

ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ТА МАТЕМАТИЧНА ОБРОБКА ДАНИХ ДЕФОРМАЦІЙ
БУДИНКІВ І СПОРУДGEODESIC MONITORING AND MATHEMATICAL PROCESSING OF DATA OF
DEFORMATIONS BUILDINGS AND STRUCTURES

Довгополюк Людмила Олексіївна, Національний транспортний університет, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail katze@ukr.net, тел. +38097225-18-07,

<https://orcid.org/0000-0002-3401-8466>



Омельчук Сібілла Костянтинівна, Національний транспортний університет, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail sib-a@ukr.net, тел. +38097440-38-27,

<https://orcid.org/0000-0003-2191-1551>



Соловійов Ігор Леонідович, Національний транспортний університет, доцент кафедри вищої математики, e-mail i.soloviov@ntu.edu.ua, тел. +38099169-35-45,

<https://orcid.org/0000-0001-5203-4139>



Соловійова Наталія Петрівна, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail solovjovan@ukr.net, тел. +38067347-43-77

<https://orcid.org/0000-0002-5581-4373>

Анотація. В статті досліджено основні причини виникнення деформацій. Спостереження за деформаціями споруд являють собою комплекс вимірювальних й описових заходів із виявлення величин деформацій і причин їхнього виникнення. Для складних і відповідальних споруд спостереження починають одночасно із проектуванням. На площадці майбутнього будівництва вивчають вплив природних факторів й у цей же період створюють систему опорних знаків для того, щоб заздалегідь визначити ступінь їхньої стійкості. Спостереження безпосередньо за спорудою починають із моменту початку її зведення й продовжують протягом усього будівельного періоду. Для більшості великих споруд спостереження проводяться й у період їхньої експлуатації. 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.

Термін життя будівельного об'єкту залежить не тільки від якості будівельних матеріалів та якості виконання будівельних робіт, але і від якості експлуатації, вчасного та точного урахування загроз пошкодження будівель та прогнозування розвитку їх технічного стану, що неможливо без вимірювальних операцій з отримання даних для його безпечного функціонування. На етапі експлуатації споруди піддаються численним природним, техногенним діям, що мають враховуватись в проекті при виборі матеріалів, розробці конструкцій та вузлів, тощо. Проте на практиці характеристики будівельних матеріалів і конструкцій можуть не відповідати вимогам проектної документації, в результаті сумарна дія багатьох чинників призведе до прискореного зношення будівлі.

За особливими ознаками деформації поділено на види: ті що змінюють своє положення по вертикалі та планові переміщення, все це разом просторові переміщення. Розглянуто методи дослідження деформацій, які вибираються відповідно до виду деформації.

Ключові слова: геодезичний моніторинг, деформації, вертикальні деформації, горизонтальні деформації.

Вступ

Сучасний розвиток будівельної галузі вимагає точної, детальної, достовірної та своєчасної інформації про технічний стан і геометричні параметри будівельних конструкцій інженерних споруд. Будівельна галузь розвивається в різних складних інженерно-геологічних умовах, будівельні роботи проводять у щільній міській забудові, на глибині залягання ґрунтових вод та на руслах підземних річок, поруч з заляганням діючих інженерних комунікацій та шляхів сполучення, на складних геологічних структурах ґрунту та ін.. Всі вище перелічені фактори є джерелом статистичних та динамічних навантажень на основи, фундаменти та конструкції інженерних споруд.

Мета і методи. Оскільки особливого значення набуває проблема контролю технічного стану несучих конструкцій з метою попередження виникнення аварійних ситуацій і обґрунтованість вибору комплексу інженерних заходів щодо їх недопущення. При цьому очевидно, що контроль технічного стану несучих конструкцій будівель і споруд повинен носити систематичний характер і дозволяти здійснювати оцінку змін, що відбуваються, на основі кількісних критеріїв, тобто базуватися на процедурах виявлення відповідності фактичній міцності, жорсткості і стійкості конструктивних елементів нормативним вимогам.

Мета публікації полягає у визначенні деформацій за допомогою геодезично-математичного моніторингу, створенні обґрунтованої методики об'єктивної оцінки технічного стану несучих конструкцій будівельних об'єктів, яка дозволила б з високою достовірністю прогнозувати появу і розвиток аварійних ситуацій.

