівництві побудований відповідно до *Закону України «Про архітектурну діяльність»*, чинного законодавства України, національних та міжнародних стандартів, а також міжнародних вимог та правил у сфері забезпечення безпеки об'єктів будівництва. Впровадження цього стандарту буде сприяти забезпеченню надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій і основ [26].

Найбільш повний перелік діючих нормативних документів в сфері

геодезичного забезпечення різних видів робіт можна знайти на сторінці науково-дослідного інституту геодезії та картографії www.gki.com.ua.

Нормативно-технічна документація топографо-геодезичної і картографічної діяльності встановлює порядок організації топографо-геодезичних і картографічних робіт, технічні вимоги до них, норми та правила їх виконання. Нормативно-технічна документація є основою для проведення державних та інших експертиз, здійснення державного геодезичного нагляду за топографо-геодезичною та картографічною діяльністю [29].

Згідно ДБН А. 2.1-1-2014, *інженерні вишукування* для будівництва є видом науково-технічної діяльності (згідно з Законом України "Про наукову та науково-технічну діяльність"), що забезпечує вивчення природних і техногенних умов територій (ділянок) об'єктів будівництва, розроблення прогнозів взаємодії об'єктів будівництва з навколишнім середовищем, розроблення усіх видів проектів (у тому числі інженерної підготовки територій, захисту територій і об'єктів від небезпечних процесів).

Інженерні вишукування для будівництва забезпечують комплексне вивчення природних і техногенних умов території (регіону, району, майданчики, ділянки, траси) об'єктів будівництва, складання прогнозів взаємодії цих об'єктів з навколишнім середовищем, обґрунтування їх інженерного захисту та безпечних умов життя населення.

Інженерні вишукування для будівництва виконують відповідно до норм чинного законодавства, нормативних актів, нормативних документів та стандартів, які регулюють діяльність у відповідних сферах з дотриманням вимог цивільного захисту у сфері техногенної безпеки, охорони праці та навколишнього середовища [9].

У ДБН В.1.3-2:2010 викладено загальні правила проектування, виконання та приймання геодезичних робіт, обов'язкових під час будівництва, реконструкції, технічного переоснащення об'єктів будівництва будь-якого призначення. Потрібно дотримуватись вимог виконання

геодезичних робіт, наведених в інших будівельних нормах і правилах, державних стандартах системи забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві, відомих нормативних документах і документах органів державного нагляду, що погоджені і затверджені у встановленому порядку, а також виконувати додаткові вимоги, що передбачені проектною документацією. До безперечних плюсів документа слід віднести те, що ним регламентовані роль, порядок і обсяг геодезичних робіт на будівництві, описані технології їх виконання [10].

Геодезичному моніторингу будівель (споруд) присвячений розділ 8 даного нормативного документа. В ньому розкрита сутність геодезичного моніторингу, організація його проведення, документальне оформлення результатів. Умови забезпечення точності геодезичних вимірювань наведені у Додатку А до ДБН В. 1.3-2:2010, зокрема:

Таблиця 1. 1. **Умови забезпечення точності геометричного нівелювання**

Умови вимірювання, тип приладів	Середні квадратичні похибки вимірювання перевищення на станції			
	1 мм	2 мм	3 мм	5 мм
Нерівність плечей на станції, м, не більше	5	10	15	25
Максимальна відстань від нівеліра типу Н- 05 до інварної рейки, м, не більше	50	60	75	100
Максимальна відстань від нівеліра типу Н-05 до рейки з ціною поділки 1 мм, м, не більше	20	30	40	40
Максимальна відстань від нівеліра типу Н-3 до шашкової рейки, м, не більше	-	20	40	75
Максимальна відстань від нівеліра типу Н-3 до рейки з ціною поділки 1 мм, м, не більше	10	20	-	-
Висота візирного променя над перешкодою, м, не менше	0,3	0,2		0,1

загальні положення, методичні принципи та порядок розрахунку точності та правила вимірювання геометричних параметрів у будівництві, наведені вимоги до точності геодезичних робіт під час будівництва будівель і споруд. Такі вимоги є достатньо опрацьованими та спираються, без сумніву, на великий практичний досвід будівництва. Дія стандарту поширюється на проектування і будівництво будинків і споруд, проектування та виготовлення будівельних конструкцій, деталей і виробів, проведення розмічувальних робіт у частині оцінки та забезпечення точності геометричних параметрів [15].

Для правильної організації усіх видів геодезичних робіт створюються опорні планові інженерно-геодезичні мережі, пункти яких зберігають координати на території проведення цих робіт. До опорної геодезичної мережі належить мережа заданого класу точності, яка є основою для подальшої побудови розмічувальних мереж будівельного майданчика.

Опорні планові геодезичні мережі на будівельних ділянках або на поверхні гірничого підприємства мають ряд характерних особливостей:

- мережі часто створюються в умовній системі координат із прив'язкою до державної системи координат;
- форма мережі визначається територією, що обслуговується або формою об'єктів, групи об'єктів;
- мережі мають обмежені розміри, часто з незначною кількістю фігур або полігонів;
- короткими довжинами сторін;
- до пунктів мережі ставляться підвищені вимоги щодо стабільності положення в складних умовах їх експлуатації;
- несприятливі умови спостереження.

Наведені вище вимоги визначають вид опорних мереж по конфігурації і за точністю їх побудови. Вибір схеми побудови залежить від призначення мережі, типу об'єкта, його форми і займаної площі, фізико-географічних умов, необхідної точності, а також від наявності у виконавця вимірювальних

геодезичних приладів.

Так, геодезичні мережі згущення тріангуляції і трилатерації застосовують на невеликих об'єктах, де потрібна висока точність. Полігонометричні мережі прокладають на закритій або забудованій території, а лінійно-кутові – проектують при створенні мереж підвищеної точності. Розмічувальні мережі в основному розвивають на промислових майданчиках [13].

Державною висотною геодезичною мережею є нівелірні мережі I , II, III і IV класів точності. Нівелірна мережа I і II класів є головною висотною основою за допомогою якої встановлюється єдина система висот на всій території України. Нівелірна мережа III і IV класів служить для забезпечення висотами топографічних зніманих і рішення інженерних задач.

Таблиця 1.2. **Показники точності висотних мереж**

Клас нівелювання	I клас	II клас	III клас	VI клас	Технічне нівелювання
Допустима нев'язка $f_{h\partial on}$ (мм)	$2\sqrt{L}$	$3\sqrt{L}$	$5\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$	$50\sqrt{L}$
На станції (мм)	-	-	± 3	± 5	± 5

де L – довжина нівелірного ходу в км.

Периметри полігонів нівелювання I і II класів складають 2800 і 600 км відповідно. Периметри полігонів нівелювання III класу в основному не перевищують 150 км. Довжина ліній нівелювання IV класу не повинна перевищувати 50 км [16].

Опорна нівелірна геодезична мережа (висотна основа) створюється, як правило, методом геометричного нівелювання у вигляді одиночних ходів або систем ходів і полігонів, прокладених між вихідними реперами.

Висотна основа використовуються при великомасштабних зніманнях з мінімальною висотою перетину рельєфу (0,5м іноді 0, 25м), а також при вертикальному плануванні території і розмічувальних роботах. На

будівельних майданчиках висотну основу часто розвивають нівелюванням III і IV класів [6].

Геодезичний моніторинг виконується геодезичними методами, приладами та автоматизованими комплексами у відповідності до вимог програми та технічного завдання.

При геодезичному моніторингу визначаються такі характеристики деформацій:

1) для основ:

- вертикальні деформації ґрунту;
- горизонтальні зміщення фунту; для фундаментів;
- абсолютне осідання, середнє осідання;
- нерівномірне осідання, відносне нерівномірне осідання;

2) для наземної частини будинку:

- відхили від вертикалі (крен) будівельних конструкцій (осей колон, стін, ліфтових шахт тощо) або будівлі (споруди) в цілому;
- деформації колон і інших бетонних конструкцій;
- розкриття тріщин, динаміка їх розвитку [5].

Пункти спеціальної інженерно-геодезичної мережі (репери) для моніторингу деформацій будівель (споруд) розміщують з урахуванням зручності доступу, вимірювань та мінімізації витрат часу, матеріалів та дотриманням вимог:

- осторонь від проїздів, підземних комунікацій, складських та інших територій, де можливі вібрації від руху транспорту;
- поза зоною поширення тиску на ґрунт від контрольованого будинку або споруди, що будується;
- поза зоною впливу будинків і споруд, що будуються (не менше ніж 75 м – 150 м, що уточнюється проектними вимогами) [32].

У нормативних документах вимоги до точності визначення осідань або горизонтальних зсувів характеризуються середньою квадратичною

помилкою:

- 1 мм – для будинків і споруд на скельних ґрунтах;
- 3 мм – для будинків і споруд на піщаних, глинистих та інших стисливих ґрунтах;
- 10 мм – для будинків і споруд на насипних, просадних й інших сильно стисливих ґрунтах;
- 15 мм – для земляних споруд.

На зсувних ділянках осідання вимірюються із середньою квадратичною помилкою 30 мм, а горизонтальні – 10 мм.

Крени димарів, щогл, високих веж і т.п. вимірюються з точністю, що залежить від висоти H споруди й характеризується величиною $0,0005H$.

Способом геометричного нівелювання можна визначати різниці висот точок, розташованих на відстані 5 – 10 м, з похибкою 0,05 – 0,1 мм, а на кілька сотень метрів – з похибкою до 0,5 мм [8].

Основою організаційної структури моніторингу по забезпеченню експлуатаційної безпеки об'єктів будівництва є спостереження за змінами показників параметрів стану будівельного об'єкту та оцінювання визначених змін. Кількість і види контрольованих параметрів визначаються результатами попереднього обстеження, вимогами нормативної і проектної документації та умовами збереження експлуатаційних властивостей об'єкта впродовж його життєвого циклу.

Аналіз нормативно-правової бази по вимогах до виконання геодезичного моніторингу будівель та споруд показав, що дане питання достатньо висвітлене в законодавчих та нормативно-правових актах.

1. 2. Дослідження способів вимірювань деформацій будівель та споруд

Внаслідок конструктивних особливостей, природних умов і діяльності

людини споруди в цілому і їхні окремі елементи отримують різного виду деформації. У загальному випадку під терміном деформація розуміють змінення форми об'єкта спостережень. У геодезичній же практиці прийнято розглядати деформацію як зміну положень об'єкта відносно якого-небудь первісного.

Всі будівлі і споруди проектують на відповідний період їх експлуатації. На збудовані будівлі діє багато природних і техногенних факторів. Під дією цих факторів будівлі здатні просідати і сповзати, випучуватися при замерзанні водонасичених ґрунтів.

Основні антропогенні фактори: вплив навантаження на споруди, невідповідність несучих властивостей ґрунтів у зв'язку з прорахунками при проектуванні, штучне зниження або підвищення ґрунтових вод, підземні розробки корисних копалин, збільшення тиску на основу надбудовами, новими будівлями, вібрація фундаменту у зв'язку з роботою машин, транспорту.

Деформації ґрунтів діляться на пружні і непружні.

Пружні деформації характеризуються зміною об'єму і викривленням форми внутрішньої будови ґрунту.

Непружні деформації характеризуються:

- ущільненням, набуханням;
- повзучістю;
- руйнуванням структури.

Деформації основ і споруд характеризуються:

- абсолютним осіданням;
- середнім осіданням;
- відносною нерівномірністю осідання;
- нахиленням фундаменту;
- відносним прогинанням;
- тріщинами [23].

Рівномірні осідання майже не знижують міцності і стійкості будівлі,

але в тому випадку, якщо ці величини незначні.

Нерівномірне осідання значно небезпечніше за рівномірне.

Спостереження за зсувами, осіданнями і деформаціями споруди мають велике значення для визначення міцності і стійкості споруди, для своєчасного запобігання їх руйнуванню або своєчасного сигналу про настання аварійного стану.

Моніторинг – візуальні чи інструментальні спостереження за технічним станом будівельного об'єкта, його частин, окремих конструкцій або основ з оцінюванням їх деформацій та несучої здатності, стійкості та придатності до експлуатації. З метою виявлення динаміки розвитку деформації в період будівництва, експлуатації будинків та споруд здійснюється геодезичний моніторинг, який включає комплекс геодезичних робіт та систематичних спостережень за об'єктом.

Одним із напрямів сучасної прикладної геодезії є деформаційний моніторинг. У це поняття входить геодезичний моніторинг за осіданнями та деформаціями фундаментів, а також інших важливих конструктивних елементів будівель і споруд. Крім них, об'єктами моніторингу деформаційного може бути різноманітне промислове обладнання (насоси, компресори, резервуари, вишки, щогли, труби та інші).

Геодезичний моніторинг є однією з найважливіших складових загальної системи моніторингу за будь-якими явищами та процесами, що відбуваються на поверхні землі, у підземному та навколоземному просторі. Сучасний геодезичний моніторинг оперує величезними обсягами даних, що надходять від різних вимірювальних засобів (ГНСС, електронні тахеометри, датчики нахилу тощо).

Геодезичний моніторинг включає в себе систему вимірювань, фіксації результатів та аналітичну обробку отриманих даних. Геодезичному моніторингу, як правило, підлягають основи, фундаменти, конструкції будівель (споруд) або їх частин об'єкта нового будівництва та будинки, інженерні мережі, підземні споруди та об'єкти інфраструктури, що його

оточують. Для висотних будинків, експериментальних та складних будівель (споруд) моніторинг входить до робіт з науково-технічного супроводу, є складовою частиною загального моніторингу об'єкта будівництва.

Геодезичний моніторинг виконується геодезичними методами, приладами та автоматизованими комплексами у відповідності до вимог програми та технічного завдання. Проект та програму геодезичного моніторингу розробляють за технічним завданням, що складає організація – виконавець моніторингу, погоджує генеральний проектувальник та затверджує замовник. Технічне завдання слід складати з урахуванням призначення, конструктивних рішень будівлі (споруди) та інженерно – геологічної будови основи [24].

