



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2024-1>

УДК 528.4



ЯКОВЕНКО М.С.
Завідувач лабораторією
ДП «Державний науково-
дослідний інститут будівельних
конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: yakovenko@ndibk.gov.ua
тел.: +38 093 613 53 19
ORCID: 0000-0001-7800-8166



СЕРГІЙЧУК В.А.
Завідувач відділу ДП «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: v.serhiychuk@ndibk.gov.ua
тел.: + 38 050 415 35 62
ORCID: 0009-0009-6915-3447



НЕСТЕРЕНКО О.В.
Канд. техн. наук, декан факультету,
професор кафедри
геоінформатики і фотограмметрії
Київського національного
університету будівництва та
архітектури,
м. Київ, Україна,
e-mail: nesterenko.ov@knuba.edu.ua,
тел.: +38 093 582 52 01
ORCID: 0000-0001-6908-5821



ЗОРІН Є.В.
Провідний інженер ДП «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: zorin@ndibk.gov.ua
тел.: +38 098 624 69 87
ORCID: 0000-0002-1449-3278



БЕНЬ І.В.
Провідний інженер ДП «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: i.ben@ndibk.gov.ua
тел.: +38 093 443 91 38
ORCID: 0000-0003-3386-5433

ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЛЕКСУ РОБІТ З ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ, ЩО ПОСТРАЖДАЛИ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ПРИКЛАДІ ЖК «ДИНАСТІЯ» В М. КИЄВІ

АНОТАЦІЯ

Співробітники ДП НДІБК постійно приймають участь у відновленні будівель та споруд, що зазнали руйнувань внаслідок російської агресії. У публікації розглянуто характерний приклад руйнування багатопверхового житлового будинку, який розміщений у столичному житловому комплексі «Династія».

Житловий будинок зведено за каркасно-монолітною схемою. Просторова жорсткість будинку забезпечується сумісною роботою монолітного залізобетонного ядра разом з монолітними

залізобетонними пілонами та плоскими перекриттями. Несучими елементами є: пілони товщиною 250 мм, залізобетонні монолітні стіни та діафрагми жорсткості товщиною 250 мм та колони технічного поверху перерізом 310 x 250 мм. Крок вертикальних несучих конструкцій 3,0 м та 6,0 м. Слід зауважити, що ядро жорсткості (ліфтові шахти та сходові клітки) зміщене відносно середини будинку. На кожному поверсі розміщено по 6 житлових квартир (одно- та трикімнатних).

Розробці подальших дій щодо усунення



наслідків влучання та відновлення житлового будинку передувало технічне обстеження об'єкту. Попереднє обстеження містило візуальне обстеження конструкцій будинку та геодезичну зйомку просторового положення вертикальних та горизонтальних несучих конструкцій з метою впровадження першочергових заходів з метою запобігання обвалів пошкоджених та зруйнованих конструкцій. Під час детального обстеження виконано комплекс робіт, що включав: вивчення проектних матеріалів; фотофіксацію та детальний огляд видимих пошкоджень, геодезичний моніторинг деформацій, дослідження міцності матеріалів, розробку технічних рішень з відновлення будівлі.

Кожен з етапів обстеження будівлі включав геодезичне забезпечення, що дозволяє надати оперативну інформацію про поточний стан будівлі на кожному з етапів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: геодезія, геодезичне забезпечення, обстеження, моніторинг деформацій, геодезичний моніторинг, воєнна агресія рф, воєнні злочини.

GEODETIC SUPPORT FOR A COMPLEX OF WORKS ON SURVEYING BUILDINGS DAMAGED BY MILITARY ACTIONS USING THE EXAMPLE OF THE RESIDENTIAL COMPLEX "DYNASTY" IN KYIV

ABSTRACT

The employees of the NIISK constantly take part in the restoration of buildings and structures that were destroyed due to Russian aggression. The article examines a typical example of the destruction of a multi-story residential building located in the residential complex "Dynasty" in Kyiv.

The building is constructed using a frame-monolithic design. The spatial rigidity of the building is ensured by the joint work of the monolithic reinforced concrete core together with monolithic reinforced concrete pylons and flat slabs. The load-bearing elements of the building are pylons 250 mm thick, monolithic reinforced concrete walls and stiffening diaphragms 250 mm thick and technical floor columns with a cross-section of 310x250 mm. The pitch of the load-bearing vertical structures is 3.0 m and 6.0 m. It should be noted that the stiffening core (elevator shafts and stairwell) is offset from the center of the building. Each floor has 6 residential apartments (1-3 rooms).

The development of further actions to eliminate the consequences and

restore the residential building was preceded by a technical inspection of the object. The preliminary inspection included a visual examination of the building structures and a geodetic survey of the spatial position of vertical and horizontal load-bearing structures in order to implement priority measures to prevent the collapse of damaged and destroyed structures. During the detailed inspection, a comprehensive set of tasks was performed, including: studying project materials, photo documentation and detailed review of visible damage, geodetic monitoring of deformations, investigation of material strength, and the development of technical solutions for the restoration of the building.

Each stage of the building inspection included geodetic support, allowing for the provision of timely information about the current state of the building at each stage.

KEYWORDS: geodesy, geodetic support, survey, deformation monitoring, geodetic monitoring, military aggression of the Russian Federation, war crimes.

ВСТУП

24 червня о 3-й годині ранку під час чергової ракетної атаки відбулося пряме влучання ракети в багатоквартирний житловий будинок в Солом'янському районі міста Києва по вул. Митрополита Василя Липківського, 37-В, ЖК «Династія» (рис. 1, 2).