Об'єктом дослідження є будинки та споруди в м. Києві. В роботі використано наступні методи: аналізу та узагальнення літературних джерел, тригонометричного та геометричного нівелювання.

Результати і пояснення. Розширення будівництва виробництва і проведення в мегаполісах та постійним зростанням складності об'єктів, які будуються, і умов, в яких здійснюється їх будівництво, неминуче породжує нові завдання, пов'язані із забезпеченням безпеки життєдіяльності в умовах мегаполісу, що визначається, по-перше, надійністю самих споруд що будуються, і, по-друге, впливом будівництва, що проводиться, на вже існуючу інфраструктуру.

Сучасні тенденції в будівництві, а саме – збільшення поверховості будівель, ущільнення міської забудови, обмеженість будівельних майданчиків, освоєння підземного простору, насичення інженерними комунікаціями, незмінно приводять до виникнення і подальшого збільшення негативної техногенної дії будівництва, що проводиться, на вже побудовані об'єкти, розташовані в прилеглих зонах. Як показує досвід, однією з основних проблем експлуатації будівель і споруд в великих містах є можливість їх пошкодження в результаті нерівномірних деформацій ґрунтової основи, викликаних різними природно-техногенними причинами.

У зв'язку з цим, особливого значення набуває проблема контролю технічного стану несучих конструкцій з метою попередження виникнення аварійних ситуацій і обґрунтованість вибору комплексу інженерних заходів щодо їх недопущення. При цьому очевидно, що контроль технічного стану несучих конструкцій будівель і споруд повинен носити систематичний характер і дозволяти здійснювати оцінку змін, що відбуваються, на основі кількісних критеріїв, тобто базуватися на

процедурах виявлення відповідності фактичної міцності, жорсткості і стійкості конструктивних елементів нормативним вимогам.

Внаслідок конструктивних особливостей, природних умов і діяльності людини споруди в цілому і їхні окремі елементи піддаються різному 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 щодо якого-небудь початкового стану.

Під постійним тиском від маси споруди ґрунти в основі фундаменту поступово ущільнюються (стискаються) і відбувається зсув у вертикальній площині або осідання споруди. Крім тиску від власної маси, осідання споруди може бути викликане й іншими причинами: зсувними явищами, зміною рівня ґрунтових вод, роботою важких механізмів, рухом транспорту, сейсмічними явищами й т.п.

У тому випадку, коли ґрунти під фундаментом споруди стискаються неоднаково або навантаження на ґрунт різне, осідання має нерівномірний характер. Це призводить до інших видів деформацій споруд: горизонтальним зсувам, зрушенням, перекосу, прогинам, які зовні можуть проявлятися у вигляді тріщин і навіть розломів.

Зсув споруд у горизонтальній площині може бути викликаний бічним тиском ґрунту, води, вітру й т.п. Високі споруди баштового типу (димарі, телебашти й ін.) піддаються скручуванню й вигину, що викликано нерівномірним сонячним нагріванням або тиском вітру.

Причини виникнення деформацій за походженням поділяються на деформації природного походження і в результаті діяльності людей. Деформації – це спотворення або зміна форми і розмірів об'єкту під дією зовнішніх впливів. Якщо об'єкт дослідження зазнає якихось рухів, то відповідно основні контури змінюють своє просторове положення, а відповідно змінюються координати [10].

Для виявлення наявності деформацій споруд виконують комплекс інженерно-геодезичних робіт математичних розрахунків з метою встановлення причин, що вплинули на геометричні параметри споруди.

Деформації інженерних споруд, або будівельних конструкцій (частина інженерної споруди) бувають :

1. Відхилення від умовної горизонтальної площини (висотні переміщення):

- прогин;
- вигин;
- перекид;
- осідання;
- підйом.

2. Відхилення від умовної вертикальної площини (планові переміщення):

- крен (нахил споруди);

- випуклість площини – характерна для площинних об'єктів, де в результаті деформацій виникає «пузо»;

- опуклість площини – характерна для площинних об'єктів, де в результаті деформацій виникає «пузо» в протилежному напрямку;

- зсув;

- скручування – характерне для споруд баштового типу.

