
БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING

УДК 69.058

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.27>

ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЇ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ, БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ХЕРСОНЬСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Яценко В. М. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри землеустрою, геодезії та кадастру
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0001-7621-1179

Шаталова Ж. О. – старший викладач кафедри землеустрою,
геодезії та кадастру
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-1218-7143

Споруди, в цілому, або окремі їх елементи зазнають різних видів деформацій під впливом конструктивної особливості, навколишнього природного середовища та діяльності людини. Термін «деформація» означає зміну форми об'єкта, що спостерігається.

У геодезії прийнято розглядати деформацію як зміну положення об'єкта відносно деякого початкового положення. Спостереження за деформаціями будівель, споруд і земної поверхні здійснюються за допомогою високоточних і систематичних геодезичних вимірювань на спеціально створених станціях.

Комплекс робіт з геодезичного моніторингу виконується для основи ділянки, на якій розташовані об'єкти, їх фундаментів та несучих конструкцій будинків і споруд.

При геодезичному моніторингу визначаються такі характеристики деформацій:

- для основ: вертикальні деформації ґрунту; горизонтальні зміщення ґрунту;
- для фундаментів: абсолютне осідання, середнє осідання; нерівномірне осідання, відносне нерівномірне осідання;
- для наземної частини будинків і споруд: відхилення від вертикалі (крен) будівельних конструкцій або будівель в цілому; деформації колон і інших бетонних конструкцій; розкриття тріщин, динаміка їх розвитку.

У статті розглянуто порядок проведення моніторингових геодезичних спостережень з вивчення процесу виникнення та розвитку деформацій земної поверхні та в несучих конструкціях будівель і споруд Херсонського державного аграрно-економічного університету (частина головного корпусу («Морфологія»), гуртожитки №3, №6), що розташовані на ділянках з просадковими ґрунтами.

Виконання методики спостережень, яку розроблено в проекті у повному обсязі дає можливість визначити причини і негативні фактори виникнення деформацій на земній

поверхні та в несучих конструкціях будівель і споруд та розробити комплекс заходів по відновленню нормального експлуатаційного стану аварійних об'єктів Університету.

Ключові слова: геодезичний моніторинг, деформація несучих конструкцій, зсув, осідання земної поверхні, наглядова станція, просадкові ґрунти.

Yatsenko V. M., Shatalova Zh. O. Geodesic monitoring of deformation of the earth's surface, building and construction of the Kherson State Agrarian and Economic University

Buildings, as a whole, or their individual elements undergo various types of deformations due to structural features, the surrounding natural environment, and human activity. The term «deformation» refers to a change in the shape of an object as observed.

In geodesy, deformation is considered as a change in the position of an object relative to some initial position. Observations of deformations of buildings, structures, and the earth's surface are carried out through high-precision and systematic geodetic measurements at specially established stations.

A complex of geodetic monitoring works is carried out for the area where objects, their foundations, and load-bearing structures of buildings and structures are located.

During geodetic monitoring, the following characteristics of deformations are determined:

- for foundations: vertical soil deformations; horizontal soil displacements;*
- for foundations: absolute settlement, average settlement; uneven settlement, relative uneven settlement;*
- for the above-ground part of buildings and structures: deviation from vertical (tilt) of building structures or buildings as a whole; deformations of columns and other concrete structures; crack opening, dynamics of their development.*

The article discusses the procedure for conducting monitoring geodetic observations to study the process of occurrence and development of deformations of the earth's surface and load-bearing structures of buildings and structures of the Kherson State Agrarian-Economic University (part of the main building («Morphology»), dormitories No. 3, No. 6), which are located on areas with subsidence-prone soils.

The implementation of the observation methodology developed in the project in full allows determining the causes and negative factors of deformations occurring on the earth's surface and in load-bearing structures of buildings and structures and developing a complex of measures to restore the normal operational condition of emergency objects of the University.

Key words: *geodetic monitoring, deformation of load-bearing structures, landslide, settlement of the earth's surface, monitoring station, subsidence-prone soils.*

Постановка проблеми. Протягом декількох років в об'єктах Херсонського державного аграрно-економічного університету (далі – ХДАЕУ) (частина головного корпусу («Морфологія»), гуртожитки № 3, № 6 та ін.) було візуально зафіксовано прояв і розвиток деформацій в несучих конструкціях з розривами фундаментів (тріщини розкритом 3–10 мм і більше) і цегляної кладки стін (тріщини розкритом 5–8 см) [2].

Науково педагогічні працівники кафедри землеустрою, геодезії та кадастру розробили проєкт комплексної спостережної станції, врахувавши складну конфігурацію, відсутність заходів будівельного захисту та деформуючий характер несучих конструкцій будівель і споруд ХДАЕУ, а також методику проведення високоточних геодезичних вимірювань, що дозволить отримати всю інформацію про деформації будівель, за якими ведеться геодезичний моніторинг, і про зсуви земної поверхні.