На жаль, того ранку було вбито 5 людей,

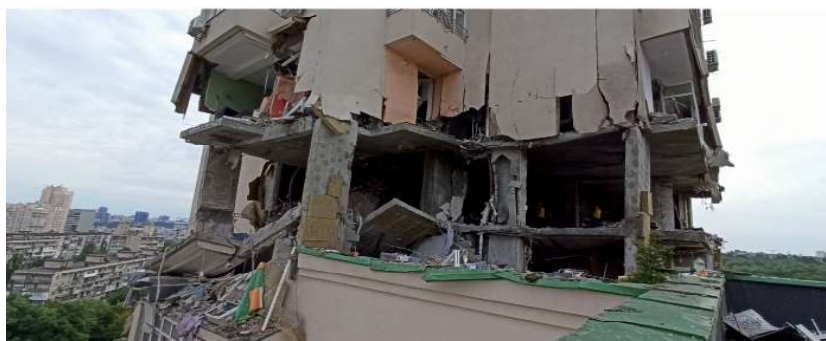
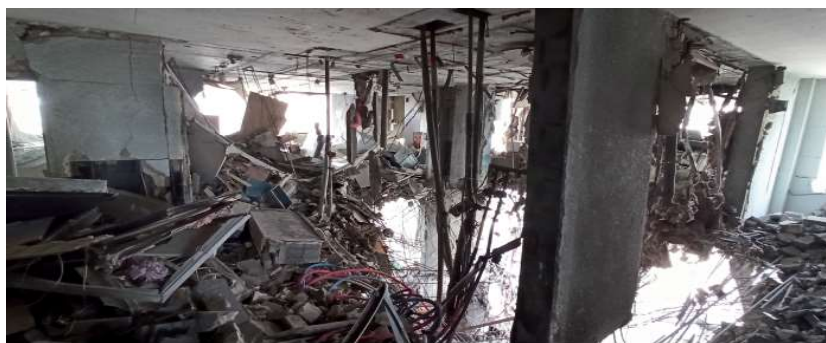


Рисунок 1 ÷ 2 – Наслідки влучання ракети



постраждало 11. Десятки киян залишилися без своїх домівок.

Попереднім обстеженням житлового будинку встановлено, що в результаті вибуху ракети відбулося руйнування частини перекриттів та пілонів з обваленням кутової частини будинку в осях 33-37/Т-Ц в рівні 17 ÷ 19 поверхів. Також отримали значні пошкодження несучі та огорожувальні конструкції, переважно в осях 33-38/Т-Ш в межах з 16-го по 20-й поверхи. Схеми розташування пошкоджених несучих елементів монолітного залізобетонного каркасу в рівні 16 – 17 та 18 – 19 поверхів наведені на рис. 3 і 4.

За результатами виконаного попереднього огляду встановлена необхідність виконання попереднього та детального інструментального обстеження з визначенням технічного стану та придатності для подальшої експлуатації багатоквартирного житлового будинку.

Для розробки невідкладних першочергових протиаварійних заходів з метою усунення небезпеки як для мешканців будинку, так і для випадкових пересічних громадян виконувалися роботи з детального інструментального обстеження та інженерно-геодезичного моніторингу положення конструкцій будинку у просторі. У зв'язку з тим, що наявні руйнування та пошкодження конструкцій в осях 33-37/Т-Ц в рівні 17 ÷ 19 поверхів обумовлюють аварійний стан будинку, було визначено, що він повинен тимчасово бути виведений з експлуатації та заборонений постійний доступ мешканців до приміщень.

На початок робіт з обстеження (наприкінці червня 2023 р.) будинок перебував практично у стані, який виник внаслідок обстрілу, а саме із завалами зруйнованих конструкцій на перекриттях (рис. 5÷8). На час закінчення робіт (серпень 2023 р.) залишки зруйнованих конструкцій були вивезені, під аварійні ділянки встановлено систему тимчасово підтримуючих стійок і балок. З приміщень квартир, які розташовані вище зони руйнування конструкцій, винесені меблі, що зменшило навантаження на пошкоджені конструкції.

В липні – серпні 2023 р. фахівцями ДП НДІБК проведено натурне детальне обстеження технічного стану будинку з метою фіксації дефектів та пошкоджень. Виконано огляд конструкцій зовні, по сходовій клітці, а також в усіх приміщеннях, до яких був можливий

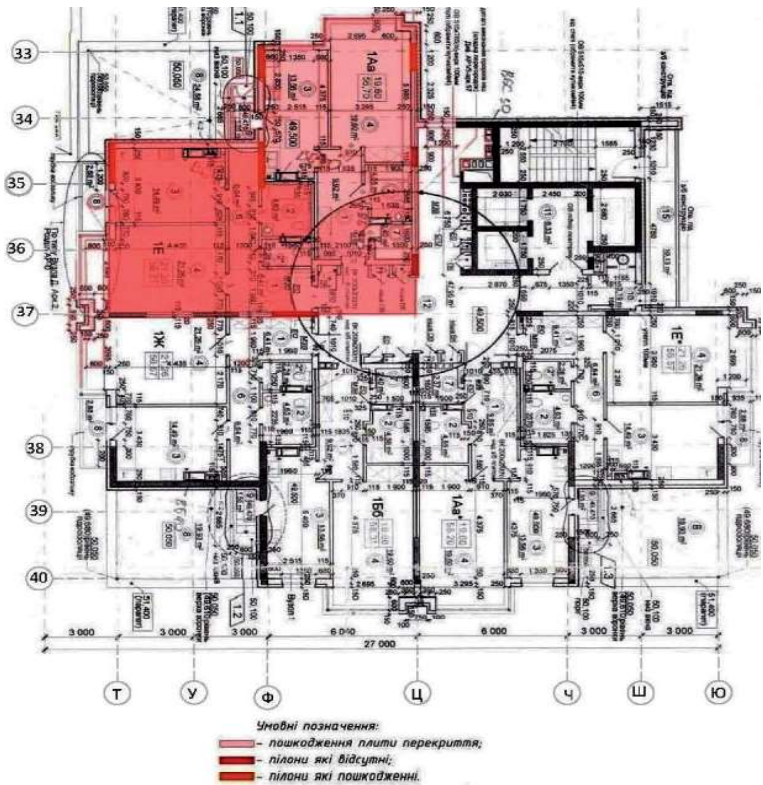


Рисунок 3 – Схема розташування пошкоджених несучих елементів монолітного залізобетонного каркасу в рівні 16 – 17 поверхів