Висотні деформації визначають за допомогою нівелювання (геометричного, тригонометричного, гідростатичного, барометричного, автоматичного та GPS-нівелювання), стереофотограмметрії, наземного лазерного сканування та електронних датчиків нахилу.

Планові деформації визначають за допомогою лінійно-кутових вимірювань, GPS, лазерного сканування, стереофотограмметрії, електронних датчиків нахилу, датчиків розкриття тріщин, електронних рівнів, інклінометрів [11].

Основною метою спостережень є визначення величин деформації для оцінки стійкості споруди і прийняття своєчасних профілактичних заходів, що забезпечують його нормальну роботу. Крім того, за результатами спостережень перевіряється правильність проектних розрахунків і виявляються закономірності, що дозволяють прогнозувати процес деформації.

Спостереження за деформаціями споруд являють собою комплекс вимірювальних і описових заходів з виявлення величин їх виникнення.

Для складних і важливих споруд, спостереження починають одночасно з проектуванням. На майданчику майбутнього будівництва вивчають вплив природних факторів і в цей же період створюють систему опорних знаків з тим, щоб заздалегідь визначити ступінь їх стійкості.

Спостереження безпосередньо за спорудами починають з моменту початку його зведення і продовжують протягом всього будівельного періоду.

Для більшості великих споруд спостереження проводяться і в період їх експлуатації. Залежно від характеру споруди, природних умов і т.п. спостереження можуть бути закінчені при припиненні деформацій, а можуть тривати і весь період експлуатації.

На кожному етапі зведення та експлуатації споруди спостереження за його деформаціями проводять через певні проміжки часу. Такі спостереження, проведені за календарним планом, називають систематичними.

У разі появи чинника, що призводить до різкої зміни звичайного ходу деформації (зміна навантаження на основу, температури навколишнього середовища та самої споруди, рівень ґрунтових вод, землетрус та ін.) виконують термінові спостереження.

Паралельно з вимірюванням деформацій для виявлення причин їх виникнення організують спеціальні спостереження за зміною стану і температури ґрунтів і підземних вод, температурою тіла споруди, за зміною метеоумов і т.п. Ведеться облік зміни будівельного навантаження і навантаження від встановленого обладнання.

Від правильного вибору точності й періодичності залежать методи й засобу вимірів, витрати на їхнє виконання й достовірність одержуваних результатів.

Установити необхідну точність виміру деформацій розрахунковим шляхом досить складно, однак для багатьох практичних завдань можна користуватися формулою:

$$m_{\phi} \leq 0,2 \cdot \Delta\Phi, \quad (1)$$

де m_{ϕ} – середня квадратична помилка виміру деформації;

$\Delta\Phi$ – величина деформації за проміжок часу між циклами вимірів.

Вибір часу між циклами вимірів залежить від виду споруди, періоду його роботи, швидкості зміни деформації й інших факторів. У середньому в будівельний період систематичні спостереження виконують 1-2 рази у квартал, у період експлуатації – 1-2 рази в рік. При термінових спостереженнях їх виконують до та після появи фактора, що різко змінює звичайний хід деформації.

Геодезичний моніторинг деформацій – це визначення за допомогою геодезичних приладів та методів просторового положення об'єкта і періодичні визначення змін його положення відносно умовно горизонтальних та вертикальних площин.

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

Для висотних будинків, експериментальних та складних споруд моніторинг входить до робіт з науково-технічного супроводу і є складовою частиною загального моніторингу об'єкту будівництва [3,4].

Геодезичний моніторинг виконується геодезичними методами та приладами або автоматизованими геодезичними комплексами. Проект та програму геодезичного моніторингу розробляють згідно технічного завдання.

Геодезичний моніторинг класичними методами виконують за спеціально закладеними спостережними марками відносно вихідних знаків, марок та реперів опорної геодезичної мережі.

Найрозповсюдженіші методи геодезичного моніторингу деформацій вважають [10]:

1. Нівелювання (переважно геометричне та тригонометричне) – спостереження висотного положення або вертикальних переміщень об'єкту, вважається найточнішим.

2. Лінійно-кутові – спостереження просторового положення об'єкту, теж відносять до найточніших методів.

