УДК 69:001.89;624.131.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.37.1>**Григоровський П.Є.**

д.т.н., с.н.с., перший заступник директора

ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ

Мурасьова О.В.

ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ОБСЯГІВ ЦИКЛУ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ У СКЛАДІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИМІРЮВАЛЬНИХ РОБІТ

Анотація. Обґрунтовано методику виконання досліджень обсягів циклу інструментальних спостережень за станом прилеглих до новобудови будівель у складі організаційно-технологічних показників вимірювальних робіт.

Наявність тріщин у будівельних елементах зумовлює необхідність спостереження за ними, що передбачає поділення конструкції, що зазнає негативного впливу від новобудови, на умовно жорсткі ділянки з послабленими взаємними конструктивними зв'язками та виявляє потребу визначення кількості та місць розташування марок (контрольованих точок) для кожного елемента. Кількість та місця розташування контрольованих точок впливають на обсяги робіт циклу інструментальних спостережень для будівель, прилеглих до нового будівництва. Запропоновано принцип розміщення точок спостереження на кожній умовно жорсткій ділянці, для якої передбачається збереження площини і всі точки рухаються як єдине ціле. Визначено, що точки спостереження під час вимірювання деформацій (тріщиноутворення) має бути розміщено на перетині ліній, що проведені через точки спостереження суміжних умовно жорстких елементів будівлі відносно наявної тріщини, а під час вимірювання деформацій (просідання і крени) – безпосередньо в точках спостереження суміжних умовно жорстких елементів будівлі.

Ключові слова: методика, інструментальні спостереження, прилеглі будівлі, новобудова, деформації, розташування точок спостереження.

Постановка проблеми. Будівельні роботи в умовах ущільненої забудови спричиняють додаткові навантаження на конструкції об'єктів, що знаходяться у зоні впливу нового будівництва. Під час будівництва та експлуатації багатоповерхових будинків виникають деформації, які призводять до часткового руйнування наявних будинків, що потрапили у зону впливу об'єкта будівництва. Величина таких деформацій зумовлена характеристикою ґрунтової основи будівельного майданчика та прилеглої території, відстанню від нового об'єкта до наявних будівель, технічних характеристик об'єкта та технології його зведення.

Забезпечення придатного експлуатаційного стану будівель у зоні впливу нового будівництва шляхом використання ефективної системи своєчасного виявлення граничних деформацій та попередження утворення по-

шкоджень наявних будівель є актуальною техніко-економічною проблемою.

Метою статті є обґрунтування методики виконання досліджень обсягів циклу інструментальних спостережень за станом прилеглих до новобудови будівель у складі організаційно-технологічних показників вимірювальних робіт.

Аналіз останніх досліджень. Питанням інструментальних спостережень за технічним станом будівель, що знаходяться в зоні впливу нового будівництва, присвячено роботи вітчизняних і зарубіжних вчених в галузі технології та організації будівництва. Так, О.Ф. Осиповим [1] розроблено методику оцінки чинників впливу на параметри технологічних процесів під час влаштування фундаментів в умовах ущільненої забудови. Висвітлено процеси розвитку пошкоджень та їх вплив на зміну технічного стану розташованих поруч будівельних об'єктів.

Технічні аспекти наявних будівель висвітлено у працях І.В. Шумакова [2]. А.Д. Єсипенко [3] досліджено організаційно-технологічні системи моніторингу технічного стану та експлуатаційного зносу елементів будівель та інженерних мереж. М.І. Врн [4] наводить методику геодезичного моніторингу деформацій забудови, прилеглої до ділянки нового будівництва підземних споруд.

Результати досліджень. Принцип визначення конструктивної достатності спостережень за геометричними параметрами будівель розглянуто в роботі [5], де вказано, що конструктивна достатність (просторова репрезентативність, тобто здатність вибіркової сукупності відтворювати основні характеристики генеральної сукупності) забезпечується не стільки великою кількістю спостережуваних точок, скільки їх правильним розміщенням на будівлі. Репрезентативність досягається шляхом правильного формування вибірки, яка за принциповими для дослідження параметрами має відтворювати загальний стан об'єкта дослідження. На нашу думку, репрезентативність не залежить також і від кількості циклів спостережень. Вона залежить від того, як розвивається процес деформації у часі, і наскільки вірно визначаються характерні особливості цього розвитку. Такий принцип можливо використовувати за умови впевненості в достовірності розрахункового прогнозу розвитку осідань, що закладені в проєкті.