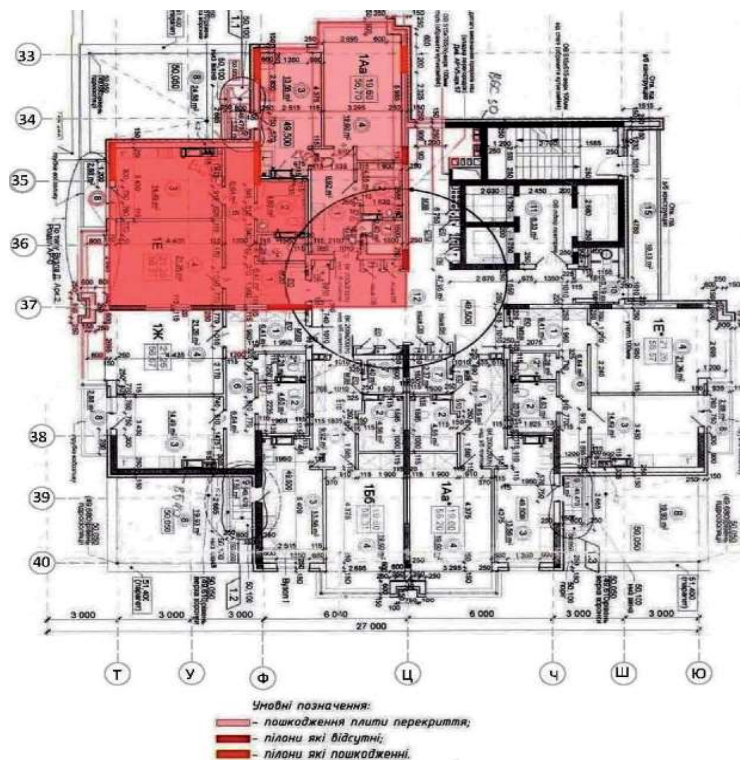


Рисунок 4 – Схема розташування пошкоджених несучих елементів монолітного залізобетонного каркасу в рівні 18 – 19 поверхів



доступ. Обстеження будинку виконувалося згідно з рекомендаціями [1] і Змінами до Порядку проведення обстежень [2].

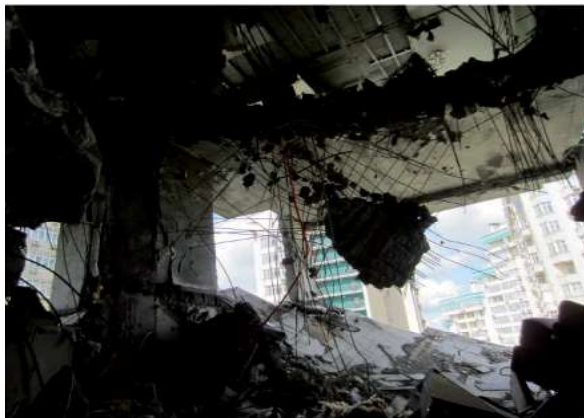
В ході візуального обстеження технічного стану будинку зафіксовано руйнування несучих конструкцій монолітного залізобетонного каркасу житлового будинку в рівні 17 – 18 і 18 – 19 поверхів в осях 33-37/Т-Ч, що спричинило наступні пошкодження та дефекти:

- руйнування бетону з розривом несучої арматури монолітних елементів, що призвело до обвалення плит перекриттів над 16-м та 17-м поверхами;
- пошкодження несучих пілонів каркасу (7-м штук);
- пошкодження стінового заповнення огороження (газобетонні блоки);
- пошкодження опоряджувального шару зовнішніх та внутрішніх поверхонь стін;
- руйнування міжквартирних перегородок;
- руйнування системи вентиляційних каналів;
- часткове пошкодження ліфтової шахти та конструкцій сходової клітки;
- вибуховою хвилею пошкоджено скління балконів та вікон зі знищенням рам;
- пошкоджено дверні полотна та коробки;
- від вибухової хвилі утворилися тріщини в плитах перекриття, вертикальних елементах, (як в несучих, так і не несучих);

- частково пошкоджено системи електропостачання, водопостачання, каналізації та системи опалення.

Огляд конструкцій показав, що будівельні конструкції в зазначених межах 33-37/Т-Ц зруйновані і перебувають в аварійному стані, зокрема:

- повністю обвалені перекриття над 16-м та 17-м поверхами в осях 33-35/Ц-Ф та 35-37/Т-Ф, локальні ділянки мають нахил і зависають на арматурі;
- значні пошкодження отримали плити перекриття над 15-м та 19-м поверхами, мають прогин та тріщини з шириною розкриття до 10 мм з оголенням робочої арматури;
- повністю зруйновані пілони на висоту 17-го поверху в осях Ц/34-35, Ц/36, 37/Ф та 18 – 19 поверхів в осях Т/34-35, Ф/34-35;
- значні пошкодження отримали пілони 17-го поверху в осях Ц/33, Ф/33, Ф/35, Т/35 та 18 – 19 поверхів в осях 33/Ф, 33/Ц;
- повністю зруйновані внутрішні перегородки та вентиляційні канали в осях 33-37(38)/Ч(Ц)-Т;
- пошкоджено віконне скління та огороження балконів на всіх фасадах будинку;
- на вцілілих ділянках перекриттів утворилися завали від зруйнованих конструкцій, які перевантажують плиту перекриття, особли-



Рисунки 5 ÷ 8 – Фотофіксація руйнувань конструкцій зі значними наслідками пошкоджень



во ділянку плити в осях 33-35/Ф-Ц над 16-им поверхом;

- плита в осях 35-37/Т-Ф в рівні 16-го поверху зламана і тримається на арматурних стрижнях;
- стінове огороження з утеплювачем в рівні 16 ÷ 20 поверхів зруйновано.

Найвні пошкодження обумовлюють категорію технічного стану будинку як аварійну – 4 відповідно до [2].

Згідно з даних попереднього обстеження встановлено, що площа пошкоджених квартир з 16-го по 26-й поверхи в осях 33-37(38)/Ч(Ц)-Т (в яких несучі та огорожувальні конструкції отримали значні пошкодження внаслідок вибуху і не можуть надалі експлуатуватися) складає (орієнтовно) 1101 м² або 12,5 % від загальної площі житлових приміщень будинку [3].

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Публікації [4 ÷ 10] зосереджені на висвітленні загальнодержавних проблем, пов'язаних з питаннями обстеження та відновлення будівель, що постраждали від військових дій.