3. Автоматизовані геодезичні комплекси (роботизовані тахеометри, датчики нахилу, датчики розкриття тріщин, електронні рівні та ін..) – призначені для моніторингу інженерних споруд безперервно та отримання інформації про переміщення on-line. За точністю не поступаються попереднім двом методам. В праці [5] наведено переваги даного методу – інформація в трьох осях координат, оперативність, потребує мінімум персоналу.

4. Лазерне сканування (наземне, повітряне та автомобільне) – дозволяє отримати 3D-модель об'єкту спостереження. 3D-модель несе в собі всю інформацію про об'єкт, завдяки якій можливо

швидко виявити всі дефекти та деформації. Практичне застосування визначення крену будівлі, дозволяє окрім кренів, визначати геометричні характеристики споруди [6].

5. GPS-моніторинг – визначення просторового положення за допомогою супутникової навігаційної системи. GPS-моніторинг чудово підходить для визначення координат марок, що розташовані на значній відстані (коли використання лінійно-кутових вимірювань недоцільно). У роботі [11] розглянуто метод моніторингу за деформаціями хмарочосів, оснований на даних GNSS-вимірів та акселерометра.

6. Стереофотограмметрія – виконується за допомогою стереофотокамер, застосовується для об'єктів які мають складну геометричну форму та конфігурацію, в результаті чого отримують змодельовану поверхню або проекцію оболонки об'єкту на площину.

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

Організація спостережень за деформаціями фундаментів будівель виконувалась в наступній послідовності:

- вибір конструкції, місць розташування та установки вихідних геодезичних знаків висотної основи;
- здійснення висотної прив'язки вихідних геодезичних знаків;
- встановлення осадкових марок на конструкціях будівель, за якими ведуться спостереження;
- інструментальні вимірювання вертикальних переміщень осадкових марок;
- математична обробка і аналіз результатів спостережень.

Для визначення величин осадок будівель були використані металеві осадкові марки викувані із арматури профілю Ø 12-14 мм та дюбель-цвяхи довжиною 40-60 мм (рис.1). Різна довжина марок, які використовуються, повинна забезпечувати необхідну жорсткість в залежності від необхідного вильоту марки з площини стіни. Виліт марки повинен забезпечувати встановлення рейки строго у вертикальному положенні за показниками інтегрованого рідинного рівня [12].

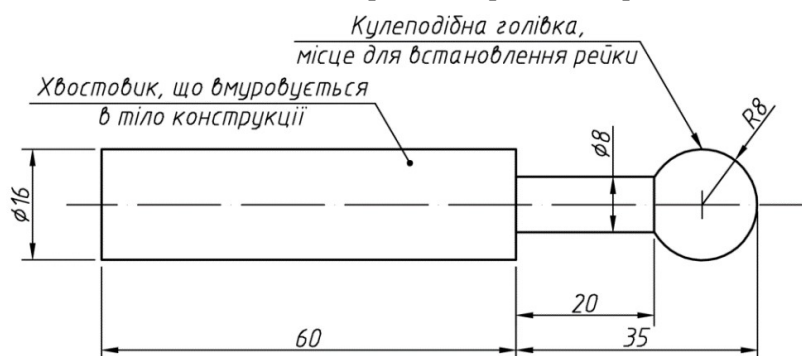


Рисунок 1 – Конструкція осадкової марки з кулеподібною голівкою

Figure 1 – Construction of a sedimentary mark with a spherical head

Вимірювання вертикальних переміщень фундаментів будівель здійснювалось методом геометричного нівелювання II класу точності у відповідності до вимог чинних нормативних документів [4, 5, 6, 7, 8].

Похибка визначення перевищення на одній станції не перевищувала в середньому 0,1-0,3 мм, нев'язка ходів не перевищувала величини, вирахованої за формулою:

$$f\Delta H = \pm 0.5 \times \sqrt{n} \quad (2)$$

За результатами спостережень за осіданнями фундаментів будівель складаються відомості відносних відміток та величин вертикальних переміщень осадкових марок, встановлених на будівлях та будується графік розвитку в часі вертикальних переміщень осадкових марок встановлених на будинку.

Для вимірювання величин горизонтальних переміщень точок ростверку підпирних стінок прийнято метод прямої багаторазової лінійно-кутової засічки. Цей метод забезпечує отримання величин горизонтальних переміщень з похибкою, що не перевищує ± 2 мм.