В процесі роботи було заплановано проведення моніторингу за станом несучих конструкцій наступних об'єктів: частина головної будівлі («Морфологія»), будівлі гуртожитку № 3 та № 6.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Об'ємні дослідження в області проявлення деформативності будівель і споруд в залежності від їх конструктивних особливостей і умов просідання ґрунтів були проведені як вітчизняними, так і закордонними вченими, а саме: Т.Т. Чмчяном, С.П. Войтенком, О.М. Самойленком, Н.О. Міщенком, М.І. Лобова, П.І. Бараном, Ю.П. Гуляєвим,

В.С. Ситніком, J. V. Cranenbroeck, D. McL Hayes, I.R. Sparks, M.J. Henriques, W.F. Teskey, R.S. Radovanovic.

У їх роботах описані питання, що характеризують проблеми, які пов'язані з виникненням деформацій в несучих конструкціях об'єктів, а також надано рекомендації по мінімізації негативного впливу на будівлі і споруди.

Також вище згаданими вченими було розглянуто методики спостережень за зрушеннями земної поверхні та деформаціями об'єктів.

Мета моніторингу спостережень за зрушеннями земної поверхні та деформаціями об'єктів – проведення оперативного визначення шкідливого впливу негативних факторів для прийняття своєчасних та необхідних заходів щодо поновлення нормальної експлуатаційної спроможності будівель і споруд та забезпечення їх безпечної експлуатації.

Методи. Для вирішення поставлених завдань використано комплекс загальнонаукових та спеціальних, емпіричних і теоретичних методів дослідження: метод моніторингу за деформаціями хмарочосів, оснований на даних GNSS-вимірів та акселерометра, картографічний – для побудови картографічних моделей з застосуванням ГІС-технологій (програмного продукту ArcGIS) та математичної обробки вимірів і візуалізації результатів; лінійно-кутові вимірювання (визначення осідань та деформацій споруд різних типів); математичне моделювання – для встановлення щільності зв'язків між досліджуваними факторами. Дослідження деформацій споруд виконувались традиційними методами, але для досягнення надійніших результатів слід поєднувати різні методи моніторингу [2].

Виклад основного матеріалу. З метою уточнення геолого-гідрогеологічної структури та ґрунтових умов території, на якій розташовано будівлі ХДАЕУ, вивчалися матеріали інженерно-геологічних вишукувань. Дані вишукування проводила геологічна служба Херсонської філії «НДІпроектреконструкція» у вересні 2012 року на місці розташування будівель та споруд ХДАЕУ [7].

Товща земельної ділянки, на якій розташовано будівлі та споруди Херсонського державного аграрно-економічного Університету складена лесовими та лесоподібними шарами просадкових ґрунтів, схильних до перезволоження.

Просадкові лесові ґрунти це глинисті ґрунти, що мають високу пористість (до 60%). У природних умовах при малій вологості лесові ґрунти мають значну міцність і є надійною основою будівель та споруд. Але при зволоженні ґрунту до так званої критичної вологості, при товщині шару 14–16 м дають просідання під вагою будівлі до 50 см, що супроводжується додатковими нерівномірними осіданнями або опусканням даної поверхні землі [1; 2]. До просадкових відносять також пилувато-глинисті ґрунти, які при замочуванні дають значне додаткове просідання [3].

Залежно від причин виникнення розрізняють деформації основ, викликані деформацією ґрунтів від навантажень, що передаються на підвалини будівлею (осідання, просідання), а також деформаціями, котрі не пов'язані з навантаженням від будівлі (набухання, усадки тощо). Найбільш характерними дефектами та пошкодженнями для основ і фундаментів є:

- поява тріщин і деформацій від осідання у надземних частинах будівель та споруд;
- замочування основи;
- осідання, усадка, набухання ґрунтів основи, осідання земної поверхні;
- зсуви, обвали, пливуні;
- деформації фундаментів, викликані осіданням чи зсувом основи (осідання, просідання, крен, зсув, прогин, вигин, крутіння) [3].

Основною метою геодезичного моніторингу є визначення вищевказаних величин деформацій для оцінки стійкості споруди і прийняття своєчасних профілактичних заходів, для забезпечення її нормальної експлуатації.

Крім того, за результатами спостережень перевіряють правильність проєктних розрахунків і виявляють закономірності прогнозу процесу деформації.

На комплексній спостережній станції проводяться систематичні високоточні геодезичні виміри.