Проблеми та шляхи вдосконалення геодезичного моніторингу деформацій будівель і споруд представлено у публікаціях [11 ÷ 15].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

У разі пошкодження/руйнування несучих конструкцій будівель та споруд внаслідок влучання ракети виникає висока вірогідність деформаційних процесів і обвалів, що несуть загрозу життю присутніх на місці події. Велика кількість будівельного сміття внаслідок руйнування частини будівлі (залізобетонного перекриття, колон, перегородок, елементів оздоблення тощо) створює непередбачуване навантаження на вцілілі несучі конструкції, які під цим тиском піддаються деформаційним процесам. Саме такі деформаційні процеси виникають в перші години від моменту влучання. При цьому зусилля накопичуються протягом перших днів та можуть призвести до непередбачуваних наслідків. Саме тому слід не зволікаючи розпочинати перший етап – візуальне обстеження та геодезичну зйомку просторового положення вертикальних і горизонтальних несучих конструкцій, впровадження першочергових заходів з метою запобігання обвалів.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Актуальність геодезичного забезпечення. Внаслідок порушення частини несучих конструкцій каркасу на поверххах вище місця прильоту було зафіксовано явні вертикальні переміщення, що супроводжувалися перекосами перекриттів, дверних та віконних отворів і тріщинами на стінах (рис. 1, 2, 5 ÷ 8). Тож, виникла необхідність фіксування просторового

положення геодезичними методами. З досвіду об'єкту на просп. Лобановського, 6А [5] та робіт в м. Чернігів [9] передбачено спостережну станцію для моніторингу деформаційних процесів.

Організація геодезичних вимірювань.

В процесі обстеження складено об'єми геодезичних робіт, що поділялися на два етапи:

- геодезичне забезпечення на етапі попереднього обстеження, що включає визначення відхилень від вертикалі зовнішніх стін та визначення відхилень від горизонталі перекриттів;
- геодезичне забезпечення на етапі детального обстеження, що включає спостереження планових переміщень верхньої частини будівлі, спостереження вертикальних переміщень верхньої частини будівлі та моніторинг прогинів перекриттів.

Геодезичне забезпечення на етапі попереднього обстеження – це комплекс геодезичних робіт, спрямований на оперативне забезпечення інформацією про поточний стан будівлі/конструкцій, що обстежуються (тобто першочергове виявлення відхилень від вертикалі чи горизонталі).

Визначення відхилень від вертикалі зовнішніх стін.

Для виявлення наявності відхилень від вертикалі зовнішніх стін використано метод «координат». Суть методу полягає у визначенні прямокутних координат точок низу та верху граней кутів та стін будинку.

Різниця координат верху та низу дає величину та напрямок відхилення (виходу з вертикальної площини). Ортогональні осі умовної системи координат для спрощення розрахунків приймаються паралельними до головних осей будинку.

Оскільки маємо пошкодження несучих конструкцій на 16-му ÷ 19-му поверххах, а вся будівля має 25-ть житлових поверххів та один технічний, тому відхилення від вертикалі визначалися по схемі, що представлена на рис. 9.

На початку робіт виникла вірогідність, що та частина будівлі, що вище місця ураження через руйнування пілонів та ймовірного ураження ядра жорсткості, могла зазнати суттєвого відхилення від вертикалі. Тому вимірювання проводилося за такою схемою.

Вимірювання виконувалися за допомогою тахеометра, що має кутову точність 2". Згідно з попередніми розрахунками точність вимірювання не повинна перевищувати ± 5 мм. Оскільки фасад будинку виконаний з утеплювачем, що вкритий штукатурним шаром, тому під час зйомки було виконано ряд надлишкових вимірювань шляхом зйомки одного й того ж кута з мінімум двох взаємо перпендикулярних станцій, що дозволяло



Рисунок 9 – Схема візування точок для визначення відхилень від вертикалі

уникати випадкових помилок.

Результати представлено у вигляді кривих у розрізі вздовж числових та літерних осей (рис. 10). Для наочності сприйняття додатково результати визначення відхилень від вертикалі надавалися у вигляді дійсних векторів на всю висоту будівлі та абсолютним креном.

За результатами даних робіт зафіксовані відхилення від вертикалі коливаються від 5 мм до 52 мм. Величина відхилень незначна, враховуючи загальну висоту будинку, та, більш за все, була допущена під час її зведення. Відхилення переважно різноспрямовані та не мають чіткого вектору, що свідчить про відсутність горизонтальних переміщень від влучання ракети. Звісно, поблизу епіцентру влучання фіксувалися значні локальні відхилення від вертикалі на тих конструкціях, що

втратили свою подальшу придатність та підлягали демонтажу.

Таким чином, аналіз отриманих результатів визначень відхилень від вертикалі зовнішніх стін надав можливість виключити наявність кренів після влучання ракети.

Визначення відхилень від горизонталь перекриттів поблизу епіцентру влучання.

Для виявлення наявності відхилень від горизонталі перекриттів використано метод нівелювання по умовній горизонтальній площині. Метод базується на припущенні, що на момент зведення будівлі однотипні горизонтальні елементи (перекриття, підлога, однотипні точки цоколя й карнизів, віконні перемички тощо) перебували у відповідній проектній горизонтальній площині з відхиленнями, що не перевищують монтажних допусків. Відстань конструкції до умовної горизонтальної площини, що проходить через найвищу однотипну точку елемента, може розглядатися як наслідок нерівномірних осідань фундаментів чи деформування колон та інших несучих елементів будівлі.

Вимірювання відхилень перекриттів 16-го, 19-го, 20-го та технічного поверхів будівлі виконано методом геометричного нівелювання із використанням цифрового нівеліра «Sokkia» SDL-30 та кодової рейки.

Визначення відміток точок перекриття будівлі виконано методом геометричного нівелювання III класу точності у відповідності до вимог чинних нормативних документів та інструкцій.