Комплекс робіт з геодезичного моніторингу виконується для основи, фундаменту, надземної частини та інженерних мереж. При геодезичному моніторингу визначаються такі характеристики деформацій: для основ:

- а) вертикальні деформації ґрунту;
- б) горизонтальні зміщення ґрунту; для фундаментів:
- в) абсолютне осідання, середнє осідання;
- г) нерівномірне осідання, відносне нерівномірне осідання; для наземної частини будинку:
 - д) відхили від вертикалі (крен) будівельних конструкцій (осей колон, стін, ліфтових шахт тощо) або будівлі (споруди) в цілому;
 - е) деформації колон і інших бетонних конструкцій; ж) розкриття тріщин, динаміка їх розвитку [16].

Деформаційний геодезичний моніторинг полягає в регулярному відстеженні деформацій споруд та інших важливих конструкцій геодезичними методами, проводиться з метою своєчасного виявлення і попередження розвитку аварійних ситуацій. Даний вид інженерного моніторингу є важливою ланкою в будівництві, а також в системі державного і відомчого технічного нагляду.

Геодезичний моніторинг за осіданнями та деформаціями будівель і

споруд необхідний не тільки для контролю об'єктів, уже введених в експлуатацію. Незавершені будівельні проекти також часто потребують пильної уваги і ретельного контролю. В ході геодезичного моніторингу будівлі, що будується проводять спостереження за деформаціями, так і за тими будівлями, які розташовані в радіусі можливого впливу будівельного майданчика. Особливо важлива організація подібних спостережень при будівництві висотних будівель в міських умовах, коли осідання і деформації нової будівлі можуть викликати «ланцюгову реакцію» подібних проблем серед сусідніх [4].

Дослідження способів вимірювань осідань будівель та споруд в основному полягають у вимірюванні вертикальних і горизонтальних зміщень окремих точок будівлі.

Геодезичні методи моніторингу вертикальних зміщень можна розділити на

наземні, наземно- дистанційні (ГНСС – метод, VLBI, SLR, DORIS, фотограмметричні методи) та дистанційні (In SAR, аерокосмічні методи) (рис. 1.1).

Наземні методи в свою чергу застосовуються для *моніторингу територій* (високоточне геометричне нівелювання, тригонометричне нівелювання) та *об'єктів* (високоточне геометричне нівелювання, тригонометричне нівелювання, гідро-, мікро- нівелювання, лазерне сканування). Різні методи геодезичного моніторингу застосовуються для врахування вертикальних зміщень викликаних впливом геодинамічних явищ різного характеру (локальні, регіональні, глобальні).

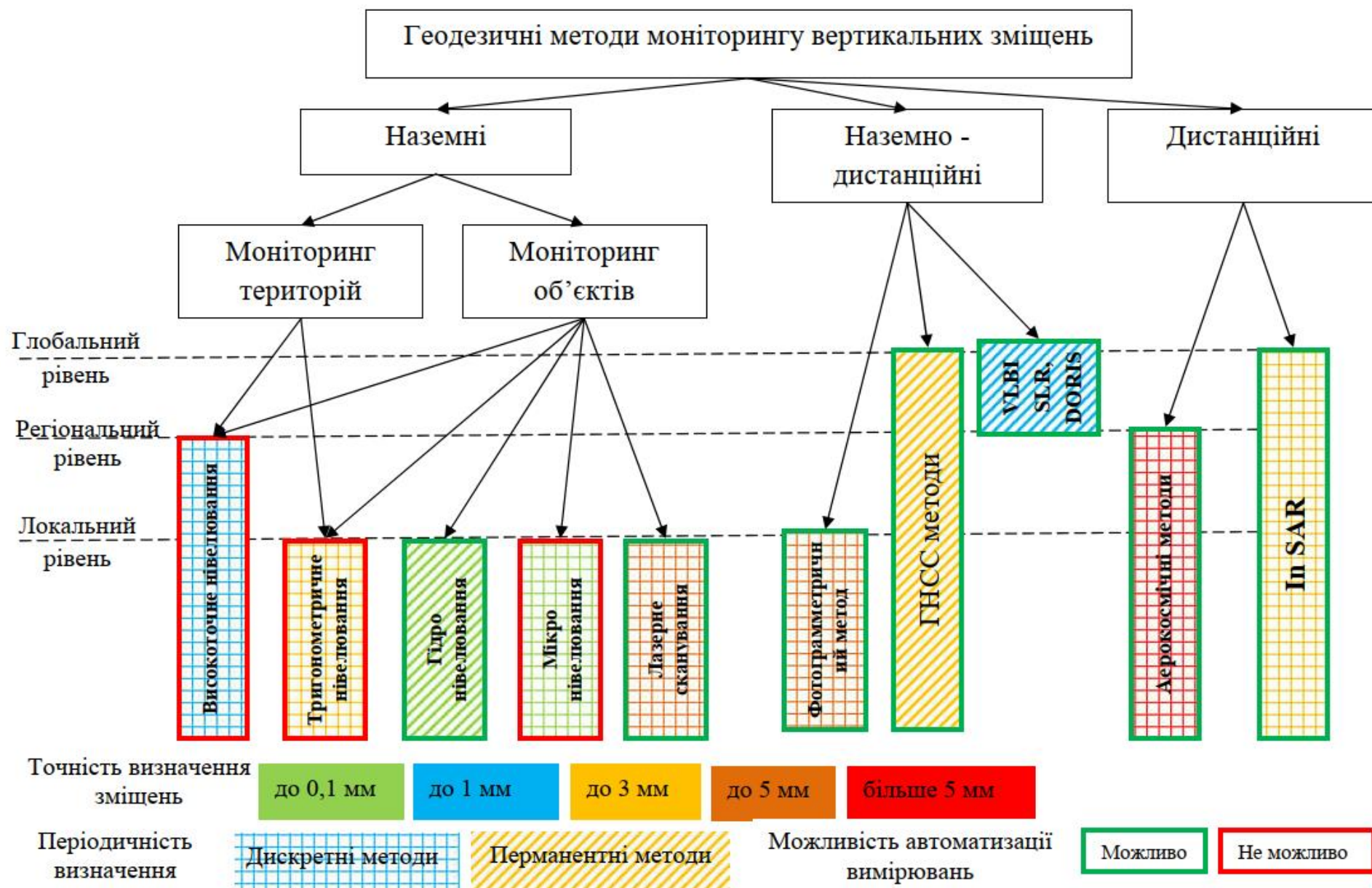


Рис. 1. 1. Класифікація методів геодезичного моніторингу вертикальних зміщень

Крім того необхідно відзначити, що існує ряд вимог, які обумовлюють застосування тих, чи інших геодезичних методів при моніторингу вертикальних зміщень а саме:

- вимоги до точності вимірювань;
- необхідність безперервного отримання результатів;
- автоматизація процесу вимірювання;
- проведення вимірювань з мінімальними витратами;
- можливість застосування на різних рівнях моніторингу [20].

Проведемо аналіз існуючих геодезичних методів до відповідності цим вимогам.

Високоточне геометричне нівелювання вирішує питання моніторингу вертикальних зміщень на локальному та регіональному рівнях.

Геометричне нівелювання застосовується при спостереженні за деформаціями гідротехнічних споруд, при будівництві та експлуатації об'єктів паливо-енергетичного комплексу. Нівелювання виконуються замкнутими нівелірними ходами при двох горизонтах приладу (рис.1.2).

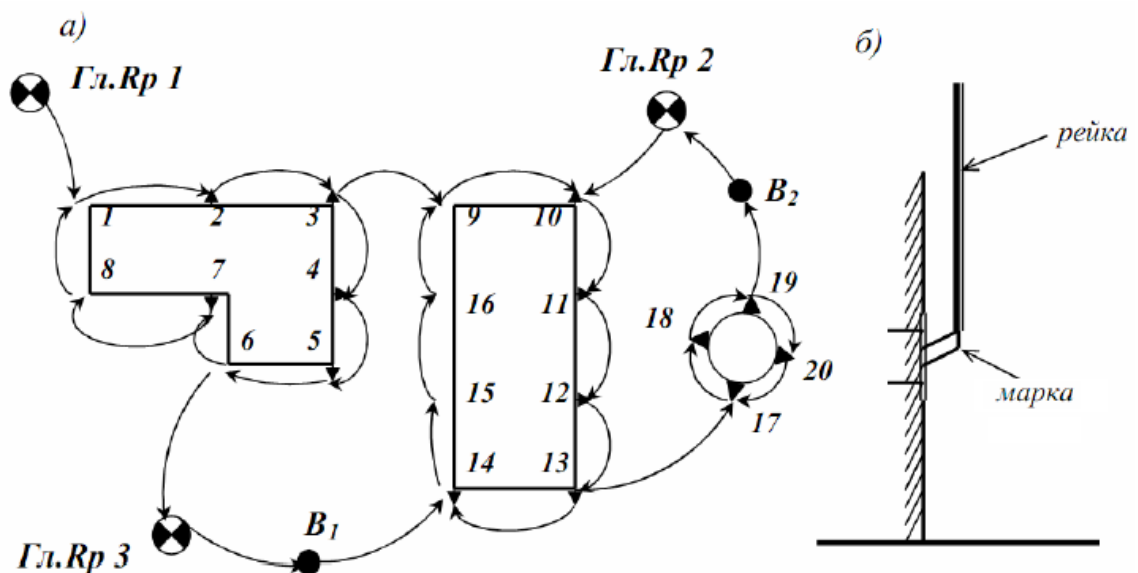


Рис. 1. 2. Схема спостережень за осіданнями методом геометричного нівелювання

Нівелірні ходи обов'язково прив'язують не менш ніж до двох фундаментальних реперів. Довжина візирного променя допускається до 25 м, візирний промінь має проходити на висоті не менше 0,3–0,5 м від поверхні землі або конструкції споруди. Вимірювання виконують у найбільш сприятливих умовах, що забезпечує їх високу точність.

Аналізуючи використання методу геометричного нівелювання для геодезичного моніторингу можна зробити наступні висновки про переваги та недоліки:

- на даний час високоточне нівелювання є одним з найточніших методів, який дозволяє здійснювати моніторинг вертикальних зміщень на локальному та регіональному рівнях;
- основним недоліком геометричного нівелювання є точковість одержуваної інформації та дискретність результатів спостереження (відсутність даних між циклами спостережень);
- недостатня ступінь автоматизації процесу вимірювання;
- вплив «людського фактору» під час вимірювання [31].

Спосіб *тригонометричного нівелювання* дозволяє визначати перевищення точок, що розміщені на суттєво різних висотах, у важко досяжних місцях, коли застосування геометричного нівелювання не забезпечує потрібної точності вимірів у зв'язку з необхідністю прокладання ходів значної протяжності (рис. 1.3).

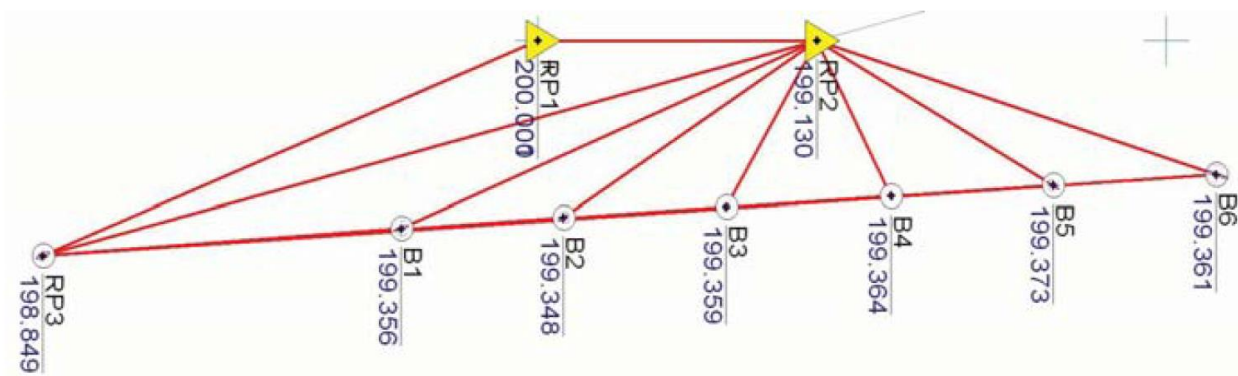


Рис. 1. 3. Схема спостережень за осіданнями методом тригонометричного нівелювання

Проте у звичайних умовах тригонометричне нівелювання суттєво поступається геометричному. Основними причинами цього є вплив на точність вимірювання зенітних кутів вертикальної рефракції і похибок за центрування та редукцію, а також приладових помилок. Використання високоточних електронних тахеометрів, застосування двостороннього тригонометричного нівелювання, мінімізація похибок за центрування та редукцію та прецизійне визначення висот інструменту і візирної цілі дозволяє значно підвищити точність визначення перевищень точок цим методом [21].

Аналізуючи використання методу тригонометричного нівелювання для геодезичного моніторингу можна зробити наступні висновки про переваги та недоліки:

- застосування сучасних високоточних електронних тахеометрів дозволяє конкурувати цьому методу з геометричним нівелюванням у випадку великих перепадів висот між пунктами спостережень;
- зменшення витрат часу та матеріальних ресурсів у порівнянні з геометричним нівелюванням;
- метод тригонометричного нівелювання може бути використаний лише на локальному рівні моніторингу;
- основним недоліком тригонометричного нівелювання є значний вплив вертикальної рефракції на одержані результати, а також точковість та дискретність результатів спостереження.

При експлуатації об'єктів гідроенергетики, прискорювачів заряджених частинок, атомних і теплових електростанцій та інших подібних об'єктів, необхідний безперервний геодезичний контроль за їх осіданнями та деформаціями. Для цих цілей розроблені різні стаціонарні *гідростатичні та гідродинамічні системи з візуальним збором інформації*. А на спорудах, де перебування людини небажано або взагалі виключається, розроблені гідросистеми з дистанційним отриманням інформації про висотні переміщення осадкових марок [1].