За результатами математичної обробки геодезичних вимірів складаються каталоги координат та графіки розвитку деформацій (див. рис. 2,3).

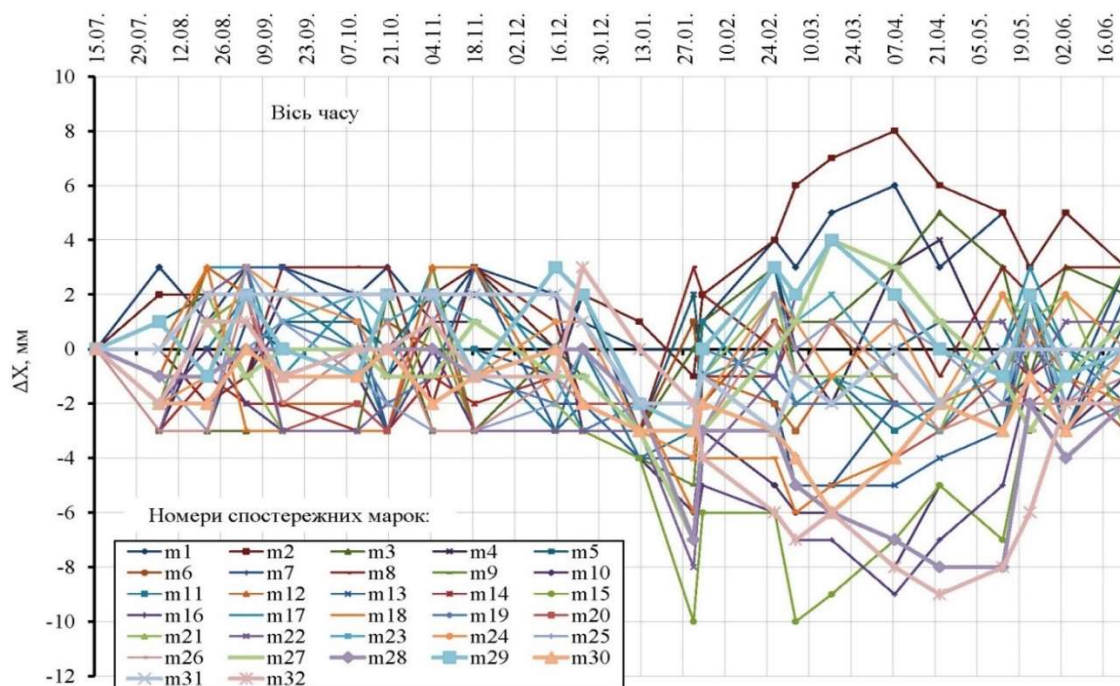


Рисунок 2 – Графік розвитку деформацій горизонтальних переміщень вздовж осі X (роки спостереження 2020-2021)

Figure 2 – Graph of deformations of horizontal displacements along the X axis (years of observation 2020-2021)