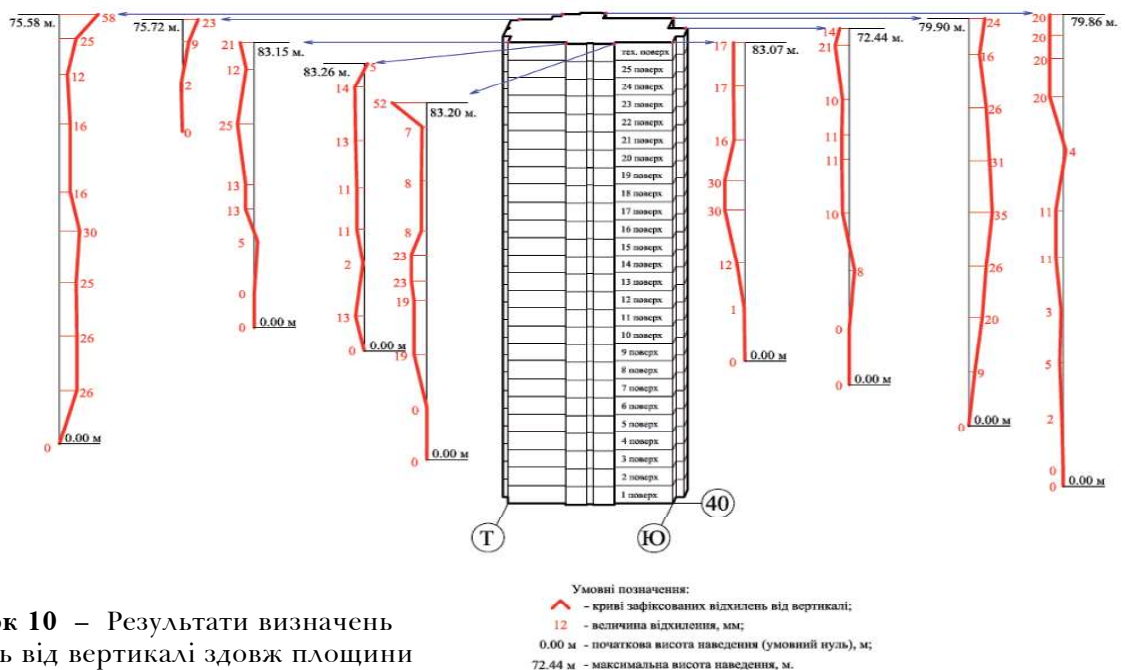


Рисунок 10 – Результати визначень відхилень від вертикалі здовж площини числових осей



Попередня розрахункова точність не повинна перевищувати ± 2 мм.

При нівелюванні рейка п'ятою по черзі встановлювалася на точки перекриття будівлі. Для зменшення впливу випадкових помилок рейка по можливості встановлювалася в місця з чистою поверхнею.

Зйомку плити перекриття 19-го поверху виконано комбінованим методом нівелювання (геометричним та тригонометричним). У місцях, де виконати зйомку за допомогою геометричного нівелювання було неможливо, використано метод тригонометричного нівелювання за допомогою тахеометра «South Survey» NTS-382R10L (рис. 11). Точність даного методу значно поступається попередньому методу та становить ± 5 мм, що пов'язано з технічними характеристиками тахеометра.

Тригонометричне нівелювання проводилося у безвідбивачевому режимі із необхідною щільністю точок, що забезпечує уявлення про характер пошкодження плит перекриття.

Умовна площина проходить через найвищу точку плити перекриття – точку із позначкою «0». Поруч із точками нівелювання вказано величину відхилення від умовної горизонтальної площини.

Визначення відхилень проводилось не по всій будівлі (через відсутність вільного доступу), а лише в районі місця ураження та над цим місцем, для розуміння ступеня деформованого стану. В якості елементів, які на момент зведення будівлі знаходились в горизонтальних площинах, було використано плити перекриття 16-го, 19-го, 20-го та технічного поверхів будівлі.

За результатами вимірювань побудовано горизонталі (ізолінії), що формують поля ступеня деформування (рис. 12).

Аналізуючи результати вимірювань можна зробити висновок, що найменше постраждали перекриття нижче епіцентру влучання – до 25 мм. Це пояснюється тим, що на 16-му поверсі та нижче не постраждали пілони. Зруйновані пілони на 17-му та 18-му поверхах викликали значні вертикальні переміщення положення плит перекриття. Максимальні вертикальні переміщення (до 90 мм) зафіксовано на 19-му поверсі над частиною зруйнованих пілонів в осях Т-Ц/33-37. Оскільки на всіх чотирьох поверхах різні ступені пошкодження, тому вертикальний масштаб між горизонталями дещо відрізняється, тобто на 16-му поверсі через 5 мм, а на 19-му, 20-му та технічному поверхах – через 15 мм, на що слід зважати при аналізі рис. 12.

Геодезичне забезпечення на етапі детального обстеження – це комплекс геодезичних робіт, що забезпечує детальною інформацією про стан нестабільних конструкцій та ймовірний розвиток деформаційних процесів та зони їх поширення.

Один з основних напрямів геодезичної



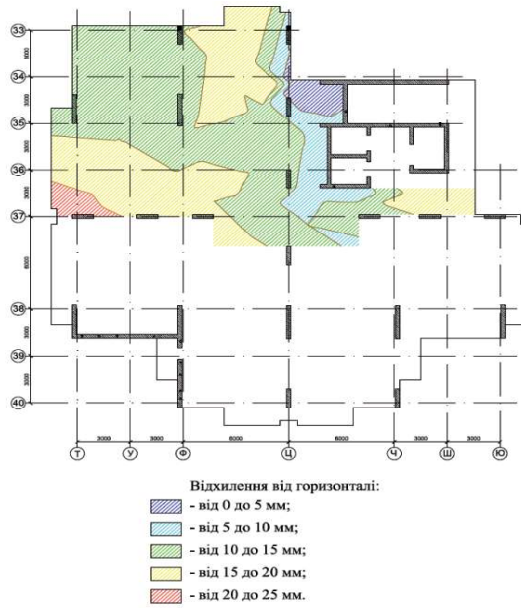
Рисунок 11 – Процес тригонометричного нівелювання у безвідбивачевому режимі

діяльності, що необхідно виконувати в процесі детального обстеження – це геодезичний моніторинг змін деформованого стану будівель/споруд/конструкцій [9]. Деформаційні процеси можуть виникати на всіх етапах процесу відновлення. Найуразливішими їх можна вважати на етапі розбирання завалів та демонтажу, а також на етапі відновлення несучих конструкцій і введення їх в роботу. Ці деформаційні процеси, що виникають, можуть завдати шкоди працюючому персоналу і мешканцям, а також активізувати поширення деформацій на інші конструкції.