Аналізуючи використання методів гідростатичного та гідродинамічного нівелювання можна виділити основні переваги, а саме:

- висока ступінь автоматизації процесу вимірювання;
- можливість використання даних систем на об'єктах, де перебування людини небажано або взагалі виключається;
- одержання інформації про стан об'єкту в реальному часі.

До недоліків цих методів слід віднести:

- методи гідронівелювання може бути використаний лише на локальному рівні моніторингу технологічного обладнання;
- необхідність врахування певних інструментальних помилок та помилок зовнішнього середовища для одержання результатів високої точності;
- точковість результатів спостереження;
- застосування гідросистем пов'язано зі значними організаційними та технологічними труднощами.

Метод мікронівелювання застосовують при спостереженнях за взаємним висотним положенням близько розташованих точок на відстані 1–1,5 м. Він використовується при визначенні осідань і нахилів окремих конструкцій: фундаментів, балок, ферм, технологічного обладнання. Вимірювання виконують за допомогою мікронівеліра. Приладова точність мікронівеліра характеризується середньою квадратичною похибкою (СКП) визначення перевищення, яка рівна 0,01мм. В роботі [3] розглянуто використання електронного мікронівеліра для визначення геометричних параметрів технологічного обладнання АЕС (реакторної установки та центру обіжних насосів). Цей метод дозволяє здійснювати контроль основних параметрів з СКП 0,05мм. Аналізуючи використання методу мікронівелювання для геодезичного моніторингу можна зробити наступні висновки:

- на даний час цей метод є найточнішим;
- використання даного методу для спостереження за взаємним

висотним положенням лише близько розташованих точок ($1 - 1,5$ м) є його недоліком;

- метод мікронівелювання знайшов застосування лише при контролі параметрів окремих конструкцій споруд.

Фотограмметричний метод передбачає застосування фототеодоліта для фотознімання об'єкту геодезичного моніторингу. Визначення деформацій взагалі й зокрема осідань цим способом полягає у вимірюванні різниці координат точок споруди, що знайдені на фотознімках початкового (або попереднього) циклу та фотознімках деформаційного (або наступного) циклу. Деформації визначаються в одній вертикальній площині, тобто, паралельній площині фотознімка. В якості прикладу застосування фотограмметрії для спостереження за деформаціями будівель та споруд можна привести методику і техніку наземного стереознімання, що застосовується у Німеччині, для спостереження за деформаціями споруд під впливом гірничих розробок. При звичайному методі знімання, СКП визначення координат точок становить 5 мм, а за рахунок застосування вирівнювання за зв'язками може бути доведена до 2 мм. Сучасні фотограмметричні вимірювальні системи, обладнані малоформатними цифровими фотокамерами і ПЗЗ-датчиками дозволяють визначати положення точок зображень об'єктів на невеликих відстанях з СКП 0,1 мм [24].

Аналізуючи використання фотограмметричних методів для геодезичного моніторингу можна зробити наступні висновки:

- висока швидкість проведення вимірювань, та мінімальний час перебування у «польових умовах»;
- фотограмметричний метод може бути використаний лише на локальному рівні моніторингу території та технологічного обладнання;
- недоліком даних методів є відносно невисока точність одержаних результатів, дискретність одержуваної інформації.

В даний час при проведенні геодезичного моніторингу все частіше

застосовуються сучасні технології *лазерного сканування*. В їх основі лежить здатність променя лазера відбиватися від наземних об'єктів або поверхні Землі [30]. Основна відмінність процесу лазерного сканування від вимірювань електронним тахеометром – набагато більша швидкість вимірювань, наявність сервоприводу, який автоматично повертає вимірювальну частину приладу як в горизонтальній так і у вертикальній площинах і найголовніше – швидкість (від 5000 вимірювань в секунду) і щільність (до десятків точок на 1 см² поверхні) [7].

Лазерне сканування дозволяє фіксувати абсолютно всі особливості інженерної споруди чи рельєфу, максимально швидко отримувати тривимірну візуалізацію навіть важкодоступних об'єктів. Для геодезичного моніторингу використовуються два види лазерного сканування: наземне і лазерне сканування з повітря. Наземне лазерне сканування дозволяє отримувати інформацію про об'єкт спостережень високого рівня деталізації для подальшого моніторингу деформацій споруд, а також створювати тривимірні моделі об'єктів для аналізу результатів моніторингу. При лазерному скануванні з повітря лазерний сканер розміщують на літальному апараті, цей спосіб застосовують для побудови цифрових моделей рельєфу при спостереженнях за деформаціями земної поверхні [30].

Аналізуючи використання методу лазерного сканування для геодезичного моніторингу можна відзначити наступні переваги:

- висока швидкість проведення вимірювань, та мінімальний час перебування у « польових умовах»;
- інформація одержана цим методом є наглядною та зручною для подальшого опрацювання.

Основним недоліком цього методу є дискретність одержуваної інформації.

В основу *ГНСС-методу* покладено застосування глобальних навігаційних супутникових систем за допомогою яких можна отримати координати з міліметровою точністю в будь-якій точці земної поверхні,

тобто дозволяє здійснювати моніторинг на глобальному, регіональному та локальному рівнях. Завдяки цьому цей метод набув широкої популярності при проведенні різного роду досліджень. На даний час існує мережа перманентних станцій розташованих по всій Землі. В результаті спостережень ми отримуємо величини їх зсуву в горизонтальній і вертикальній площинах.

На пунктах геодезичної мережі встановлюють GPS-приймачі. На об'єкті розташовують датчики і спеціальні призмові відбивачі за якими виконують спостереження за допомогою електронного тахеометра. Електронний тахеометр встановлюють на станції автоматичного спостереження. Приклад розташування супутникових приймачів, призм та електронного тахеометра на гідротехнічній споруді наведено на рис. 1.4.

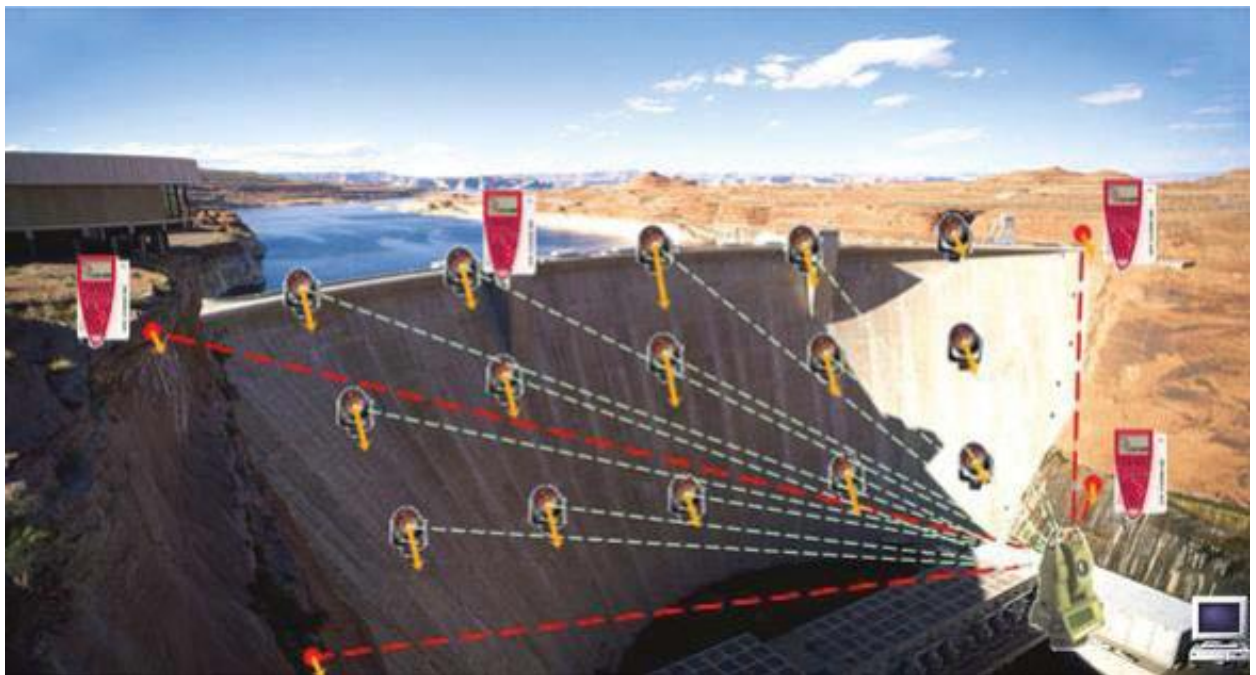


Рис. 1. 4. Схема спостережень за осіданнями ГНСС-методом

Значною перевагою використання ГНСС-методів є можливість спостерігати за змінами вертикальних рухів земної кори в реальному часі. Безперервні вимірювання ГНСС-приймачів дають можливість визначати швидкість вертикального зміщення земної кори з СКП меншою, ніж ± 1 мм/ рік [1].

В порівнянні з іншими методами геодезичного моніторингу методи ГНСС мають такі переваги:

- безперервний моніторинг;
- висока точність та оперативність вимірів;
- дані ГНСС-спостережень використовуються на усіх рівнях моніторингу (глобальний, регіональний, локальний) вертикальних зміщень;
- простота і висока ступінь автоматизації виконання вимірювань.

До недоліків ГНСС-спостережень можна віднести:

- необхідність врахування зміни фазового центру антен на перманентних станціях при їх заміні;
- стійкість перманентних станцій;
- точковість результатів спостережень.

VLBI (Very long baseline interferometry) – це метод, який дозволяє вимірювати деформації на глобальному рівні, які викликані рухами тектонічних плит. При застосуванні VLBI в геодезії вимірюється різниця між часом прибуття радіосигналу, який випускається з джерела у відкритому космосі (наприклад, квазарами чи радіогалактиками) на кожен з двох радіотелескопів. Використання результатів VLBI для визначення вертикальних зміщень має ряд переваг та недоліків.

Перевагами цього методу є висока точність одержаних результатів.

Недоліками є:

- громіздкість і велика вартість обладнання;
- точковість інформації (відстань між VLBI станціями є тисячі кілометрів), тобто використання цього методу можливе лише на глобальному рівні.

Протягом останніх декількох десятиріч років спостерігається інтенсивний розвиток таких методів супутникової геодезії як *лазерна локація штучних супутників землі (SLR)*, *доплерівська орбітографія (DORIS)*, але невелике число станцій, як у методі VLBI не дозволяє використовувати ці методи для моніторингу вертикальних зміщень техногенно- навантажених

територій.

В практиці європейських країн, за останні десять років, для моніторингу деформаційних процесів поверхні Землі став широко застосовується метод InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar).

InSAR – це ефективна технологія геодезичних вимірів, яка дозволяє будувати ЦМР і проводити моніторинг вертикальних зміщень техногенно-навантажених територій за період від одного тижня до одного місяця з точністю 1 – 5 мм. Цей метод базується на знаходженні різниці фази коливань хвиль відбитих від поверхні, які повертаються на супутники на яких встановлені антени з синтезованою апертурою [34].

Основною ідеєю методу є формування інтерферограми, яка представляє собою результат комбінації двох радіолокаційних зображень однієї і тієї ж території, що містять інформацію про амплітуду і фази сигналу, і отриманих ідентичними радаром з близько розташованих точок орбіти. Значною перевагою методу InSAR є те, він «працює» у хмарну погоду та в темний час доби. Прикладами використання InSAR є: дослідження сейсмічних процесів, моніторинг динаміки льодовиків, дослідження техногенно-навантажених територій (нафтові і газові родовища, шахтні поля, тунелі). Недоліком цього методу є висока вартість знімків, що ускладнює його використання на локальному рівні дослідження рухів земної кори.

Багато досліджень показали високу степінь кореляції результатів швидкості руху земної поверхні, отриманих за даними InSAR та геодезичними методами. Це дозволяє використовувати цей метод у поєднанні з наземними геодезичними методами для районування техногенно-навантажених територій [33].

Перевагами цього методу є:

- значна економічна ефективність при моніторингу великих територій земної поверхні;
- інформація одержана цим методом є наглядною та зручною для

подальшого опрацювання;

До недоліків слід віднести:

- значну (на даний час) вартість знімків;
- невелику кількість супутників.

До *дистанційних методів моніторингу вертикальних зміщень територій* також відносяться аерокосмічні методи. В даний час існують два основні способи дистанційного отримання інформації про земну поверхню аерокосмічними методами: за допомогою оптичних і радіолокаційних систем. Оптичні системи (цифрові камери) використовують відбите сонячне світло і тому сучасний аерознімальний комплекс вважаються пасивними системами. Радіолокаційні або радарні (RAdio Detecting And Ranging) системи використовують власне джерело випромінювання і називаються активними системами.

Для проведення аерокосмічного моніторингу техногенно-навантажених територій застосовуються різноманітні космічні апарати, повітряні засоби (літаки, вертольоти, безпілотні літальні апарати, дирижаблі), оснащених широким набором пасивної і активної апаратури дистанційного зондування, що функціонує в різних діапазонах спектру електромагнітних хвиль (від УФ до радіодіапазону), а також геофізичною апаратурою, засобами зв'язку, наземними засоби прийому супутникових даних. Аерокосмічні методи застосовуються для моніторингу техногенно-навантажених територій видобутку корисних копалин, об'єктів їх транспортування, тощо [31].

Аналізуючи використання аерокосмічних методів дистанційного зондування земної поверхні для геодезичного моніторингу можна зробити наступні висновки:

- значна економічна ефективність при застосуванні для моніторингу великих територій земної поверхні;
- інформація одержана цим методом є наглядною та зручною для подальшого опрацювання;

- недоліки даного методу є низька точність одержуваної інформації.