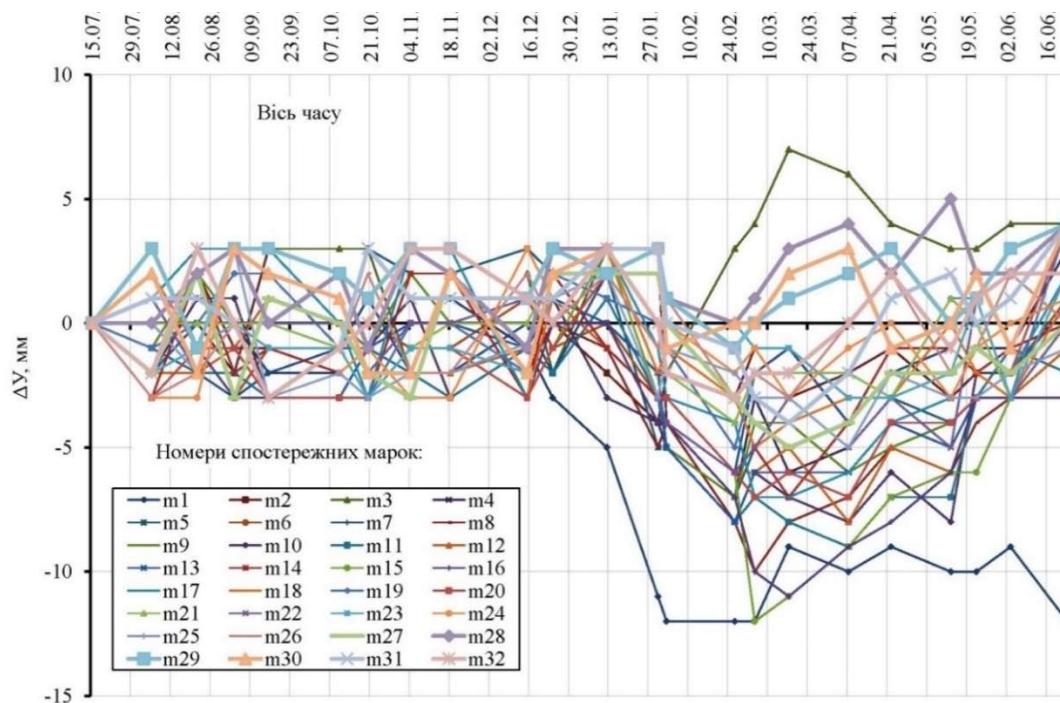


Рисунок 3 – Графік розвитку горизонтальних переміщень вздовж осі Y (роки спостереження 2020-2021)

Figure 3 – Graph of the development of horizontal displacements along the Y axis (years of observation 2020-2021)

Висновки та рекомендації

В публікації представлені основні причини виникнення та види деформацій, що можна поділити на дві групи: ті що змінюють своє положення по вертикалі та планові переміщення, все це разом просторові переміщення. Їх поділяють на такі групи оскільки для досягнення точності під кожен вид деформацій, що може відбутися підбирають спеціальні методи вимірювання та прилади.

Паралельно з вимірюванням деформацій для виявлення причин їх виникнення організують спеціальні спостереження за зміною стану і температури ґрунтів і підземних вод, температурою тіла споруди, за зміною метеоумов і т.п. Ведеться облік зміни будівельної навантаження і навантаження від встановленого обладнання.

Від правильного вибору точності розрахунків й періодичності спостереження залежать методи й засоби вимірів, витрати на їхнє виробництво й достовірність одержуваних результатів. Виходячи з цього, визначено метод геодезичного моніторингу для найбільш точного визначення деформацій для конкретної інженерної споруди та послідовність спостереження.

За результатами спостережень виявлено причини виникнення деформацій за походженням.

До деформацій що змінюють своє положення по вертикалі віднесено: прогин, вигин, перекид, осідання, підйом.

До деформацій що можуть переміщуватися в плані віднесено: крен (нахил споруди внаслідок нерівномірних осідань), випуклість площини, опуклість площини, зсув, кручування.

Перелік посилань

1. ДСТУ Б В.2.1-30:2014 Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд – К. : Мінрегіон України, 2015. – 20-27 с.
2. ДБН В.1.1-45:2017 Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах – К. : Мінрегіон України, 2017. – 20-23 с.
3. ДБН В.1.1-46:2017 Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів – К. : Мінрегіон України, 2017. – 41-42 с.
4. ДБН В.2.1 – 10: 2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення, К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. – 7-8 с.
5. ДБН В.1.3 – 2: 2010. Геодезичні роботи в будівництві – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 29-33 с.
6. ДБН А.2.1 – 1 2008. Інженерні вишукування для будівництва – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 3-7 с.
7. ДСТУ – Н Б В.1.2 – 17:2016 Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд, К. : ДП «УкрНДНЦ», 2017.
8. Звіт про науково-технічну роботу: Моніторинг деформацій будинків №№ 7, 9, 11/12 на пров. Мар'яненка, №№ 9, 11 на вул. Мечникова та новобудови на вул. Мечникова, 11а в Печерському районі м. Києва / Ю.Мелашенко, О. Бень // ДП НДІБК. Київ 2015. 3-10.
9. Звіт про науково-технічну роботу: Науково-технічний супровід на об'єкті «Будівництво офісно-житлового центру за адресою: вул. Мечникова, 11а у Печерському районі м. Києва: Продовження моніторингу деформацій будинків №№ 7, 9, 11/12 на пров. Мар'яненка, №№ 9, 11 на вул. Мечникова та новобудови на вул. Мечникова, 11а в Печерському районі м. Києва / Ю.Мелашенко, М. Яковенко // ДП НДІБК. Київ 2020. 11-19.
10. Яковенко М. Огляд видів геодезичного моніторингу будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах / М. Яковенко, О. Нестеренко // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: зб. наук. праць. Київ : КНУБА, 2020. Вип. 55
11. Яковенко М. Аналіз методів геодезичного моніторингу деформацій інженерних споруд та зсувних процесів ґрунтових масивів / М. Яковенко, О. Нестеренко // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: зб. наук. праць. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 56.
12. К. Смолій. Аналіз сучасних геодезичних та геотехнічних методів моніторингу за деформаціями інженерних споруд / К. Смолій. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2015. – С. 87-89.