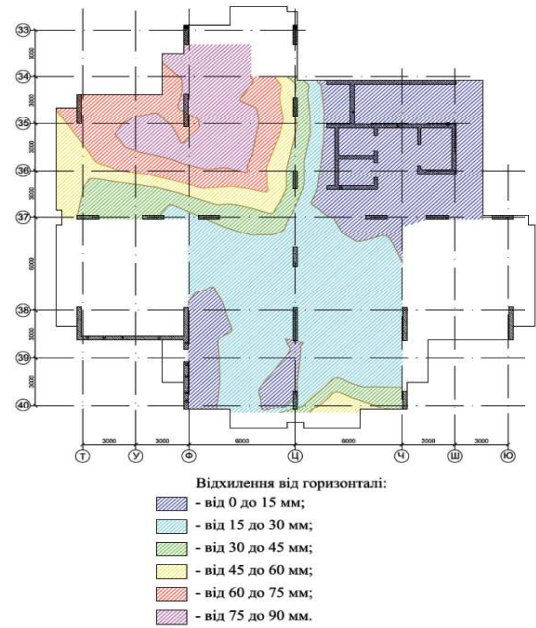
Спостереження планових переміщень верхньої частини будівлі.

Хоч за даними попереднього обстеження не було встановлено наявності кренів та понаднормативних відхилень від вертикалі, на думку авторів вірогідність виникнення горизонтальних переміщень під час виконання подальших робіт по усуненню наслідків влучання могла виникнути. Тож, до складу робіт з моніторингу на етапі детального обстеження було включено спостереження планових переміщень верхньої частини будівлі, тієї, що вище місця влучання.

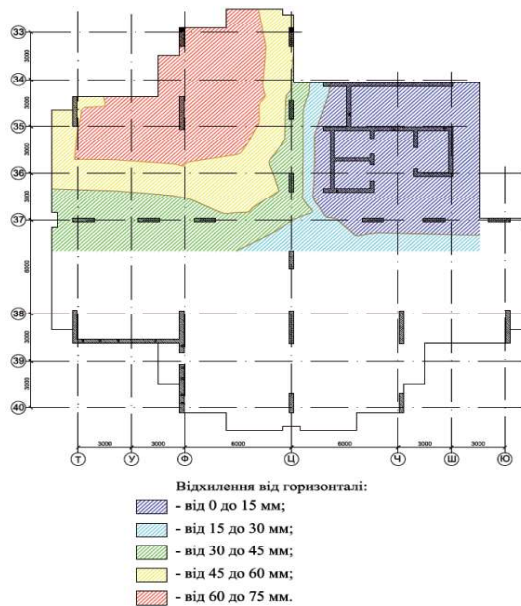
Для вимірювання горизонтальних переміщень будівлі прийнято метод прямої багаторазової лінійно-кутової засічки. Цей метод забезпечує отримання величин горизонтальних переміщень з похибкою, що не перевищує ± 4 мм.



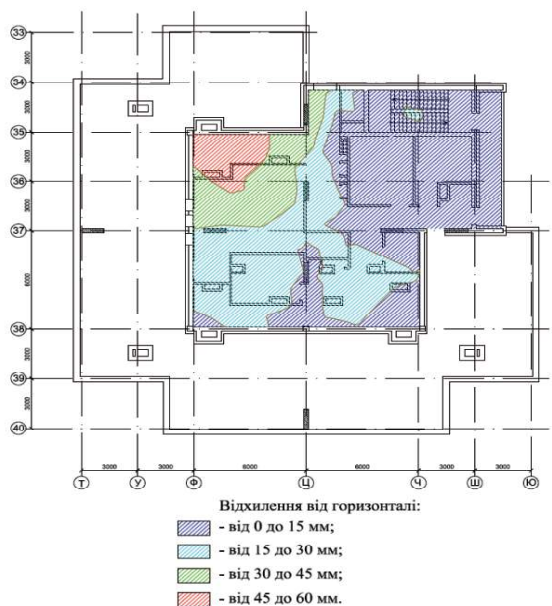
а) прогини перекриття 16-го поверху



б) прогини перекриття 19-го поверху



в) прогини перекриття 20-го поверху



г) прогини перекриття технічного поверху

Рисунок 12 – Результати визначення прогинів (відхилень від горизонталі) перекриттів будівлі поблизу епіцентру ураження

Для виконання цих робіт використовувався електронний тахеометр NTS-382R10 виробництва фірми «South Survey».

При середній квадратичній похибці виміру кутових напрямків, рівних $m_a = \pm 2''$, і відстані до контрольних марок $\approx 100 \div 150$ м очікувана середня квадратична похибка поперечного лінійного

переміщення буде дорівнювати:

$$m_d = m_a \cdot L/\rho'' = \pm 5 \cdot 150000/206265 = \pm 1.5 \text{ мм.}$$

Похибка вимірювання похилої відстані тахеометром NTS-382R10 становить ± 2 мм. Тож, за умови рівного впливу, середньоквадратична похибка визначення координат контрольної



марки складатиме $\sqrt{1,5+2} \approx \pm 1,8$ мм. Також враховуються похибка за центрування приладу, похибка за наведення на мішень відбивача та вплив довкілля. Таким чином, величина похибки визначення координат контрольних марок не перевищувала $\approx \pm 3$ мм.

При використанні цього методу стійкість вихідних знаків спостережної станції є вирішальною умовою успішного проведення вимірів переміщень. Важливим також є вибір непорушних орієнтирних пунктів для прив'язки кутових вимірів.

Вертикальні конструкції (зовнішні стіни) будівлі оснащено світловідбивачами, які встановлено на найвищій частині будівлі (рис. 13).

Вихідні знаки планової основи закладено поза зоною очікуваного впливу від можливих деформацій. Стійкість вихідних знаків контролювалась вирішенням зворотної лінійно-кутової засічки на віддалені орієнтири. За даними контролю за весь час вимірювань вихідні знаки свого планового положення не змінили. Всього проведено 5 циклів упродовж двох місяців.