Геодезичний моніторинг на наглядних станціях ХДАЕУ виконується відповідно до вимог чинних нормативних документів згідно ДБН В.1.3-2 та спеціально розробленої програми, що регламентують умови, порядок і методи проведення спостережень, а також способи обробки результатів спостережень і вимоги до їх оформлення.

Проєкт та програма геодезичного моніторингу розроблені за технічним завданням. Технічне завдання складено з урахуванням призначення, конструктивних рішень будівель, споруд ХДАЕУ та інженерно-геологічної будови основи.

Методи і вимоги до точності геодезичних вимірювань деформацій основ будівель та споруд ХДАЕУ прийняті згідно з ДСТУ Б В.2.1-30:2014 [4].

Результати моніторингових геодезичних спостережень. За період з 2019 року і по теперішній час на наглядних станціях (гуртожиток № 3 і частина головного корпусу («Морфологія»)) було проведено чотири серії високоточних геодезичних спостережень за деформаціями земної поверхні і основних конструкцій будівель і споруд ХДАЕУ [5; 7].

За результатами вимірювань на наглядній станції «Гуртожиток №3» виявлено наступне:

– П'ятиповерхова будівля гуртожитку № 3 має просту форму в плані 73,05 x 13,4 м, із загальною висотою – 17.0 метрів.

– Будівельні засоби захисту від деформацій відсутні за виключенням температурного шва.

На 23.10.2021р. (4-та серія) за спостереженнями зафіксовано зони підвищеної тріщинуватості (тріщини з розкриттям 5–30 мм.) на головному та дворовому фасадах гуртожитку № 3 [2; 7]. Ці зони розташовані між реперами 5–7; 10–11; 17–18 (температурний шов) на дворовому фасаді і між реперами 35–36; 39–40; 46–47 на головному фасаді (рис. 1). Таке розташування тріщин вказує на те, що будівля розділена деформаціями розтягнення на 4 блока, що підтверджується графіками горизонтальних деформацій стінних реперів (рис. 2). Осідань земної поверхні навколо гуртожитку № 3 геодезичними спостереженнями не зафіксовано, але будівля втратила горизонтальність і її східна сторона, яка виходить на вул. Садову нижче західної по цоколю на 512 мм, а по нижньому краю вікон на 458 мм.

Аналіз геодезичних спостережень показав, що активна стадія процесу осідань земної поверхні пройшла, будівля розділилася на окремі блоки, які протистоять остаточним деформаціям відокремлено. Не горизонтальність основних конструкцій будівлі, очевидно, була отримана при активній стадії процесу просадок земної поверхні при замоканні шарів просадкових ґрунтів [2].

Осідань земної поверхні в місці розташування частини головного корпусу («Морфологія») геодезичними спостереженнями також не зафіксовано, хоча частина будівлі деформована, особливо з північної сторони, де розкриття тріщин досягає до 80 мм, що інструментально зафіксовано при проведенні спостережень [7].



Рис. 1. Фасади гуртожитку №3 з нанесеними зонами деформацій
(— температурний шов; — ділянки тріщин)

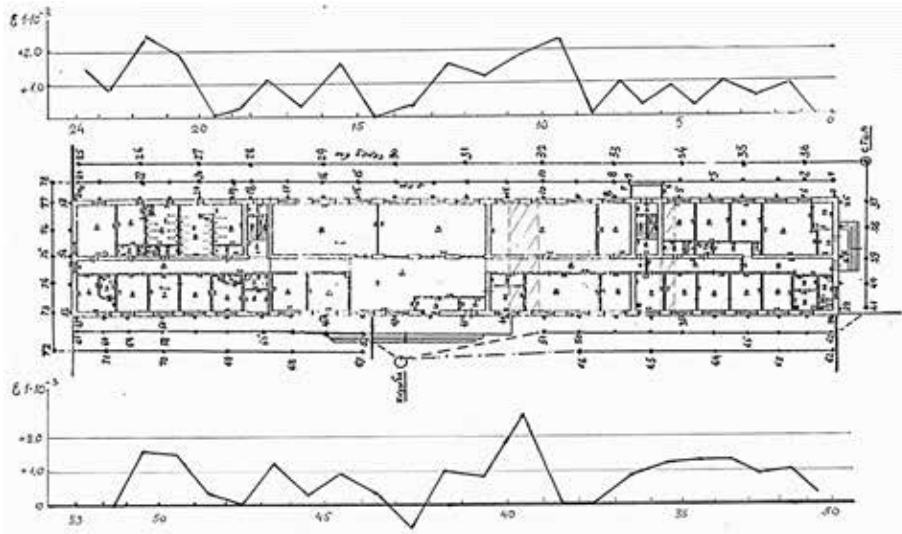


Рис. 2. План НС «Гуртожиток №3» з графіками горизонтальних деформацій стінових реперів

Примітка:

1. Червоним кольором на плані вказаний температурний шов.
2. Червоними пунктирними лініями показані зони концентрації тріщин на фасадах.
3. Графіки горизонтальних деформацій показані для різних фасадів.