13. Ісаєв О. П. Геодезичний моніторинг - з досвіду виконання геодезичних робіт кафедри інженерної геодезії КНУБА / Ісаєв О.П., Адаменко О.В., Шульц Р.В. та ін.]. // Містобудування та територіальне планування. – 2013. – №47. – С. 265-277.
14. Баран П.І. Геодезичні спостереження за деформаціями об'єкта «Укриття» на Чорнобильській АЕС / Баран П.І., Сушко В.Г., Холоднюк О.В., Чорнокін В.Я. // Вісник геодезії та картографії. – 1999. – №1. – С. 18-23.
15. Бондаренко И. Н. Современные методы мониторинга за техническим состоянием зданий и сооружений в процессе их эксплуатации / Бондаренко И. Н., Мартинов А. В., Мокасеев А.В // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://masters.donntu.org/2014/igg/kondratenko/library/7.htm>.
16. Грабовий В.М. Геодезія. Навчальний посібник / Грабовий В.М. // Житомир: ЖДТУ, 2004.

FOREST AREAS REMOTE MONITORING WITHIN THE LIMITS OF TRANSPORT OBJECTS IMPACT

Dovhopoliuk Liudmyla O., National Transport University, associate Professor of Roads Design, Geodesy and Land Management, e-mail: _katze_@ukr.net, tel. + 38097225-18-07, <https://orcid.org/0000-0002-3401-8466>.

Omelchuk Sibilla K., National Transport University, associate Professor of Road Design, Geodesy and Land Management, e-mail: sib-a@ukr.net, tel. + 38097440-38-27, <https://orcid.org/0000-0003-2191-1551>.

Soloviov Ihor L., Ph.D., associate Professor, National Transport University, assistant professor of the Department of Higher Mathematics, e-mail: i.soloviov@ntu.edu.ua, tel. 0442847109, Kyiv, Boychuk str., 42, K. 510, <https://orcid.org/0000-0001-5203-4139>.

Soloviova Nataliia P., National Transport University, Senior Lecturer of the Department of Road Design, Geodesy and Land Management, e-mail: solovjovan@ukr.net, tel. + 38067347-43-77, <https://orcid.org/0000-0002-5581-4373>.

Abstract. The main causes of deformations are investigated in the article. Observations of deformations of structures are a set of measuring and descriptive measures to identify the magnitude of deformations and the causes of their occurrence. For complex and responsible structures, observations begin simultaneously with the design. At the site of future construction, the influence of natural factors is studied and in the same period a system of reference signs is created in order to determine in advance the degree of their stability. Observations directly on the structure begin from the beginning of its construction and continue throughout the construction period. For most large structures, observations are made during their operation. A measuring network is used for observations, which consists of the following geodetic signs: benchmark - a geodetic sign that fixes a point of the leveling network (the height position of this sign is practically unchanged during observations of deformations of structures); mark - a rigidly fixed on the structure of the building sign, which changes its height and planned position due to deformation of the structure; reference sign - a practically motionless sign in the horizontal plane, relative to which the displacements and rolls of structures are determined. All geodetic signs installed on the building and around it create a survey and support network, which are interconnected by geodetic measurements.

The service life of a construction site depends not only on the quality of construction materials and the quality of construction work, but also on the quality of operation, timely and accurate consideration of damage to buildings and forecasting their technical condition, which is impossible without measuring operations to obtain data for its safe functioning. At the stage of operation, the structures are subjected to numerous natural, man-made actions that must be taken into account in the project when choosing materials, developing structures and components, etc. However, in practice, the characteristics of building materials and structures may not meet the requirements of the design documentation, as a result, the combined effect of many factors will lead to accelerated wear of the building.