Аналізуючи вищезгадані методи моніторингу вертикальних зміщень можна зробити наступні висновки:

- ні один з цих методів не є універсальним і має як переваги так і недоліки, тому для моніторингу вертикальних зміщень техногенно-навантажених територій доцільно використовувати поєднання різноманітних геодезичних та геотехнічних методів спостережень;

- найбільш ефективним методом моніторингу вертикальних зміщень техногенно-навантажених територій є ГНСС-метод;

- альтернативою цьому методу в подальшому повинен стати метод InSAR (при здешевленні вартості знімків);

- за даними наземних геодезичні методів можна вирішувати задачі проведення районування досліджуваних територій за спільними кінематичними характеристиками у разі розробки відповідних методик;

- високоточні геотехнічні прилади (цифрові інклінометри) можуть знайти використання у моніторингу вертикальних зміщень для визначення фонових (в межах жорсткої моделі) нахилів земної поверхні.

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ТА РАЙОН РОБІТ

2.1. Фізико-географічна характеристика району робіт

Дослідження робіт при виконанні геодезичного моніторингу будівель та споруд буде виконуватись на території Визирської сільської територіальної громади Одеського району Одеської області, яка створена в червні 2019 року шляхом добровільного об'єднання територіальних громад сіл трьох сільських рад: Визирської, Першотравневої, Любопільської. В листопаді 2020 року до складу Визирської ОТГ приєдналися Дмитрівська, Кордонська та Калинівська територіальні громади. Адміністративним центром Визирської сільської територіальної громади є село Визирка Одеського району Одеської області. На території Визирської сільської територіальної громади розташовані такі населені пункти: с. Визирка, с. Воронівка, с. Дмитрівка, село Бутівка, с. Калинівка, с. Широке, с. Тилігульське, с. Кордон, с. Мар'янівка, с. Пшонянове, с. Любопіль, с. Ранжеве, с. Зоря Труда, с. Кінне, с. Міщанка, с. Нова Вільшанка, с. Першотравневе, с. Порт, с. Степанівка.

Станом на 01.01.2022 року в громаді проживає 9835 особи.

Об'єкт досліджень (зерновий термінал) знаходиться на території с. Визирка. Село розташоване у верхів'ї Малого Аджалицького лиману за 18 км від районного центру Доброслав та за 20 км від залізничної станції Кремидівка у напрямку Одеса – Помічна. За 2 км від Визирки проходить автодорога М14. Через Визирку проходять дві важливі для області траси: Одеса – Южний та Миколаїв – Одеса.

Клімат териорії дослідження вологий, помірно- континентальний. У цілому клімат поєднує риси континентального і морського. Зима м'яка, малосніжна і нестійка; середня температура січня від -2°С на півдні до -5°С на півночі. Для весни характерні похмура погода, тумани у зв'язку з охолоджуючим впливом моря. Літо переважно спекотне, сухе; середня

температура липня від 21°C на північному заході до 23°C на півдні, максимальна до 36-39°C (в останні роки і більше). Осінь тривала, тепліше весни, в основному хмарна. Середньорічна температура коливається від 8,2°C на півночі до 10,8°C на півдні області. Загальна сума опадів 340-470 мм на рік, головним чином випадають влітку (часто у вигляді злив). Число годин сонячного сяйва приблизно 2200 на рік. Тривалість вегетаційного періоду 168-210 діб із загальною сумою температур від 28°C до 34°C.

Взимку переважають північні та південно-західні вітри, влітку – північно-західні і північні. Південна половина району схильна до посух, курних бурь, суховіїв.

Переважають чорноземні ґрунти: типові, звичайні і південні, а також темно- каштанові солонцюваті.

Особливість економіко-географічного розташування села, сприятливі природно-кліматичні умови, різноманітні природні лікувальні ресурси, наявність піщаних пляжів, розвинута мережа водних, залізничних та автомобільних магістралей обумовлюють розвиток сфери туризму і рекреації.

Промислова карта Визирки включає чимало потужних підприємств: група терміналів ТІС, Allseeds Black Sea, Risoil та багато інших. 90% податків в село йде від стивідорної компанії ТІС. На території сільської ради також розташований найбільший суховантажний порт та зерновий термінал «Трансінвестсервіс» (ТІС). До групи терміналів входить кілька терміналів: «ТІС-Зерно», «ТІС-Міндобрива», «ТІС-Руда», «ТІС- Вугілля» і «ТІС- Контейнерний термінал». Визирка багата не тільки підприємствами у портовій зоні, але й 10-ма фермерськими господарствами.

Впродовж останніх років у промисловості регіону тривала реалізація низки інвестиційних проектів: запроваджувались новітні технологічні процеси, модернізація, будівництво та введення в дію нових виробництв.

Об'єктом робіт виступають зернові зерносховища, які розташовані за адресою: вул. Морська, 1, с. Визирка Лиманського району Одеської області.

Об'єкт дослідження знаходиться біля автошляху територіального значення Т1606, в акваторії порту «Південний», що за 22 км на північний схід від Одеси. Земельні ділянки на яких проводяться дослідження, межують з півдня з найбільшим зерновим терміналом Чорного моря «ТІС-Зерно», з новітнім на Чорному морі контейнерним терміналом «ТІС-Контейнерний Термінал», та з півночі з компанією "Risoil South" комплекс з перевалки олії і шроту в акваторії Південного порту Одеської області. Неподалік об'єкту робіт розташований Дофінівський або Великий Аджалицький лиман – малий солоний лиман (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Схема розташування об'єкту дослідження

Площа земельних ділянок на яких знаходиться *силоси зернових зерносховищ* становить 3,6976 га. Цільове призначення земельних ділянок – для розміщення та експлуатації будівель і споруд морського транспорту.

Проектна перевалочна потужність терміналу *силосів зернових зернохосовищ* становить до 5 млн. тонн на рік, що забезпечує 10% всього українського експорту зернових. Потужності терміналу представлені 14 силосами по 15 тис. тонн і бетонним покриттям складом загальною ємністю до 80 тис. тонн зернових.

Вивчивши фізико-географічну характеристику району робіт можна зробити висновок, що дані умови сприятливі для проведення геодезичного моніторингу за *просадками фундаментів силосів зернових зернохосовищ*.

2.2. Топографо-геодезична забезпеченість району робіт

Проведення топографо-геодезичне вивчення району робіт проводиться з метою вивчення території знімання, забезпеченості пунктами державної геодезичної мережі (ДГМ) та геодезичної основи.

Одним з основних етапів в обстеження району робіт є збір і аналіз топографо-геодезичних матеріалів. До основних даних топографо-геодезичної забезпеченості належать довідники з картографічних матеріалів в яких міститься інформація з місцезнаходженням, назвами, геодезичними координатами та висотної основи пунктів державної геодезичної мережі.

Матеріали топографо- геодезичної забезпеченості району робіт – це такі документи та відомості:

- топографічні карти, інженерно-топографічні плани, фотопланами, спеціальні плани відповідного масштабу на конкретну територію;
- технічні характеристики геодезичних, картографічних і топографічних матеріалів, оцінка можливості використання цих матеріалів і даних стаціонарних геодезичних спостережень (повнота і точність);
- відомості про геодезичну мережу, включаючи пункти стаціонарних геодезичних спостережень із вказівкою їх технічних характеристик і можливості використання на основі результатів їх оцінки.

При дослідженні району робіт використовувалися дані

геоінформаційного ресурсу – геопортал Державної геодезичної мережі України (<http://dgm.gki.com.ua/>). Інформаційні ресурси геопорталу складають базу метаданих про пункти ДГМ, відомості з банку геодезичних даних України, цифрові та електронні карти, космічні знімки на територію країни.

У структурі банку можна виділити:

- базу даних пунктів геодезичних мереж;
- бази геодезичних, нівелірних та гравіметричних вимірювань;
- базу параметрів зв'язку місцевих систем координат;
- базу даних системи класифікації та кодифікації;
- бази моделей прискорення сили ваги, рельєфу, трансформаційного поля та квазігеоїда.

В процесі дослідження частини Одеського району було виявлено пункти ДГМ, їх просторові характеристики і придатність до використання яких приводяться у табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Відомості про пункти ДГМ досліджуваної частини Одеського району

Кількість геодезичних пунктів 1 класу	Кількість геодезичних пунктів 2 класу	Кількість геодезичних пунктів 3 класу	Кількість геодезичних пунктів 4 класу	Кількість геодезичних пунктів УПН ГНС	Кількість пунктів нівелювання I класу	Кількість пунктів нівелювання II класу
Придатні до використання						
1	10	13	56	1	2	6
Всього						
2	21	18	56	1	28	26

Координати пунктів ДГМ обчислені в Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000. Для найбільш наглядного було створено схему мережі обстежених пунктів ДГМ на досліджуваній частині Одеського району. (рис. 2.2).

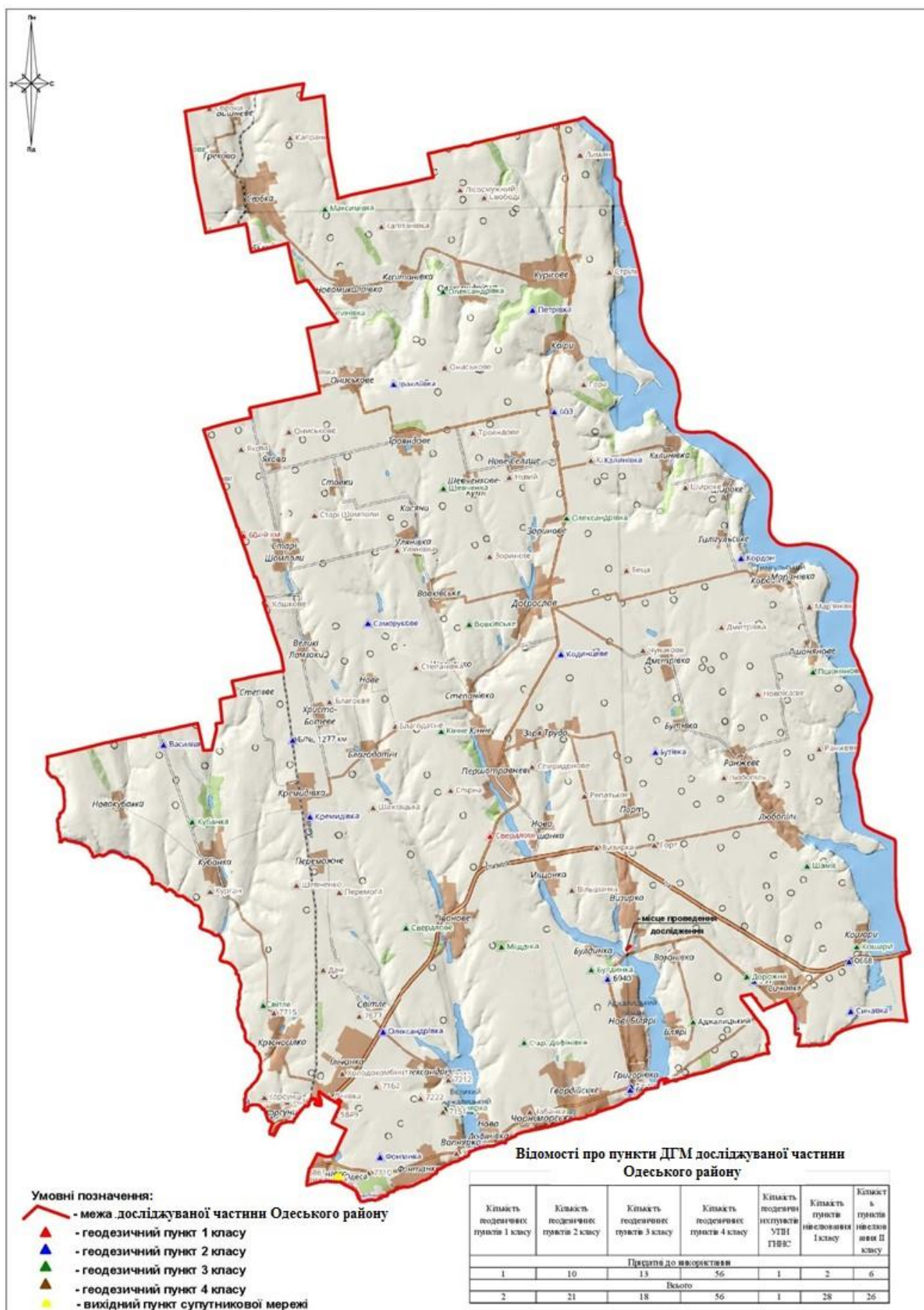


Рис. 2.2. Схема топографо- геодезичної забезпеченості району робіт

Проаналізувавши усі пункти району робіт, найбільш раціонально було використовувати в даній роботі 2 пункти

Проаналізувавши усі пункти геодезичного обґрунтування на досліджуваній районі робіт, найбільш доцільно було використати для створення висотної геодезичної основи глибинні репери РП1 та РП3, висоти яких визначено супутниковими спостереженнями. Значення СКП обчислених координат реперів за допомогою GPS-спостережень та з банку геодезичних даних не перевищують 0, 02 м.

Таблиця 2.2. Відомості про пункти геодезичного обґрунтування в районі робіт

Назва пункту	Координати, м		Висота, м
	X	Y	
Глибинний репер РП1	5161702,02	4185511,84	14,436
Глибинний репер РП3	5161560,62	4185288,41	15,867

Цих реперів вистачає для проведення геодезичного моніторингу за просадками фундаментів силосів зернових зернохранилищ.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

3.1. Загальні вимоги організації та проведення геодезичного моніторингу

Основою організаційної структури моніторингу по забезпеченню експлуатаційної безпеки об'єктів будівництва є спостереження за змінами показників параметрів стану будівельного об'єкту та оцінювання визначених змін. Кількість і види контрольованих параметрів визначаються результатами попереднього обстеження, вимогами нормативної і проектної документації та умовами збереження експлуатаційних властивостей об'єкта впродовж його життєвого циклу.