За результатами спостережень склалися каталоги координат, обчислювалися наявні горизонтальні переміщення, обчислювалися величини сумарного вектору горизонтальних переміщень та їх напрямки.

Результати спостереження горизонтальних переміщень представлені у вигляді сумарних

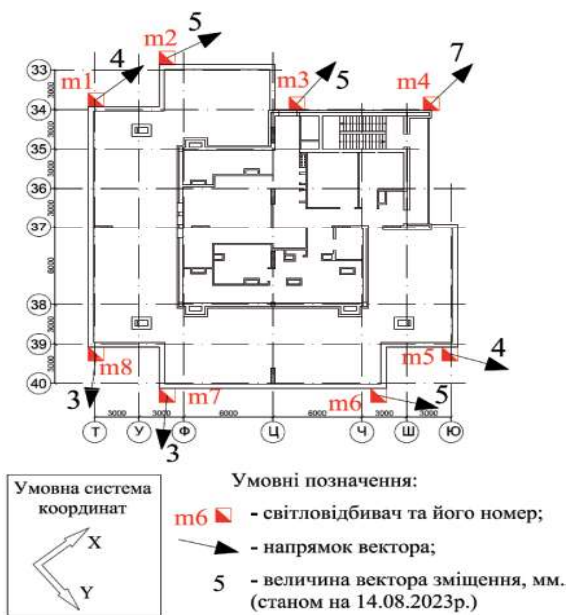


Рисунок 14 – Результати спостережень горизонтальних переміщень спостережних марок



Рисунок 13 – Місця встановлення спостережних марок (світловідбивачів) на вертикальних конструкціях будівлі

векторів станом на останній цикл (14 серпня 2023 року) (рис. 14). Також для наочності сприйняття часових змін побудовано графік розвитку в часі (рис. 15).

За результатами моніторингу величин горизонтальних переміщень каркасу будівлі зафіксовано переміщення величиною до 7 мм упродовж 50 днів.

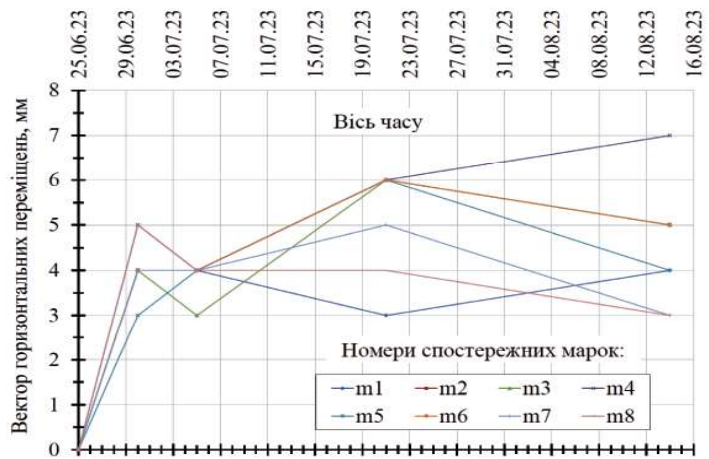


Рисунок 15 – Графік розвитку в часі векторів горизонтальних переміщень спостережних марок



Спостереження вертикальних переміщень верхньої частини будівлі.

Необхідність робіт обумовлена пошкодженням пілонів на 17-му, 18-му та 19-му поверхах, а також за результатами попереднього геодезичного обстеження зафіксовано значні вертикальні переміщення (до 90 мм) на 19-му та (до 60 мм) на технічному поверхах. Зафіксовані деформації свідчать про суттєві зміни геометричного положення основних несучих конструкцій частини будівлі, що вище місця ураження, та не виключають розвитку деформаційних процесів надалі. Тому, необхідністю стало включення спостереження вертикальних переміщень верхньої частини будівлі до складу робіт з моніторингу на етапі детального обстеження.

Для фіксації наявних деформаційних процесів у будівлі встановлено спостережну станцію на вертикальних елементах технічного поверху та покрівлі будівлі. Спостережна станція являє собою мережу осадкових марок, які надійно закріплені на вертикальних елементах.

При виконанні спостережень за вертикальними переміщеннями несучих елементів каркасу влаштовується не менше трьох вихідних реперів для забезпечення взаємного контролю стійкості їх відміток.

Всього в вихідну висотну мережу включено 3 репери. Така їх кількість забезпечує необхідну точність визначення вертикальних переміщень, прийняту в нашому випадку $\pm 1,0$ мм для найбільш віддаленої від вихідного реперу марки. Висотні положення реперів були визначені з мінімальною можливою граничною помилкою.

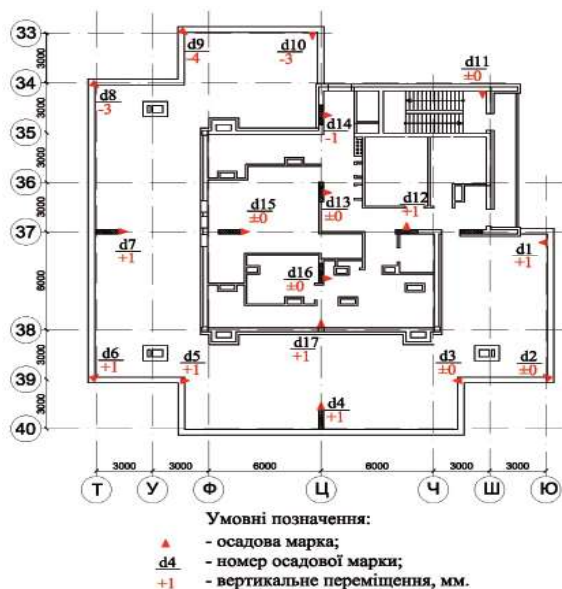


Рисунок 16 – Результати спостережень вертикальних переміщень верхньої частини будівлі

Зручністю було те, що сусідня секція не була ушкоджена і, відповідно, по ній будівельні роботи не проводилися (тобто, це було ідеальне місце для встановлення реперів). В більшості випадків поруч розташованих будівель зі спільним дахом не завжди вистачає.

В такому випадку за реперну точку можливо приймати деформаційну марку, що не має відхилень.