Водночас виниклі під час будівництва та експлуатації дії можуть викликати відмінні від розрахункових переміщення і деформації, які зумовлюють зміну кількості параметрів і точок контролю та вимірювальних операцій, що притаманно для будівель, прилеглих до нового будівництва, і вплив на обсяги циклу інструментальних спостережень. Метод не цілком враховує особливості його застосування для територій, прилеглих до нового будівництва, тобто непрогнозованої динаміки факторів впливу на експлуатаційну придатність будівель і споруд в умовах невизначеності, тому потребує теоретичного доопрацювання і практичної перевірки.

Відомо, що під час експлуатації будівлі прошарки ґрунтової основи ущільнюються, що зумовлює зміну напружено-деформованого стану зони прилеглої забудови, а це своєю чергою призводить до осідань і кренів фундаментів експлуатованих прилеглих будівель. У своїй

більшості крени фундаментів будівель, що знаходяться в зоні впливу новобудови, виникають внаслідок неоднакового просідання ґрунтів під окремими частинами фундаменту або внаслідок зміщення ґрунтових прошарків з-під фундаментів від значного зовнішнього навантаження прилеглої території. У таких випадках крени можливо визначати, як $\operatorname{tg} \theta$ кута нахилу вертикальної осі:

$$\operatorname{tg} \theta = (S_1 - S_2) / b,$$

де S_1 та S_2 – величини осадок, підраховані по краях фундаменту, у напрямку крену, см; b – розмір фундаменту у напрямку крену, см [6]

Осідання і крени фундаментів прилеглих будівель є основною причиною виникнення тріщин в несучих та огорожувальних конструкціях (рис. 1). Розташування спостережуваних точок повинно відображати переміщення характерних елементів та частин будівлі, що деформується. Якщо точки розташовують у місцях, що не відображають прояви деформацій, то це не дає змогу визначити закономірність їх розвитку. Розміщення точок спостереження визначають за наявними перед початком будівництва відомостями про неоднорідність залягання порід в основі, просторову жорсткість об'єкту, розподіл навантажень і впливів.

Відомо, що для визначення положення абсолютно жорсткої плити досить закласти для спостережень три точки, що визначають її геометричне положення у просторі.

Рис. 1. Крен фундаментів будівель, що знаходяться в зоні впливу новобудови: 1 – існуюча будівля; 2 – новобудова; 3 – епюра осідань новобудови; 4 – епюра додаткових осідань існуючої будівлі

Тобто, якщо плита недостатньо жорстка, то на кожній умовно жорсткій ділянці, для якої передбачається збереження площини,

і всі точки рухаються як єдине ціле, слід призначити три точки спостереження, значення переміщень яких детерміновано, і вони визначають зміну положення елементів споруди (рис. 2).

Рис. 2. Просторова достатність спостережень

Розрізняють такі види нерівномірних переміщень, що викликають деформації та тріщини: прогин, вигин, кручення, перекис будівлі (рис. 3).

Рис. 3. Схеми нерівномірних осідань житлових будинків: а – прогин; б – вигин; в – кручення; г – перекис

У разі прогину тріщини концентруються біля фундаменту та розширюються донизу, у разі вигину – утворюються в карнізі та розкриття зменшується донизу. Кручення та перекис являють собою комбінаційну сукупність наведених ознак. Причинами цих деформацій можуть бути, зокрема: нерівномірність питомого тиску на ґрунти основ під подошвою фундаменту; неоднорідність і різна міцність ґрунтів основ; неоднорідність стисливості через різні фактори (наприклад, наявність жорстких включень, карстових або інших пустот, місцеве замочування лесових ґрунтів); вплив гірничих виробок (підробітків) або викопування відкритих котлованів і траншей поблизу будівлі; вплив вібрації (наприклад, забивання паль в безпосередній близькості від будівлі) [7].