Параметри впливів та їх величини визначають згідно з ДБН В.1.1-12, ДБН В.1.2-2, ДБН В.1.2-14, ДСТУ Б В.1.2-3 за даними спостережень метеорологічних станцій; за технологічними картами і паспортами на обладнання та іншими документами і використовуються в розрахунках і проектуванні об'єкта, а також є базовими для контролювання його технічного стану в періоди зведення та експлуатації.

Реакції змін технічного стану конструктивних елементів вимірюють датчиками системи моніторингу, які дозволяють отримувати дані відгуків об'єкта на зовнішні і внутрішні впливи, а саме:

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

Моніторинг БК (будівельних конструкцій) виконують спеціалізованими організаціями, які мають необхідний науковий кадровий потенціал, досвід

науково-дослідних робіт в даній сфері, відповідні ліцензії по роботі з вимірювальною апаратурою, збиранню, налагодженню, встановленню і експлуатації систем моніторингу.

Моніторинг БК проводиться на підставі затвердженої Програми за допомогою технічних засобів неруйнівного контролю і встановленої в програмі періодичності. В цілому, періодичність проведення робіт визначається класом БК. При цьому мінімальна періодичність спостережень встановлюється відповідно до проектної і нормативної документації або спеціальних вимог до конкретного об'єкта. При необхідності періодичність окремих видів спостережень елементів БК і об'єкта будівництва може коригуватись в ході виконання моніторингу в залежності від їх технічного стану.

Результатами моніторингу є проміжні та заключні звіти, які оформляються на підставі реєстрації, накопичення та первинного аналізу інформації від чутливих елементів, які встановлюють на БК, що підлягають контролю. Вимоги до звітів встановлюються в робочій програмі моніторингу. По результатам моніторингових спостережень складається Висновок про поточні значення контрольованих параметрів БК. Результати моніторингу використовуються при оцінці технічного стану БК, будівель і споруд. Кінцевим результатом оцінки технічного стану БК може бути висновок про можливість (неможливість) подальшої експлуатації будівель і споруд в штатному режимі.

Проведення спостережень за поточним станом БК, основ і фундаментів будівель і споруд виконується наступними способами:

- візуальний систематичний контроль параметрів конструкцій та їх елементів за спеціально розробленою процедурою;
- періодичні вимірювання контрольованих параметрів конструкцій та їх елементів;
- контроль параметрів оточуючого середовища в якому знаходиться контрольований об'єкт;

- контроль за просторовим положенням будівельного об'єкта з використанням автоматизованих систем діагностування.

Постійний контроль технічного стану будівель і споруд з використанням автоматизованих систем організовується на відповідальних по критеріям безпеки конструкціях. При цьому використовуються прилади і обладнання з автоматичним зберіганням, обробленням і передачею результатів вимірювань по інформаційним каналам зв'язку.

Граничні значення параметрів об'єктів будівництва оцінюються критеріями стану елементів будівель і споруд, що визначають при яких умовах настає неможливість виконання їми своїх функцій по технічним причинам, до яких можна віднести небезпеку руйнування окремих елементів, втрату загальної стійкості тощо.

Оцінювання параметрів технічного стану за їх граничними критеріями використовуються для прийняття рішень:

- по забезпеченню безпеки людей;
- про переведення об'єкта в режим аварійної експлуатації, виконанню протиаварійних заходів по мінімізації можливих наслідків;
- по підсиленню несучих конструкцій об'єкта.

Основними видами робіт (етапів) геодезичного моніторингу однієї будівлі нескладної форми є:

- рекогносцировка об'єкта;
- аналіз результатів спостережень попередніх років;
- складання програми спостережень;
- встановлення деформаційних марок та плівкових відбивачів;
- технічний огляд знаків нівелювання (деформаційних марок) та плівкових відбивачів;
- спостереження за осіданнями основи – нівелюванням II класу;
- обробка результатів спостережень за осіданням основи будівлі;
- спостереження за відхиленнями від вертикальності (кренами) кутів будівлі шляхом побудови лінійно-кутової мережі та лінійно-кутових засічок;

- обробка результатів спостережень за відхиленнями від вертикальності (кренами) кутів будівлі;
- аналіз отриманих даних;
- складання проміжних та заключного звітів з науково-дослідної роботи.

Далі подамо більш детальну характеристику кожного з етапів виконання геодезичного моніторингу.

1. *Рекогносцировка об'єкта* виконується перед складанням кошторисної документації для визначення даних, що необхідні для складання кошторису та договірної документації. За результатами складається попередня схема нівелірних ходів, визначаються місця встановлення деформаційних марок та вихідних пунктів (реперів). Виконується один раз на весь період спостережень.

2. *Аналіз результатів спостережень попередніх років* виконується з метою визначення величин і характеру розвитку деформацій будинку в часі, що діяли на будівлю в попередніх роках. Аналізу підлягають: технічні звіти, плани, профілі, проекти на реконструкцію тощо. Виконується один раз на весь період спостережень.

3. *Складання програми спостережень* виконується для визначення та обґрунтування видів та обсягів спостережень. Визначається методика виконання спостережень, вибираються та розробляються конструкції деформаційних марок та інших знаків. Розраховується необхідна кількість робітників та визначається їх кваліфікація. Розраховується необхідна кількість транспорту, обладнання, приладів та іншого устаткування. Складається попередній графік виконання спостережень. Виконується підготовка необхідної документації для укладання договору з замовником. Програма погоджується з замовником. Виконується один раз на весь період спостережень.

4. *Встановлення деформаційних марок та плівкових відбивачів.* Деформаційні марки встановлюють за допомогою висвердлення

перфоратором отвору та цементування в ньому марки. Місце встановлення марок визначається на кутах будівлі, біля осадового шва по обидві сторони, в місцях примикання поперечних та поздовжніх стін. Марки встановлюються так, щоб виступна частина дорівнювала 5см – це достатньо для встановлення нівелірної рейки на верхню точку на висоті 30-50см від рівня земної поверхні та приблизно на однаковому рівні, відстань між марками 2-4 м.

Плівкові відбивачі мають розмір 15мм х 15мм або 25мм х 25мм та клейову зворотну частину. Встановлюються плівкові відбивачі так, щоб сторона відбивача була суміщена з кутом будівлі. Виконується один раз на початку спостережень та у разі знищення або руйнації деформаційних марок та плівкових відбивачів.

5. *Технічний огляд знаків нівелювання (деформаційних марок) та плівкових відбивачів* виконується для виявлення пошкоджень знаків із метою усунення пошкоджень. При виявленні пошкоджень деформаційних марок виконується ремонт шляхом повторного бетонування марки розчином. У разі неможливості ремонту на місце пошкодженої марки встановлюється нова шляхом висвердлювання отвору в основі будівлі та бетонування в отворі нової марки подібної конструкції. Плівкові відбивачі оглядаються на наявність та можливість відбиваючої поверхні. У разі втрати плівкового відбивача або зафарбовування фарбою на його місце встановлюється новий плівковий відбивач. Виконується перед кожним циклом спостережень – 2 рази на місяць.

6. *Спостереження за осіданнями основи – нівелюванням III класу.* Складання схеми нівелірного ходу. Повірка приладу, компарування рейки. Виконання нівелювання у відповідності з вимогами нормативних документів. Закріплення місць встановлення приладу тимчасовими знаками (дюбелями). Нівелювання виконується від вихідних пунктів геодезичної мережі Ведення польового журналу. Виконується 2 рази на місяць.

7. *Обробка результатів спостережень за осіданням основи будівлі.*

Перевірка та обробка польових результатів спостережень, складання відомості позначок деформаційних марок із визначенням осідання, складання схем, графіків. Виконання розрахунків відповідно до нормативних документів. Виконується 2 рази на місяць.

8. *Спостереження за відхиленнями від вертикальності (кренами) кутів будівлі шляхом побудови лінійно-кутової мережі та лінійно-кутових засічок.* Вибір найвигіднішої схеми лінійно-кутової мережі (полігонометричного ходу). Повірка приладу (тахеометра). Вимірювання кутів та ліній у полігонометричному ході відповідно до вимог нормативних документів та інструкції на тахеометр. Закріплення місць встановлення приладу тимчасовими знаками (дюбелями). Запис результатів вимірів у блок накопичення тахеометра. Виконується 2 рази на квартал.

9. *Обробка результатів спостережень за відхиленнями від вертикальності (кренами) кутів будівлі.* Обробка результатів спостережень виконується за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. За результатами обробки визначаються координати та позначки плівкових відбивачів. Результати вносяться в відомість координат із визначеними деформаціями. Складаються схеми та графіки, виконуються необхідні розрахунки. Виконується 2 рази на квартал.

10. *Аналіз отриманих даних.* Аналіз отриманих значень осідання та відхилень від вертикалі та характеру розвитку деформацій будівлі у часі. Порівняння отриманих даних з гранично-допустимими значеннями у відповідності з нормативними документами. Виявлення ступеня небезпеки деформацій для нормальної експлуатації будівлі. Виконується один раз на квартал під час формування звітів.

11. *Складання проміжних та заключного звітів з науково-дослідної роботи.* Складання текстової частини звіту з науково-дослідної роботи відповідно до вимог нормативних документів. Опис методики виконання інженерно-геодезичних спостережень. Складання табличних та графічних додатків. Редагування звіту. Оформлення та випуск звіту. Виконується один

раз на квартал.

3.2. Закладання осадочних деформаційних марок

Геодезичні знаки для спостережень розрізняють по призначенню. Це опорні, допоміжні і деформаційні знаки. Знаки також діляться на планові і висотні.

Опорні знаки є вихідною основою, відносно якої визначаються переміщення деформаційних знаків. Допоміжні знаки є сполучними і використовуються для передачі координат від опорного знаку до деформаційного.

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

- репер – геодезичний знак, який закріплює пункт нівелірної мережі (висотне положення цього знака є практично незмінним під час спостережень за деформаціями споруд);
- марка – жорстко закріплений на конструкції будівлі знак, який змінює своє висотне та планове положення внаслідок деформацій споруди;
- опорний знак – практично нерухомий в горизонтальній площині знак, відносно якого визначаються зсуви та крени споруд.

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

Пункти опорної деформаційної геодезичної мережі розміщують в місцях довготривалого зберігання, які не знаходяться в зоні деформації з урахуванням зручості доступу, вимірювань та мінімізації витрат часу.

Деформаційні знаки для визначення горизонтальних зсувів цивільних і промислових будинків розміщаються по периметру, але не більше, ніж через 15 – 20 м по кутах і по обох сторони осадочних швів. На греблях гідровузлів знаки встановлюють у галереях і по верху греблі не менше двох марок на секцію. На підпірних стінках розміщують не менш двох марок на

кожні 30 м.

Висотні репери на цивільних і промислових будинках розташовують по кутах, по периметру через 10-15м, по обом сторонам деформаційних швів, на колонах, у місцях примикання поздовжніх і поперечних стін. На підпірних стінках репери розташовують через 15 - 20м.

На димарях, доменних печах, різних вежах і т.п. встановлюють кілька ярусів деформаційних знаків.

Місце розташування деформаційних марок в період будівництва та експлуатації, повинно бути запроектоване в залежності від методів вимірювання з урахуванням інженерно- геологічних умов основи, конструктивних особливостей будівлі та з урахуванням зручності вимірювань.

При розробці даної кваліфікаційної роботи для проведення геодезичного моніторингу за просадками фундаментів силосів зернових зерносховищ на території с. Визирка було закладено 140 деформаційних марок, по 10 марок на кожний силос. При проведення геодезичного моніторингу було використано 72 осадочні марки.

Схема розташування деформаційних марок для визначення кренів висотних споруд наведено на рис. 3. 3.

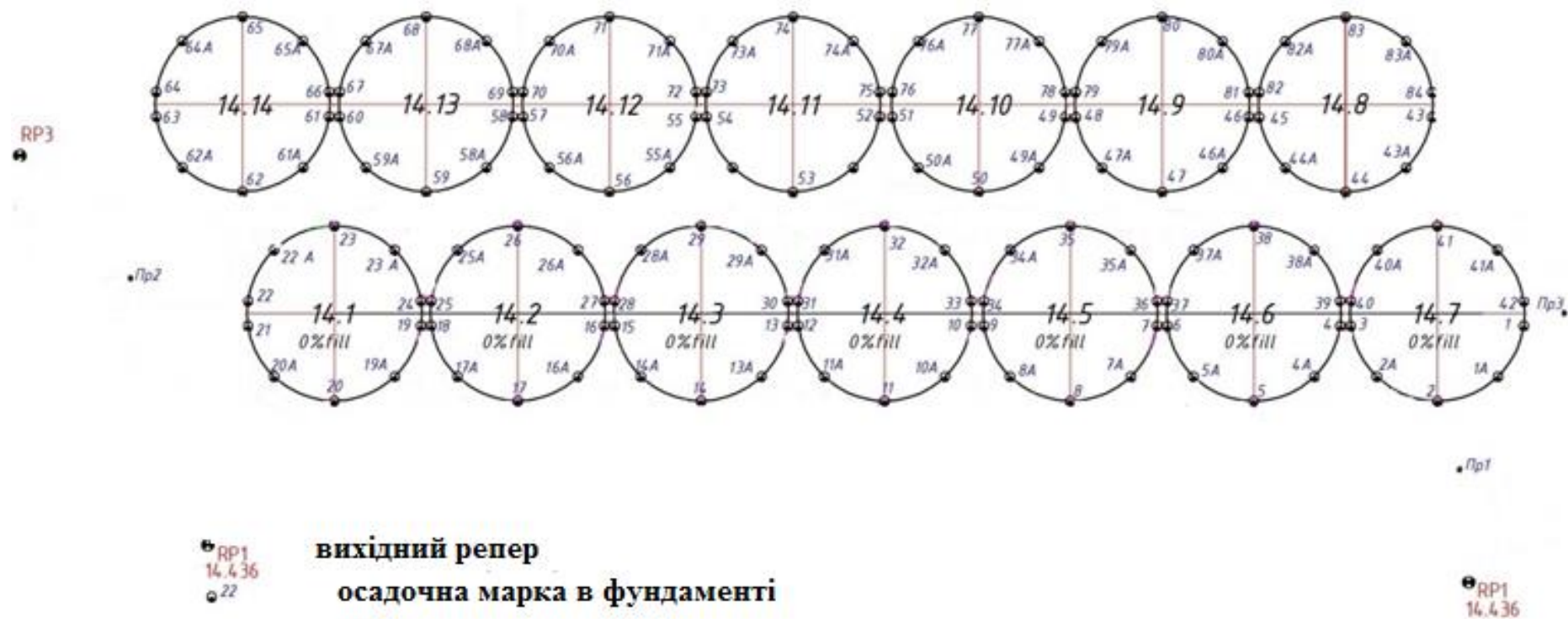


Рис.3.3. Схема розташування деформаційних марок для проведення геодезичного моніторингу за просадками фундаментів силосів зернових зерносховищ на території с. Визирка

3.3. Технологія спостережень за деформаціями споруди при геодезичному моніторингу

Інженерно-геодезичні мережі служать геодезичною основою для забезпечення всіх видів геодезичних робіт при будівництві.