According to the special features of deformation are divided into types: those that change their vertical position and planned displacements, all together spatial displacements. Methods of research of deformations which are chosen according to a kind of deformation are considered.

Key words: geodetic monitoring, deformations, vertical deformations, horizontal deformations.

References

1. DSTU B B.2.1-30: 2014 Soils. Methods for measuring deformations of the foundations of buildings and structures – K. : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2015. – 20-27 p. [in Ukrainian].
2. DBN B.1.1-45: 2017 Buildings and structures in complex engineering and geological conditions – K. : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2017. – 20-23 p. [in Ukrainian].
3. DBN B.1.1-46: 2017 Engineering protection of territories, buildings and structures from landslides and collapses – K. : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2017. – 41-42 p. [in Ukrainian].
4. DBN B.2.1-10: 2018 Foundations and foundations of buildings and structures. Main provisions, Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine, 2019. – 7-8 p. [in Ukrainian].
5. DBN B.1.3-2: 2010. Geodetic works in construction – K. : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2010. – 29-33 p. [in Ukrainian].
6. DBN A.2.1-1 2008. Engineering surveys for construction – K. : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2008. – 3-7 p. [in Ukrainian].
7. DSTU – N B B.1.2- 17: 2016 Guidelines for scientific and technical monitoring of buildings and structures, K. : SE "UkrNDNC", 2017. [in Ukrainian].
8. Report on scientific and technical work: Monitoring of deformations of buildings №№ 7, 9, 11/12 on the lane. Maryanenko, 9, 11 on the street. Mechnikov and new buildings on the street. Mechnikova, 11a in the Pechersk district of Kyiv / Yu. Melashenko, O. Ben // DP NDIBK. Kyiv 2015. C-10. [in Ukrainian].
9. Report on scientific and technical work: Scientific and technical support at the Object "Construction of office and residential center at the address: st. Mechnikova, 11a in the Pechersk district of Kyiv: Continuation of monitoring of deformations of buildings №№ 7, 9, 11/12 on Lane Maryanenko, 9, 11 on the street. Mechnikov and new buildings on the street. Mechnikova, 11a in the Pechersk district of Kyiv / Yu. Melashenko, M. Yakovenko // DP NDIBK. Kyiv 2020. P-19. [in Ukrainian].
10. Yakovenko M. Review of types of geodetic monitoring of buildings and structures in complex engineering and geological conditions / M. Yakovenko, O. Nesterenko // Modern problems of architecture and urban planning: collection. Science. work. Kyiv: KNUBA, 2020. Issue. 55. [in Ukrainian].
11. Yakovenko M. Analysis of methods of geodetic monitoring of deformations of engineering structures and landslides of soil massifs / M. Yakovenko, O. Nesterenko // Modern problems of architecture and urban planning: collection. Science. work. Kyiv: KNUBA, 2020. Issue. 56. [in Ukrainian].
12. K. Smoliy. Analysis of modern geodetic and geotechnical methods of monitoring deformations of engineering structures / K. Smoliy. // Modern achievements of geodetic science and production. – 2015. – P. 87–89. [in Ukrainian].
13. Isaev OP Geodetic monitoring – from the experience of geodetic works of the Department of Engineering Geodesy KNUBA / Isaev OP, Adamenko OV, Schultz RV etc.]. // Urban planning and spatial planning. – 2013. – №47. – P. 265-277. [in Ukrainian].
14. Baran P.I. Geodetic observations of deformations of the Shelter object at the Chernobyl NPP / Baran PI, Sushko VG, Kholodniuk OV, Chornokin V.Ya. // Bulletin of Geodesy and Cartography. – 1999. – №1. – P. 18-23. [in Ukrainian].
15. Bondarenko IN Modern methods of monitoring the technical condition of buildings and structures in the process of their operation / Bondarenko IN, Martinov AV, Mokaseev AV // [Electronic resource]. – Access mode: <http://masters.donntu.org/2014/igg/kondratenko/library/7.htm>. [in Russian].
16. Graboviy VM Geodesy Textbook / Grabovy VM // Zhytomyr: ZhSTU, 2004. [in Ukrainian].