У разі згину тріщини мають форму параболи (рис. 4), причому під час раптових

осідань парабола характеризується значною величиною осі порівняно з хордою [7].

Рис. 4. Осадні тріщини у разі згину внаслідок комбінаційної сукупності нерівномірних осідань будівлі

На практиці в будь-якому разі наявність тріщин у будівельних елементах зумовлює необхідність спостереження за ними, що передбачає поділення конструкції, що зазнає негативного впливу від новобудови, на умовно жорсткі ділянки з послабленими взаємними конструктивними зв'язками та виявляє потребу визначення кількості та місць розташування марок (контрольованих точок) для кожного елемента. Кількість та місця розташування контрольованих точок впливають на обсяги робіт циклу інструментальних спостережень для будівель, прилеглих до нового будівництва.

Методи виконання та склад підсистеми моніторингу прилеглої забудови з визначення контрольованого фактору деформації (тріщиноутворення) можна реалізувати за допомогою маяків чи щупів, датчиків годинникового типу, тензодатчиків або дистанційної автоматизованої системи, для підсистеми моніторингу прилеглої забудови з визначення контрольованого фактору деформації (просідання і крени) можна реалізувати використанням нівеліру, гідронівеліру, тахеометру або дистанційної автоматизованої системи. Незалежно від методів реалізації та складу підсистеми моніторингу прилеглої забудови принцип розміщення точок спостереження однаковий (рис. 5).

Для формування інформаційно-математичної моделі визначення обсягів циклу інструментальних спостережень у складі організаційно-технологічних показників вимірювальних робіт запропоновано принцип розміщення точок спостереження на кожній умовно жорсткій ділянці, для якої передбачається збереження площини, і всі точки

рухаються як єдине ціле. На такій ділянці слід призначати три точки спостереження, що визначають зміну положення послаблених елементів споруди. Значення переміщень таких точок детерміновані, тобто мають властивість алгоритму, яка передбачає, що в ньому усі вказівки повинні бути чіткими й однозначними: значення величин, які отримують в конкретний момент часу, повинні визначатися значеннями величин, отриманими в попередні моменти часу. Найближчі точки умовно жорстких ділянок, що межують між собою, слід поєднати лінією, яка перетне наявну тріщину в точці, рекомендованій для її подальшого контролю.

Рис. 5. Схема розміщення точок спостереження для типових тріщин: 1 – наявна тріщина; 2 – точки спостереження; 3 – лінія перетину наявної тріщини

Як видно із наведених вище схем, для підсистеми моніторингу прилеглої забудови з визначення контрольованого фактору деформації (тріщиноутворення), реалізованої за допомогою маяків чи щупів, датчиків годинникового типу, тензодатчиків або дистанційної автоматизованої системи, точки, які контролюються, необхідно розміщувати на перетині ліній, що проведені через точки спостереження суміжних умовно жорстких елементів будівлі відносно існуючої тріщини. Для підсистеми моніторингу прилеглої забудови з визначення контрольованого фактору деформації (просідання і крени), реалізованої з використанням нівеліру, гідронівеліру, тахеометру або дистанційної автоматизованої системи – точки, які контролюються, необхідно розміщувати безпосередньо в точках спостереження суміжних умовно жорстких елементів будівлі. Положення та кількість точок контролю можуть бути скориговані фахівцем відповідної кваліфікації. На рис. 6 наведено схеми визначення кількості точок спостереження. Схеми встановлення точок спостереження на зовнішніх цегляних стінах і стінах із залізобетонних панелей для інструментального моніторингу технічного стану будівель прилеглої забудови наведено на рис. 7.