Для визначення висот точок місцевості необхідно виконати комплекс геодезичних вимірювань. В процесі нівелювання визначають перевищення одних точок земної поверхні над іншими, а потім за відомими висотами вихідних точок і відомими перевищеннями між точками визначають висотне положення інших точок над прийнятою рівневою поверхнею.

Висотна нівелірна основа розвивається нівелюванням *I, II, III і IV* класів. Основні технічні характеристики та допуски для геометричного нівелювання приймають відповідно до табл. 3. 1.

Таблиця 3.1. Технічні характеристики геометричного нівелювання

Умови геометричного нівелювання		Основні технічні характеристики та допуски для геометричного нівелювання класів			
		I	II	III	IV
Застосовувані нівеліри		високоточні		точні	
Застосовувані рейки		однобічні штрихові з інварною смугою та двома шкалами		двобічні шашкові	
Кількість станцій незамкнутого ходу, не більше ніж		2	3	5	8
Візирний промінь	Довжина, м не більше ніж	25	40	50	100
	Висота над перешкодою, м не менше ніж	1, 0	0,8	0,5	0,3
Нерівність плечей (відстань від нівеліру до рейок), м. на станції не більше ніж		0, 2	0,4	1,0	3,0
Накопичення нерівностей плечей, м, у замкнутому ході, не більше ніж		1,0	2,0	5,0	10,0
Допустима нев'язка, мм, у замкнутому ході (n - кількість станцій)		$\pm 0, 15\sqrt{n}$	$\pm 0,5\sqrt{n}$	$\pm 1.5\sqrt{n}$	$\pm 5\sqrt{n}$

Метод проведення робіт приймають для нівелювання класів:

- I клас – подвійним горизонтом, методом суміщення, у прямому й зворотному напрямках або замкнутий хід;
- II клас – одним горизонтом, методом суміщення, замкнутий хід;
- III клас – одним горизонтом, методом наведення, замкнутий хід;
- IV клас – одним горизонтом, методом наведення.

Опорна нівелірна геодезична мережа створюється методами геометричного та супутникового нівелювання з прив'язкою не менше ніж до двох пунктів державної нівелірної геодезичної мережі, як правило, вищого класу. Однак бувають випадки, особливо при спостереженнях за деформаціями інженерних споруд, коли висотна мережа є вільною і лише для передачі висоти спирається на один репер державної мережі.

Усі роботи на будівельних ділянках виконують в єдиній системі висот, прийнятій у період вишукувань при проектуванні споруд. Для будівництва унікальних об'єктів і спостережень за осіданнями споруд необхідна висока точність, яка досягається за рахунок зменшення довжин візирних променів при нівелюванні, відстаней між реперами і вузловими пунктами.

Для створення топографічних планів, виконання розмічувальних робіт і спостереження за осіданнями інженерних споруд використовують систему знаків, абсолютні висоти яких визначають прокладенням одиночних нівелірних ходів або систем ходів і полігонів, прокладених між вихідними реперами.

Перед виконанням нівелірних робіт з плану або карти території району вишукувань складають проект нівелірної мережі, погоджуючи його із загальним проектом геодезичних і знімальних робіт та з огляду на перспективу висотного забезпечення будівельно-монтажних робіт. При проектуванні нівелірну трасу розміщують на шосейних, ґрунтових дорогах, уникаючи ділянок місцевості з великими ухилами.

Проектування висотної основи складається з таких етапів:

- розроблення схеми розміщення марок на території будівництва;
- розрахунок точності визначення висот реперів, що забезпечують необхідні допуски;
- детальне ознайомлення з територією будівництва для уточнення типів і місця розташування висотних марок.

Проект висотної мережі повинний містити: її схему; креслення знаків, що закладаються та опис наявних; пояснювальну записку з розрахунком необхідної точності.

Спостереження за осіданням інженерних споруд і будівель, просіданням земної поверхні виконують способами геометричного і тригонометричного нівелюванням, мікронівелювання, стереофотограмметричним способом. В нашому випадку використовувався спосіб геометричного нівелювання.

Спосіб геометричного нівелювання найпоширеніший і не потребує багато часу, а результати спостережень можна одержати безпосередньо на місці, тому саме він і буде використаний в даній кваліфікаційній роботі.

Точність визначення деформацій способом геометричного нівелювання залежно від методики вимірювань знаходиться в межах 0,05–0,5 мм на відстані від 5–10 м до декількох сотень метрів. Для спостережень за осіданнями гідротехнічних бетонних споруд застосовують нівелювання I і II класів, а для відповідальних промислових і цивільних споруд – III і IV класів. Залежно від вимог точності відстань від нівеліра до рейки може дорівнювати 3, 6, 10, 15 і 25 м. Для нівелювання використовують високоточні нівеліри типу Н05, Н1, Н2, сучасні високоточні електронні нівеліри, інварні штрихові та кодові геодезичні рейки різної довжини.

Нівелювання виконуються замкнутими нівелірними ходами при двох горизонтах приладу, проте допускається прокладання розімкнутих ходів. Нівелірні ходи обов'язково прив'язують не менш ніж до двох фундаментальних реперів. Довжина візирного променя допускається до 25 м, візирний промінь має проходити на висоті не менше 0,3–0,5 м від

поверхні землі або конструкції споруди. Вимірювання виконують у найбільш сприятливих умовах, що забезпечує їх високу точність.

В нашому випадку спостереження за просадками фундаментів силосів зернових зернохосовищ на території с. Визирка Одеського району буде виконано нівелюванням III класу.

Нівелювання III класу виконується нівелірами, що мають збільшення труби не менш $30^{\times}$, ціну поділки контактного рівня не більше $30''$ на 2 мм, нівелірами з компенсаторами, лазерними нівелірами. Перед виконанням робіт прилади підлягають юстуванню.

Нівелювання III класу виконують за допомогою шашкових і штрихових інварних рейок. Випадкові похибки дециметрових і метрових інтервалів рейок не повинні перевищувати ± 0.5 мм. На чорних сторонах рейок нулі співпадають з п'ятками. На червоних сторонах з п'ятками співпадають відліки більше 40 дециметрів, що розрізняються на 1 дециметр (наприклад, на одній рейці відлік 4687 мм, на другій – 4786 мм).

Нівелювання III класу виконують в прямому і зворотному напрямках ділянками в 20 – 30 км. Перехід від нівелювання в прямому напрямку до нівелювання в зворотному напрямку виконують тільки на постійних знаках. Нормальна довжина променя візування – 75 м. При відсутності коливань зображень рейок і збільшенні зорової труби не менше $35^{\times}$ довжину візирного променя дозволяється збільшувати до 100 м.

Різниця відстаней на станції допускається не більше 2м, а їх накопичення по секції – не більше 5м. Висота променя візування над підстильною поверхнею повинна бути не меншою ніж 0.3 м.

Нівелювання III класу виконують при доброму баченні, чітких і спокійних зображеннях рейок. У сонячні дні не слід виконувати нівелювання в часи, близькі до сходу та заходу сонця. При нівелюванні на станції прилад захищають від сонячних променів за допомогою парасольки. Рейки встановлюють по рівню на кистилі.

На ділянках з рихлим ґрунтом рейки встановлюють на міцно забиті

дерев'яні кілки діаметром 10 см і довжиною не менше 40 см. У верхній торець кілка забивають гвіздок з закругленою головкою.

Технологія нівелювання III класу (послідовність спостереження на станції) приведена на рис. 3.4.

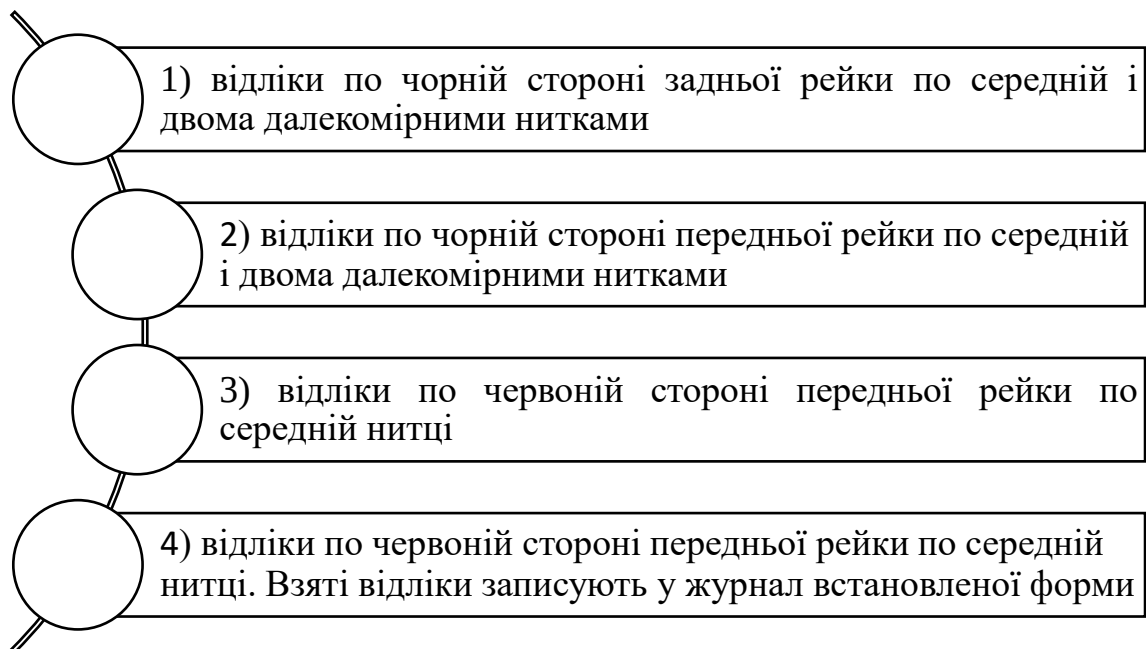


Рис. 3.4. Послідовність спостереження на станції геометричного нівелювання III класу

В даній кваліфікаційній роботі вихідним висотним пунктом для виконання спостережень деформацій фундаментів силосів зернових зерносховищ на території с. Визирка прийнято глибинний репер **РП1** з абсолютною відміткою 14.436м, який розташований в 47 метрах на південь від силоса зернового 14.7.

Було проведено 2 цикли вимірювань. Перший етап проводився коли всі силоси були пусті. Для цього проектом передбачено створення геодезичної основи на 1-му етапі спостережень у вигляді замкнутого нівелірного ходу III класу з кількістю станцій 13 (рис. 3.5), технічні характеристики якого приведені в таблиці 3.2.

В результаті проектних рішень був запроектований замкнутий нівелірний хід. Загальна довжина ходу склала 650 метрів.

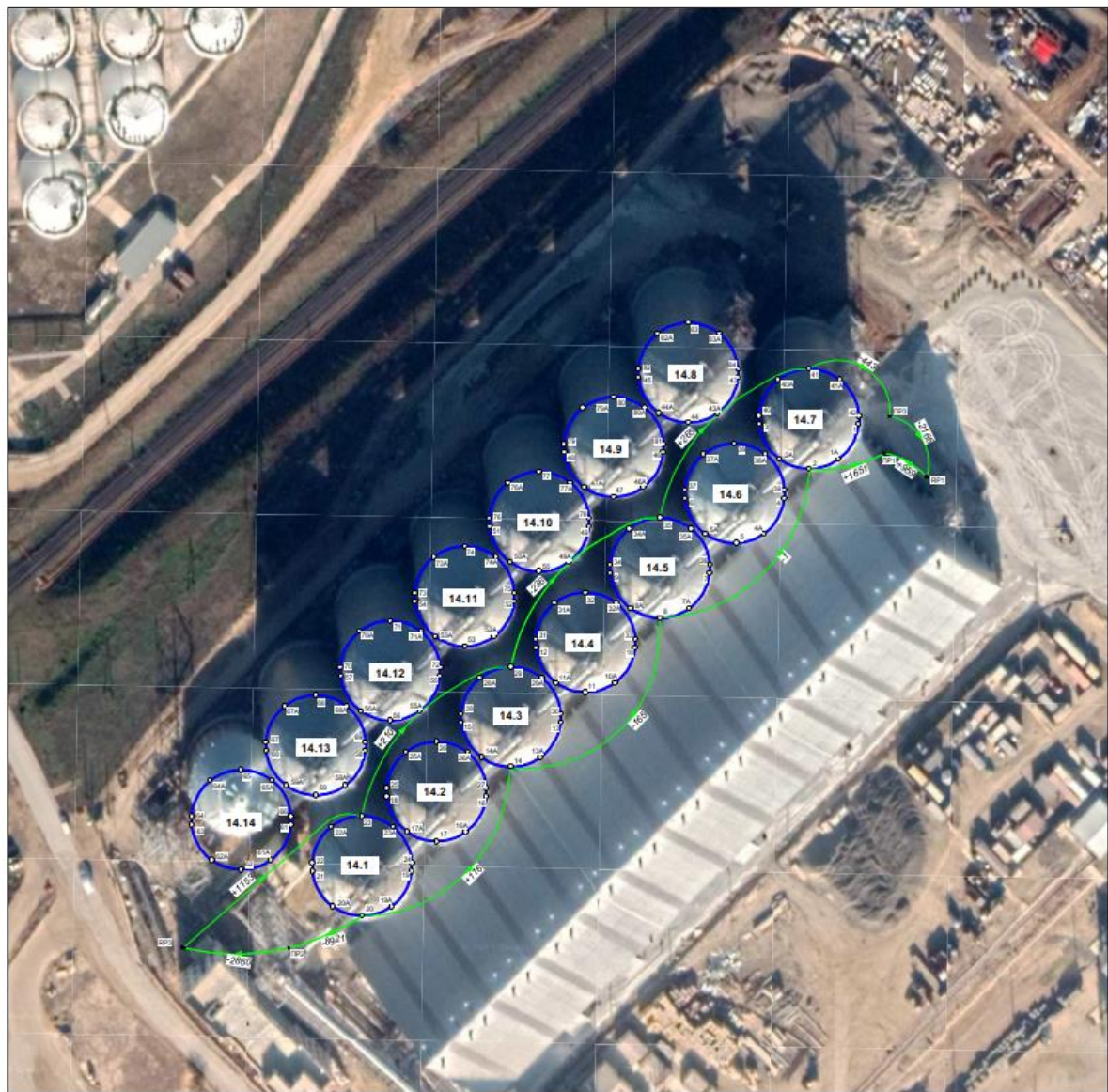
Таблиця 3.2. Технічні характеристики нівелірного ходу №1 III класу