Матеріали фотофіксації деформацій несучих конструкцій головного корпусу «Морфологія» наглядно показують, що будівля підверглася руйнівному впливу при зрушенні земної поверхні і потребує капітального ремонту з посиленням фундаменту та відновленням несучої спроможності основних конструкцій будівлі.

Висновки. Розроблено пропозиції по вивченню процесу посувань земної поверхні з використанням нових способів впровадження електронних геодезичних інструментів при вимірюванні висотних відміток на реперах, а також довжин між ними [8].

Виконання розробленої методики спостережень в повному обсязі дає можливість визначити причини і негативні фактори виникнення деформацій на земній поверхні, в несучих конструкціях будівель і споруд та розробити комплекс заходів по відновленню нормального експлуатаційного стану аварійних об'єктів ХДАЕУ.

Моніторинг спостережень дає можливість визначити в цілому динаміку і характер розвитку процесу зрушення земної поверхні, а також деформацій об'єктів в просторі та часі, що буде запорукою припинення подальшого руйнування будівель і споруд ХДАЕУ.

Внаслідок нерівномірності залягання просадкових ґрунтів просідання при їх замочуванні можуть мати місце як в умовах мезорельєфу, так і в рівнинній місцевості.

Для уточнення методики розрахунків зрушень і деформацій земної поверхні на просадкових ґрунтах потрібно продовжити проведення моніторингу геодезичних досліджень на існуючих наглядних станціях і закласти станцію навколо гуртожитку №6.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. Частина II. Будинки і споруди на просідаючих ґрунтах : ДБН В.1.1-5-2000. [Чинний від 2000-07-01]. К. : Держкомбуд України, 2000. 87 с.
2. Яремко Ю.І., Яценко В.М., Шаталова Ж.О. Аналіз ушкоджень об'єктів від впливу просадкових ґрунтів. Науково-виробничий журнал: «Землеустрій, кадастр і моніторинг земель». НУБіП, 2023.
3. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення, вимоги проектування». Київ, 2006.
4. ДСТУ Б В.2.1-30:2014 «ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд». Київ, 2015.
5. ДБН В.1.2-5:2007 «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів». Київ, 2007.
6. Баран П.І. Інженерна геодезія : монографія. К.: ПАТ «ВПІОЛ», 2012. 618 с.
7. Яремко Ю.І., Яценко В.М., Мартинов І.М. Розробка методики спостережень за деформаціями будівель та споруд Херсонського державного аграрного університету. Збірник наукових праць II Міжнародної науково-практичної конференції (Херсон, 13–14 червня 2019 року). Херсон : ДВНЗ «ХДАУ», 2019. С. 63–73
8. Яценко В.М., Шаталова Ж.О., Барулін Д.С. Особливості методики вимірювання довжин на профільних лініях наглядних станцій із застосуванням електронних геодезичних приладів. *Таврійський науковий вісник № 1*. Херсон : ХДАЕУ, 2023. С. 138–145.

REFERENCES:

1. State Building Normative Support of Ukraine. (2000). Buildings and structures on reclaimed territories and subsiding soils. Part II. Buildings and structures on subsiding soils: DBN V.1.1-5-2000. Kyiv : State Committee of Construction of Ukraine.
 2. Yaremko, Y.I., Yatsenko, V.M., & Shatalova, Z.O. (2023). Analysis of damages to objects from the influence of subsidence soils. Land management, cadastre, and land monitoring, Scientific-production journal, 2023.
 3. State Standard of Ukraine. (2006). DSTU B V.1.2-3:2006 «Deflections and displacements, design requirements». Kyiv.
 4. State Standard of Ukraine. (2014). DSTU B V.2.1-30:2014 «Soils. Methods of measuring deformations of building foundations and structures». Kyiv.
 5. State Building Normative Support of Ukraine. (2007). DBN V.1.2-5:2007 «Scientific and technical support of construction projects». Kyiv.
 6. Baran, P.I. (2012). Engineering geodesy [Monograph]. Kyiv : PJSC «VIPOLE».
 7. Yaremko, Y.I., Yatsenko, V.M., & Martinov, I.M. (2019). Development of methodology for monitoring deformations of buildings and structures of Kherson State Agrarian University. In I.M. Editor (Ed.), Collection of scientific papers of the II International scientific-practical conference (pp. 63–73). Kherson: State Agrarian University.
 8. Yatsenko, V.M., Shatalova, Z.O., & Barulin, D.S. (2023). Features of methodology for measuring lengths on profile lines of observation stations using electronic geodetic instruments. Tavsia scientific herald № 1, pp. 138–145.
-