а)

б)

Рис. 6. Схема визначення кількості точок спостереження: а) для типових тріщин зовнішніх цегляних стін; б) на панельному будинку з наявними деформаціями; 1 – наявна тріщина (щілина); 2 – маяк (датчик); 3 – геодезична марка

а)

б)

Рис. 7. Схеми встановлення точок спостереження: а) на цегляному будинку з наявними тріщинами; б) на панельному будинку з наявними деформаціями; 1 – наявна тріщина (щілина); 2 – маяк (датчик); 3 – геодезична марка

Контроль тріщиноутворення реалізують за допомогою маяків чи щупів, датчиків годинникового типу, тензодатчиків. Контроль просідання і кренів виконують з використанням нівеліру, гідронівеліру, тахеометру. Для постійного та дистанційного контролю застосовують автоматизовані системи. Осідання виявляють порівнянням висот осадкових марок, закріплених на спорудах. Зазначені марки розміщують так, щоб можна було з'ясувати особливості осідань в різних частинах споруди: уздовж осей фундаментів, в ділянках, де можливі найбільші осідання, поблизу тріщин в стінах будівлі, поблизу деформаційних і температурних швів, в місцях великого тиску і ненадійних ґрунтів. Висотною основою для визначення осідань служить мережа реперів, які закладаються так, щоб забезпечувалася стабільність їх положення по висоті на весь період спостережень [8].

Контроль тріщиноутворення реалізують за допомогою маяків чи щупів, датчиків годинникового типу, тензодатчиків. Контроль просідання і кренів виконують з використанням нівеліру, гідронівеліру, тахеометру. Для постійного та дистанційного контролю застосовують автоматизовані системи. Осідання виявляють порівнянням висот осадкових марок, закріплених на спорудах. Зазначені марки розміщують так, щоб можна було з'ясувати особливості осідань в різних частинах споруди: уздовж осей фундаментів, в ділянках, де можливі найбільші осідання, поблизу тріщин в стінах будівлі, поблизу деформаційних

і температурних швів, в місцях великого тиску і ненадійних ґрунтів. Висотною основою для визначення осідань служить мережа реперів, які закладаються так, щоб забезпечувалася стабільність їх положення по висоті на весь період спостережень [8].

Висновки. Наявність тріщин у будівельних елементах зумовлює необхідність спостереження за ними, що передбачає поділення конструкції, що зазнає негативного впливу від новобудови, на ділянки з послабленими взаємними конструктивними зв'язками.

Для формування інформаційно-математичної моделі визначення обсягів циклу інструментальних спостережень у складі організаційно-технологічних показників вимірювальних робіт запропоновано принцип розміщення точок спостереження на кожній умовно жорсткій ділянці, для якої передбачається збереження площини, і всі точки рухаються як єдине ціле.

Для підсистеми моніторингу прилеглої за будови з визначення контролюваного фактору деформації (тріщиноутворення) точки, які контролюються, необхідно розміщувати на перетині ліній, що проведені через точки спостереження суміжних умовно жорстких елементів будівлі відносно наявної тріщини.

Для підсистеми моніторингу прилеглої за будови з визначення контролюваного фактору деформації (просідання і крени) точки, які контролюються, необхідно розміщувати безпосередньо в точках спостереження суміжних умовно жорстких елементів будівлі.

Література

1. Осипов О.Ф., Гладун І.Т. Методика оцінки чинників впливу на параметри технологічних процесів при влаштуванні фундаментів з поруч існуючими будинками. *Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. зб.* Київ : КНУБА. 2004. Вип. 19. С. 179–185.
2. Шумаков И.В. Теоретико-методологические принципы формирования организационно-технологических решений возведения подземных частей гражданских зданий : дис. докт. техн. наук : спец. 05.23.08 «Технология та організація промислового та цивільного будівництва». Харків : ХНУБА. 2015. 390 с.
3. Єсипенко А.Д. Наукові основи забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель та споруд : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва». Дніпропетровськ : ДВНЗ «ПДАБА». 2007. 40 с.
4. Bryn M.J. Geodetic Monitoring of Deformation of Building Surrounding an Underground Construction / M.J. Bryn, D.A. Afonin, N.N. Bogomolova. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 189. Pp. 386–392.
5. Григоровський П.Є. Методологічні основи формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань при зведенні та експлуатації будівель і споруд : дис. д-ра техн. наук : спец. 05.23.08. Харків : ХТУБА. 2018. 503 с.
6. Бакулін Є.А. Визначення впливу нової за будови на фундаменти існуючих будівель. *Збірник Містобудування та територіальне планування*. 2014. вип. № 53. С. 10–15.
7. Ройтман А.Г. Деформации и повреждения зданий. Москва : Стройиздат. 1987. 160 с.
8. Калинин И.С., Купреева Е.Н., Бикашев И.Р. Геодезический мониторинг осадок зданий и сооружений на территории нефтегазодобывающего комплекса. *Омский научный вестник «Науки о Земле»*. 2009. № 1 (65). С. 94–97.