Показники	По інструкції	По проекту
Максимальна нев'язка ходу, мм	5	4.8
Середня квадратична похибка на 1 км ходу, мм	2	1,5
Загальна довжина ходу, м		650

При проведенні другого циклу вимірювань силоси зернові 14.1 – 14.5 були наповнені на 30%, а силоси 14.6 та 14.7 залишались пустими. При другому етапі спостережень запроектовано замкнутий нівелірний хід III класу (рис. 3.6) з кількістю станцій 18, технічні характеристики якого приведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3. Технічні характеристики нівелірного ходу № 2 III класу

Показники	По інструкції	По проекту
Максимальна нев'язка ходу, мм	5	2. 9
Середня квадратична похибка на 1 км ходу, мм	2	1,5
Загальна довжина ходу, м		650



Відомості про пункти ДГМ в районі робіт

Назва пункту	Координати, м		Висота, м
	X	Y	
Глибинний репер РП1	5161702,02	4185511,84	14,436
Глибинний репер РП3	5161560,62	4185288,41	15,867

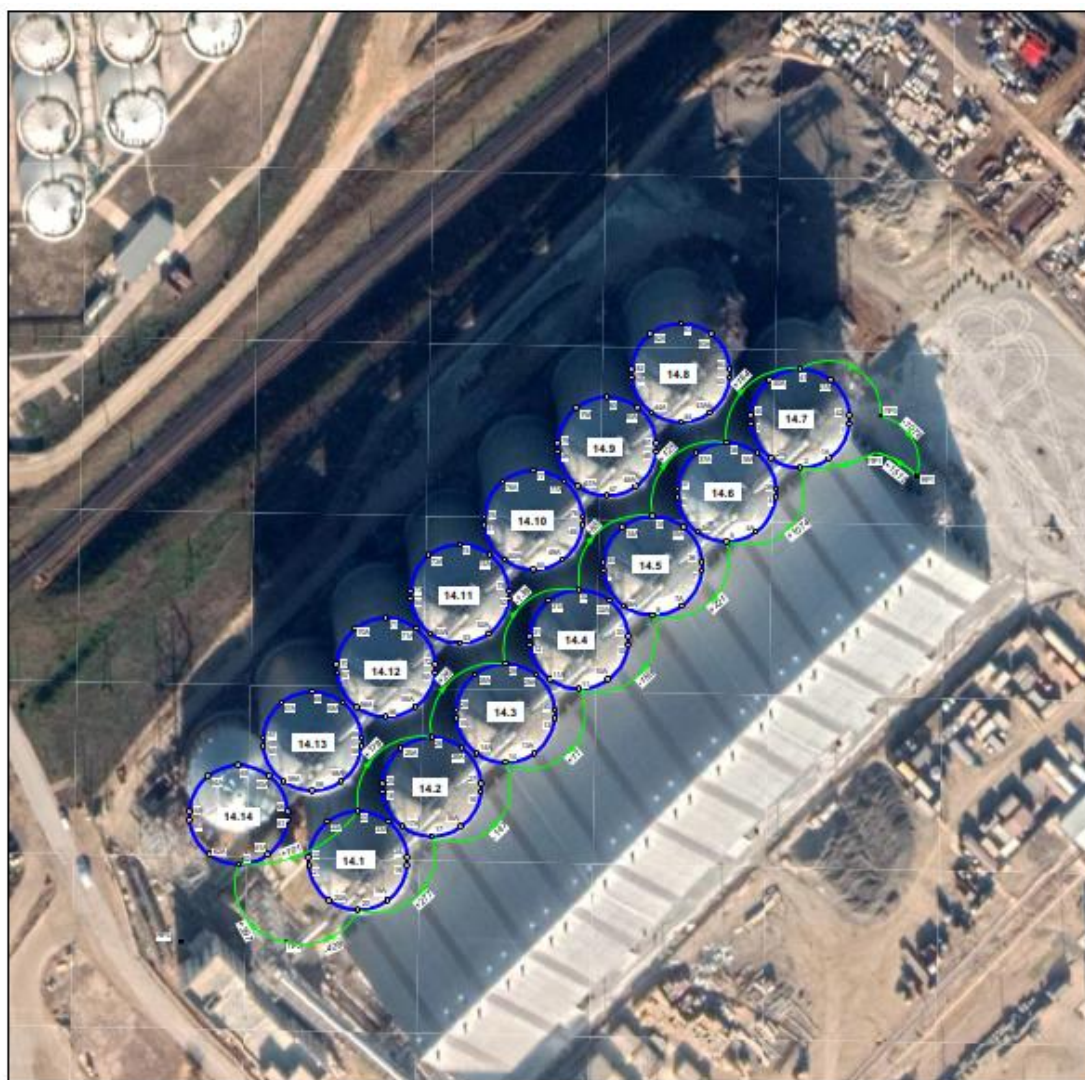
Технічні характеристики нівелірного ходу 1 класу з застосуванням цифрового електронного нівеліру.

Показники	По інструкції	По проекту
Максимальна нев'язка ходу, мм	5	4,8
Середня квадратична похибка на 1 км ходу, мм	2	1,5

Умовні позначення:

- RP1 14.436 • - вихідний репер
- 22 o - осадова марка в фундаменті
- o - лінія нівелювання основного ходу

Рис. 3.5. Схема 1-го циклу спостережень деформацій фундаментів силосів зернових зерносховищ на території с. Визирка



Відомості про пункти ДМ в районі робіт

Назва пункту	Координати, м		Висота, м
	X	Y	
Глибинний репер РП11	5161702,02	4183513,84	14,416
Глибинний репер РП13	5161560,62	4183288,41	15,867

Технічні характеристики нівелірного ходу 1 класу з застосуванням цифрового електронного нівеліру.

Показники	По інструкції	По проекту
Максимальна довжина ходу, мм	5	2,9
Середня квадратична похибка на 1 км ходу, мм	2	1,5

Умовні позначення:

- РП11 - вихідний репер
- 14 - осадова марка в фундаменті
- лінія нівелювання основного ходу

Рис. 3.6. Схема 2-го циклу спостережень деформацій фундаментів силосів зернових зерносковищ на території с. Визирка

3.4. Прилади для виконання польових робіт

В даній кваліфікаційній роботі польові вимірювання передбачено

виконувати за допомогою цифрового електронного нівеліра *Leica Sprinter 250M* , який добре підходить для вирішення найбільш високоточних завдань.

Цифровий нівелір Leica Sprinter 250M використовується для моніторингу, для різних робіт, що потребують тільки високоточного нівелювання, при будівництві котлованів, басейнів, відстійників, для стеження за точністю і правильністю установки опалубки для фундаменту або інших цілей, самого фундаменту або будь-яких інших опорних конструкцій, при висипці- відсипанні, при зведенні складних інженерних конструкцій і споруд, при звірці висот з необхідними значеннями, при зведенні ухилів, при заливці підлог і т.п.

Висока точність в 0.7мм і програма моніторингу, дозволяють цифровому нівеліру Leica Sprinter 250M здійснювати спостереження за різними осіданнями і змінами в спорудах і механізмах при будівництві. Також варто відзначити і те, що цифровий нівелір Leica Sprinter 250M забезпечений пам'яттю на 1000 вимірювань, USB портом для зручної передачі даних в комп'ютері, вбудоване ПО дозволяє з легкості вирішувати прикладні завдання різної складності.



Рис. 3.7. Цифровий електронний нівелір LEICA SPRINTER 250M

**Таблиця 3.4. Технічні характеристики цифрового електронного нівеліра
LEICA SPRINTER 250M**

<i>Зорова труба</i>	
Зображення	Пряме
Збільшення	24х
Мінімальна відстань фокусування	0.5 м
Поле зору	2 °
<i>Компенсатор</i>	
Компенсатор (тип)	магнітний демпфер
Точність	0.9 "
<i>Вбудований комп'ютер</i>	
Пам'ять	до 2000 крапок
Інтерфейс	RS232 (Sprinter 100M / 200M) USB (Sprinter 150M / 250M)
Програми вимірювань	вимірювання відстаней і перевищень, визначення різниці висот, функція моніторингу, виконання нівелірних ходу, визначення насипу / виїмки, зберігання і передача даних
<i>Загальна інформація</i>	
Точність	1.0 мм / 0.7 мм (з фібергласова рейкою)
Діапазон роботи	± 10 '
Дисплей	LSD, 128x104 пікселів
Одиночне вимірювання з відстанню до цілі 30 м	електронне зчитування - 0.6 мм, оптичне - 1.2 мм
Інтерфейси	RS232
Клавіатура	5 клавіш управління, 1 кнопка включення
Харчування (акумулятор)	4 елементи типу АА
Візуальні вимірювання	2.5 мм
Робоча температура	від -20 ° С до +50 °С
Стандарт захисту	IP55
Маса	2.4 кг

Перед початком польових робіт нівеліри з компенсатором досліджують та перевіряють за наступними кроками:

- Визначення коефіцієнта віддалеміра.

- Перевірка сферичного рівня.
- Перевірка відсутності коливання верхньої частини нівеліра під час її обертання навколо вертикальної осі.
- Перевірка правильності встановлення сітки ниток.
- Перевірка правильності встановлення компенсатором візирної лінії.
- Визначення середньої квадратичної похибки встановлення компенсатором візирної лінії та похибки недокомпенсації.

Під час польових робіт у нівелірів перевіряють:

- сферичний рівень (кожний день перед початком спостережень);
- кут і (перші сім днів роботи – кожний день, а впевнившись в стабільності – один раз на 15 днів).

Перевірки та дослідження нівелірних рейок перед початком польових робіт виконують за такою програмою:

1. Дослідження похибок дециметрових поділок (тільки для нових рейок).
2. Визначення середньої довжини одного метра пари рейок (через 10–15 днів під час роботи в гірських умовах та через місяць – у рівнинних).
3. Визначення різниці висот нулів рейок.
4. Визначення збігання площин п'ятки рейки з віссю нульової поділки рейки (на чорних сторонах рейок).

Перевірки 3 та 4 виконують раз в рік перед початком польових робіт.

5. Перевірка встановлення сферичного рівня на рейках (кожний день).

Для дослідження рейок застосовують контрольну лінійку. Контрольна лінійка, довжиною 1 м, має допоміжну міліметрову шкалу та головну шкалу з найменшою поділкою 0,2 мм.

3. 5. Камеральна обробка даних геодезичного моніторингу інженерних споруд

Оцінку стану будівлі проводять за величинами деформацій, які спостерігались в часі для точок, фіксованих в характерних місцях споруди. Таким чином, вид і процес деформації можуть бути описані вимірюванням просторового положення точок за вибраний інтервал часу відносно прийнятого початкового положення і початку відліку часу.

Деформації визначають для оцінки стійкості споруди, перевірки правильності проектних розрахунків, виявлення причин і закономірностей деформацій, їх прогнозування і прийняття заходів, які забезпечують нормальне функціонування споруди.

Для вивчення деформацій у характерних місцях земної поверхні або споруди фіксують точки і встановлюють зміну їх просторового положення за обраний проміжок часу. При цьому визначені положення і час беруть за початкові.

Для розрахунку *абсолютних (повних) осідань* S фіксованих на споруді точок (марок) періодично обчислюють їх висоти H відносно вихідного репера, розташованого осторонь від споруди і заданого як нерухомий. Щоб встановити осідання марки на даний момент часу H_i відносно початку спостережень H_0 (тобто визначити абсолютні осідання), необхідно обчислити різницю відміток, отриманих на ці моменти, тобто:

$$S = H_i - H_0 \quad (3.1)$$

Аналогічно знаходять осідання за час між попереднім (H_i) і наступним (H_{i+1}) періодами (циклами) спостережень:

$$S = H_i - H_{i+1} \quad (3.2)$$

Середнє осідання всієї споруди чи окремих її частин визначають як середнє арифметичне із суми осідань усіх її марок, тобто:

$$S_{сер} = \frac{\sum S}{n} \quad (3.3)$$

де S – осідання окремих марок; n – кількість марок.

Крім середнього осідання визначають найбільше S_{max} і найменше S_{min} осідання марок споруд.

Нерівномірність осідання може бути визначена за різницею осідань ΔS довільних двох точок 1 і 2:

$$\Delta S = S_2 - S_1 \quad (3.4)$$

Обробка результатів геодезичного моніторингу абсолютних просідань фундаментів силосів зернових зерносховищ на території с. Визирка містить перевірку польових журналів, зрівнювальні обчислення за методом найменших квадратів, обчислення величини осідання, оцінку точності проведених польових робіт, складання відомостей по кожному циклу вимірювань, графічне оформлення матеріалів.

В кваліфікаційній роботі обробка результатів нівелювання виконана в програмному комплексі обробки нівелювання CREDO НІБЕЛІР 1.0.

У програмі здійснюється аналіз та інтерпретація результатів повторюваних геодезичних вимірювань при спостереженнях за деформаційно-осадовими процесами. Програмний комплекс може застосовуватися для моніторингу стану будівель і споруд, для спостереження за деформаційно-осадовими процесами, контролю небезпечних ділянок і для інших завдань.

Програмний комплекс вирішує такі основні завдання:

- Аналіз стійкості пунктів планової і висотної геодезичної мережі - контрольних пунктів.
- Аналіз результатів циклів спостережень за зміщенням деформаційно-осадових марок.
- Аналіз результатів циклічних вимірів довільних фізичних величин, виконаних спільно з геодезичними спостереженнями деформацій і осад.

- Розрахунок абсолютних значень вертикальних осад і планових деформацій.

- Розрахунок швидкості вертикальних осад і планових деформацій.
- Розрахунок крену фундаменту і нахилу стін споруди.
- Розрахунок кривизни деформационной поверхні.
- Розрахунок середньої опади, нерівномірності опади, коефіцієнтів апроксимуючої площини.

- Розрахунок підкранових колій.
- Розрахунок деформації баштових споруд.

Результати обробки нівелювання за допомогою програмного комплексу відображається у вигляді:

- Креслення графіків по окремих марках і по лініях профілю.
- Графік розвитку осадок у часі з обчисленням коефіцієнтів рівняння обраної лінії тренда і зазначенням прогнозу руху марок на зазначений час. Відображення області СКП лінії тренда. Висновок в подпрофільних таблицях значень додаткових характеристик з таблиці спостереження.

- Графік розвитку деформацій у часі.
- Графік швидкостей осад.
- Графік двох змінних величин, що змінюються в часі.
- Графік абсолютних осад по лінії профілю.
- Профіль підкранової колії.
- Деформація баштового споруди.
- Креслення деформационной поверхні, створеної за результатами абсолютних зміщень по висоті, швидкості зсувів, максимальної кривизни деформационной поверхні в опорних точках.

- Експорт креслень в формат DXF, PDF, SVG.
- Схеми спостережень і розташування марок в форматі ToroXML.
- Протокол аналізу стійкості контрольних пунктів.
- Відомості з можливістю настройки призначеного для користувача

шаблону.

- Зведені каталоги всіх розраховуються в програмі деформаційних характеристик з висновком даних в формат HTML з максимальною розрахунковою в програмі точністю.

В даній кваліфікаційній роботі за результатами зрівняння 2-х циклів вимірювань були отримані величини осідання марок фундаментів та побудовані поверхні осідання кожного силосу.

Результати обрахунку наведені в нижче в таблицях відомостей осадок марок силосу зерносклади.

Аналізуючи топографічні поверхні осідання фундаментів ми бачимо, що осадковий процес має майже рівномірний характер. Середня осадка при наповненні 30% складала 5-6 мм.

ВИСНОВОК

Геодезичний моніторинг інженерних споруд є одним з найважливіших етапів експлуатації об'єктів. Необхідність його проведення підтверджується численними прикладами виникнення аварійних ситуацій на промислових спорудах. Проведення геодезичного моніторингу в будівництві набуває навички необхідних для ефективного прогнозу розвитку критичних величин деформацій будівель та споруд, встановлення причин їх виникнення, розробка і прийняття заходів з метою усунення несприятливих процесів в будівництві. Актуальність даного питання і послужила вибором теми кваліфікаційної роботи «Дослідження робіт при виконанні геодезичного моніторингу будівель та споруд на прикладі об'єкту, який розташований за адресою: вул. Морська, 1 с. Визирка Визирської сільської громади Одеського району Одеської області».

В процесі виконання кваліфікаційної роботи було виконано наступне:

1. Проаналізовано нормативно-правову базу з виконання геодезичного моніторингу деформацій будівель та споруд, на основі чого встановлено, за національними стандартами України геодезичному моніторингу, як правило, підлягають основи, фундаменти, конструкції будівель (споруд) або їх частин об'єкта нового будівництва, інженерні мережі, підземні споруди та об'єкти інфраструктури, що його оточують. Методи і вимоги до точності геодезичних вимірювань деформацій основ будівель на сьогоднішній день приймають згідно з вимогами ДБН В.1.3– 2:2010. Геодезичні роботи в будівництві. Точність, періодичність та детальність встановлюють ПВГР (Проекти виконання геодезичних робіт), на основі даних вимог підбираються прилади та методика, що відповідатиме точності, інформативності та ряду інших факторів та умов (доступ до об'єкту, погодні, техногенні, геологічні умови) які можуть впливати на процес моніторингу.

2. Розроблення сучасної методики та технології геодезичного

моніторингу з використанням сучасного геодезичного обладнання вже на стадії будівництва ускладнюється відсутністю відповідної нормативної документації, яка б регламентувала методику та точність спостережень. З появою нового геодезичного устаткування та розвитком нових технологій постає актуальна проблема розроблення більш коректної та адекватної методики визначення просторових переміщень інженерних споруд.

2. Здійснено порівняння геодезичних методів моніторингу будівель та споруд. Дослідивши методи моніторингу вертикальних зміщень можна зробити наступні висновки:

- ні один з цих методів не є універсальним і має як переваги так і недоліки, тому для моніторингу вертикальних зміщень промислових об'єктів доцільно використовувати поєднання різноманітних геодезичних методів спостережень;

- найбільш ефективним методом геодезичного моніторингу деформацій будівель та споруд є геометричне нівелювання та ГНСС- метод;

- встановлено, що основним недоліком усіх методів геодезичного моніторингу деформаційних процесів є дискретність та точковість одержуваної інформації, що в свою чергу знижує оперативність контролю за деформаційними процесами та обмежує можливість їх подальшого прогнозування.

3. Досліджено основні вимоги організації та проведення геодезичного моніторингу промислових об'єктів, детально охарактеризовано кожен з етапів виконання геодезичних спостережень за деформаціями будівель і споруд.

4. Проведений аналіз фізико-географічної характеристики району робіт – території с. Визирка Одеського району Одеської області, де знаходиться об'єкт дослідження – термінал силосів зернових зерносховищ: клімат, геологічну будову, інженерно-геологічні умови, рельєф та ґрунти, гідрогеологічні та гідрологічні умови. Теж розглянуті соціально-економічні характеристики об'єкту дослідження та топографо-геодезичне

забезпеченість району робіт.

5. Проведено геодезичний моніторинг методом геометричного нівелювання за просадками фундаментів силосів зернових зерносховищ на території с. Визирка Одеського району Одеської області. Було проведено 2 цикли вимірювань. Перший етап проводився коли всі силоси були пусті. При проведенні другого циклу вимірювань силоси зернові.1 – 15 були наповнені на 30%, а силоси 6 та 7 залишались пустими. За результатами зрівняння 2-х циклів вимірювань були отримані величини осідання марок фундаментів та побудовані поверхні осідання кожного силосу. Аналізуючи топографічні поверхні осідання фундаментів встановлено, що осадочний процес має майже рівномірний характер. Середня осадка при наповненні 30% склала 5- 6 мм.

Таким чином у роботі було виконано та розкрито зміст інженерно-вишукувальних робіт при виконанні геодезичного моніторингу будівель та споруд на прикладі об'єкту для попередження негативних наслідків та своєчасного надання практичних рекомендацій щодо усунення причин деформацій та недопущення критичних ситуацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бегічев С.В., Бауск О.А., Носова А.С. Цифрове моделювання результатів геомоніторингу за станом будівель та споруд. *Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. Серія: Безпека життєдіяльності. Дніпро: ПГАСА, 2010. Вип. 52. С. 90-99.*
2. Бегічев С.В., РНосова А.М., Головка С.Н. Геодезичне забезпечення крупних будівельних комплексів. *Збірник матеріалів XV Міжнародного ювілейного науково-технічного симпозіуму «Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS і GIS-технології».* Львів, 2010. С. 10-13.
3. Бурак К.О. Використання методу електронного мікронівелювання при оцінці експлуатаційної надійності технологічного обладнання реакторних відділень АЕС. *Вісник геодезії і картографії.* 2002. №1(24). С.17–20.
4. Буряк К.О., Ковтун В.М., Дорош Л.І. Інженерна геодезія. Вип. 65. 2018. 10 с.
5. Вилка С.Г. Інженерна геодезія : навч. посіб. К.: Аграрна освіта, 2014. 371 с.
6. Войтенко С.П. Геодезичні роботи в будівництві : навчальний посібник. К.: ІСДО, 1993. 144 с.
7. Войтенко С., Шульц Р., Білоус М. Визначення кренів інженерних споруд методом наземного лазерного сканування. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва.* № I (17). Л. 2009. С. 144–150.
8. ДСТУ-Н Б В.Х.Х-XXX:201Х (Проект, перша редакція). Науково-технічний моніторинг об'єктів будівництва. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2018. 62 с.
9. ДБН А. 2.1-1-2014. Інженерні вишукування. [Чинний від 2015-06-30].
10. ДБН В.1.3-2:2010. Система забезпечення точності геометричних

- параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. [Чинний від 2010-09-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2010. 70 с.
11. ДБН В.1.1-46:2017 Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. [Чинний від 2017-04-25]. ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК)
 12. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру: <http://www.land.gov.ua>.
 13. ДСТУ 2393-94. Геодезія. Терміни та визначення [Чинний від 1995-01-01]. К. : Держстандарт України, 1994.
 14. ДСТУ Б В.2.1-30:2014 «Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд». [Чинний від 2015-07- 01]. К.: Мінрегіон України, 2014.
 15. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану».[Чинний від 01.04.2017]. К.: ДП “ УкрНДНЦ”, 2017. 43 с.
 16. Інженерна геодезія. Основи інженерної геодезії: підручник / Войтенко С.П., Шульц Р.В., Самойленко О.М., Адаменко О.В., Александровський І.Р., Малащук О.С., Юрковський Р.Г., Мовчан Т.В., Булишева Д.В. // за ред. Войтенка С.П. Одеса: Прес-кур'єр, 2021. 632 с.
 17. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98): Наказ Кабінету Міністрів України від 23.06.1998 р. № 393/2833. Київ. Головне управління геодезії, картографії та кадастру України, 1999. 156 с.
 18. Калинич І.В., Ничвид М.Р., Калинич І.І. Навчальний посібник. Нівелювання. Лабораторний практикум. Ужгород, 2020. 80 с.
 19. Киричек Ю.А., Бегічев С.В., Носова А.С. Техногенний фактор в розвитку деформацій міських будівель і споруд. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2010. Вип. I (19).С. 159-165.
 20. Левчук Г.П., Новаков В.Е., Лебедев Н.Н. Прикладна геодезія. Геодезичні

роботи при вишукуваннях і будівництві інженерних споруд. М.: Недра, 1983. 265 с.

21. Літинський В.О., Перій С.С., Сухоруков В.О. Особливості застосування двостороннього тригонометричного нівелювання. *Вісник геодезії та картографії*, 2013. № 1. С 10–13.
22. Малащук О.С., Варфоломеєва О.А. Дослідження зсувних процесів у прибережній зоні в районі 9-го мікрорайону м. Чорноморськ. *Інноваційні технології у плануванні територій*. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, 06-08 жовтня 2021р., Одеса: Одеська академія будівництва та архітектури, 2021. С. 81-85.
23. Малащук О.С. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Геодезичний моніторинг будівництва та реконструкції будівель та споруд» студентам спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» Одеса: ОДАУ, 2022. 36 с.
24. Носова Г. Геодезичний моніторинг – основа безпеки будівельних та інженерних об'єктів. *Зб. матеріалів III Міжнародної конференції молодих вчених «Геодезія, архітектура та будівництво GAC-2010*. Львів, 2010. С. 130-131.
25. Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування: ДБН В.2.1- 10-2009. Офіц. вид. К. : ДП НДІБК : Мінрегіонбуд України, 2009.— 86 с. (Нормативний документ Мінрегіонбуд України).
26. Про архітектурну діяльність: Закон України від 20.05.1999 р. № 687-IV. Дата зміни 31.03.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1704-17 Text>.
27. Про будівельні норми: Закон України від 17.02.2011 р. № 3038-VI. Дата зміни 12.05.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1704-17 Text>.
28. Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України від 05.06.2014р. №1314-VII. Дата оновлення: 01.01.2022. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18> Text.

29. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність: Закон України від 23.12.1998р. №353-XIV. Дата оновлення: 08.06.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14> Text.
30. Романишин І., Маліцький А., Лозинський В. Класифікація та основні характеристики наземних 3D-сканерів. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2012. Вип. II (24). С. 69–74.
31. Смолій К. Аналіз сучасних геодезичних та геотехнічних методів моніторингу за деформаціями інженерних споруд. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2015. С. 87–89.
32. СОУ-Н МЕВ 40.1-00013741-79:2012. Настанова з проведення спостережень за осіданням фундаментів, деформаціями конструкцій будівель і споруд та режимом підземних вод на майданчиках теплових та атомних електростанцій. Київ: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. 2013. 79 с.
33. Третьак К.Р. Теоретичне обґрунтування методики обробки висотних кінематичних мереж. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. Львів: Ліга-Прес. 2002. С. 100–110.
34. Черняга П. Г. Вибір методів побудови мереж для геодезичного моніторингу на геодинамічних полігонах атомних електричних станцій. *Інженерна геодезія*. К.: КНУБА, 1998. № 40. С. 220–223.