References

1. Osipov OF, Gladun IT Methods for assessing the factors influencing the parameters of technological processes in the arrangement of foundations with existing buildings // Urban Planning and Spatial Planning: scientific and technical. zb. Kyiv : KHUBA. 2004. Vip. 19. pp. 179–185.
2. Shumakov IV Theoretical and methodological principles of formation of organizational and technological solutions for the construction of underground parts of civil buildings: dis. Dr. tech. Science: special. 05.23.08 “Technology and organization of industrial and civil construction”. Kharkiv : KhNUBA. 2015. 390 p.
3. Yesipenko AD Scientific bases of ensuring reliability and safe operation of buildings and structures: author's ref. dis. for science. degree of Dr. Tech. Science: special. 05.23.08 “Technology and organization of industrial and civil construction”. Dnipropetrovsk: SHEI “PDABA”. 2007. 40 p.
4. Bryn M.J. Geodetic Monitoring of Deformation of Building Surrounding an Underground Construction / M.J. Bryn, D.A. Afonin, N.N. Bogomolova. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 189. Pp. 386–392.
5. Grigorovsky PE Methodological bases of formation of organizational and technological decisions of instrumental measurements at construction and operation of buildings and constructions: dis. Dr. Tech. Science: special. 05.23.08. Kharkiv : KhTUBA. 2018. 503 p.
6. Bakulin EA Determining the impact of new construction on the foundations of existing buildings. *Collection of Urban Planning and Spatial Planning*. 2014. vip. № 53. p. 10–15.
7. Roitman AG Deformation and damage to buildings. Moscow : Stroyizdat. 1987. 160 p.
8. Kalinchenko IS, Kupreeva EN, Bikashev IR Geodetic monitoring of sediment of buildings and structures on the territory of the oil and gas complex. Omsk scientific journal “Earth Sciences”. 2009. № 1 (65). Pp. 94–97.

METHODOLOGY OF RESEARCH VOLUME OF THE CYCLE INSTRUMENTAL OBSERVATIONS IN THE COMPOSITION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL INDICATORS OF MEASURING WORKS

Abstract. *The methodology for researching the volume of the cycle of instrumental observations of the state of buildings adjacent to the new building as part of the organizational and technological indicators of measuring work is substantiated.*

The presence of cracks in the building elements necessitates monitoring them, which provides for the separation of the structure, which is subjected to the negative influence from the new building, into conditionally rigid sections with weakened mutual structural ties and necessitates determining the number and location of grades (control points) for each element. The number and location of control points affect the volume of work of the instrumental observation cycle for buildings adjacent to new construction.

The principle of placing observation points on each conditionally rigid section is proposed, for which the preservation of the plane is provided and all points move as a whole.

It is determined that the observation points when measuring strains (crack formation) should be placed at the intersection of lines drawn through the observation points of adjacent conditionally rigid building elements relative to an existing crack, and when measuring strains (subsidence and rolls), directly at the observation points of adjacent conditionally rigid elements building.

Key words: *methodology, instrumental observations, adjacent buildings, new building, deformations, placement of observation points.*

Hrihorovskyi P.Ye.

Doctor of Technical Sciences, Senior Research Officer, First Deputy Director,
State Enterprise “Scientific Research Institute of Building Production”, Kyiv

Murasova O.V.

State Enterprise “Research Institute of building Production”, Kyiv