Марки служать постійними знаками для встановлення на них рейки під час нівелювання. При цьому конструкція марки повинна забезпечувати можливість установки рейки при повторному нівелюванні на одну й ту ж фіксовану точку.

Усього на вертикальних елементах технічного поверху та покрівлі будівлі закладено 17 осадкових марок. Схема розташування та нумерація осадкових марок представлена на рис. 16.

Вимірювання вертикальних переміщень будівлі здійснювалось методом геометричного нівелювання II класу точності.

Для виконання вимірювань вертикальних переміщень верхньої частини каркасу будівлі використовувався високоточний електронний нівелір, «Sokkia» SDL-30 та кодова рейка з інварною стрічкою.

Величина переміщення перекриття будівлі під кожною деформаційною маркою обчислюється як різниця між відмітками цієї марки, отриманої в останньому циклі вимірів, і відміткою, отриманою в першому циклі вимірів.

За результатами спостережень складено відомість відносних відміток та величин вертикальних переміщень деформаційних марок (табл. 1.) В табл. 1 для більш повного уявлення про характер розвитку вертикальних переміщень в часі в стовпчиках ΔH наведені сумарні величини переміщень відносно першого циклу вимірів (25 червня 2023 року).

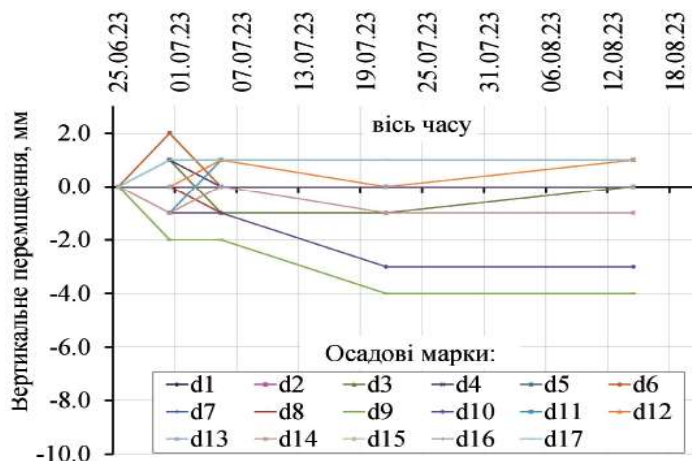


Рисунок 17 – Графік розвитку в часі вертикальних переміщень осадкових марок



Таблиця 1 – Відомість відносних відміток та величин вертикальних переміщень деформаційних марок

Номер деформ. марки	Цикл 1	Цикл 2	Цикл 3	Цикл 4	Цикл 5
	Відмітка, м	ΔH , мм	ΔH , мм	ΔH , мм	ΔH , мм
0	1	2	3	4	5
d1	70.000	1	0	0	1
d2	70.547	1	0	0	0
d3	70.594	1	-1	-1	0
d4	69.895	1	0	0	1
d5	70.530	2	0	0	1
d6	70.519	2	0	0	1
d7	69.802	1	1	0	1
d8	70.492	0	-1	-3	-3
d9	70.485	-2	-2	-4	-4
d10	69.884	-1	-1	-3	-3
d11	69.279	-1	1	0	0
d12	69.234	0	1	0	1
d13	69.411	0	0	0	0
d14	69.393	-1	0	-1	-1
d15	69.409	0	0	0	0
d16	69.511	0	0	0	0
d17	69.434	1	1	1	1
Сер. знач.		0.3	-0.1	-0.6	-0.2

Результати спостереження вертикальних переміщень представлені у вигляді сумарних величин станом на останній цикл (14 серпня 2023 року) (рис. 16). Також для наочності сприйняття часових змін побудовано графік розвитку в часі (рис. 17).

За результатами моніторингу величин вертикальних переміщень каркасу будівлі зафіксовано переміщення величиною від +1 до -4 мм протягом 50 днів.

Моніторинг прогинів перекриттів.

Пошкодження та руйнування основних несучих конструкцій в місці влучання призвели до суттєвих змін висотного положення перекриттів, що знаходяться вище місця влучання. На 20-му поверсі, що візуально уцілів, по перекриттю зафіксовано до -75 мм відхилень від горизонталі на етапі попереднього обстеження. Вірогідність подальшого розвитку була висока, тож на етапі детального обстеження за необхідне став моніторинг прогинів перекриттів.

Попереднім етапом моніторингу є обладнання спостережної станції, тож перекриття 20-го поверху було обладнано мережею спостережних (деформаційних) марок загальною кількістю 36 шт. (рис. 18). До вихідної висотної мережі вклю-

чено 2 репери, що закріплювалися на конструкціях ядра жорсткості, яке не повинно піддаватися деформаціям. Марки служать постійними знаками для встановлення на них рейки під час нівелювання. При цьому конструкція марки повинна забезпечувати можливість установки рейки при повторному нівелюванні на одну й ту ж фіксовану точку. Через відсутність доступу до всієї площі 20-го поверху спостережна станція розповсюджувалася на ту частину, що зазнала найбільших деформацій. Такої кількості спостережних марок виявилось цілком достатньо для контролю зони поширення деформацій.

Вимірювання вертикальних переміщень (прогинів) перекриття будівлі здійснювалось методом геометричного нівелювання II класу точності. Для виконання вимірювань використовувався високоточний електронний нівелір «Sokkia» SDL-30 та кодова рейка.

За відсутності вільного доступу через зруйновані перекриття вимірювання дозволяється виконувати шляхом тригонометричного нівелювання у безвідбивачевому режимі, що дозволяє безконтактним способом отримати дані про вертикальне положення перекриття. Недоліком такого способу є те, що цей метод значно поступається точністю [9].

Величина переміщення перекриття будівлі під кожною деформаційною маркою обчислюється як різниця між відмітками цієї марки, отриманої в останньому циклі вимірів, і відміткою, отриманою в першому циклі вимірів.

За результатами спостережень складено відомість відносних відміток та величин вертикальних переміщень деформаційних марок. За даними відомості побудовано графік розвитку деформацій в часі (рис. 19). Зафіксовані деформації впродовж всього періоду моніторингу (50 днів) досягають -6 мм.

За результатами спостережень складено відомість відносних відміток та величин вертикальних переміщень деформаційних марок. За даними відомості побудовано графік розвитку деформацій в часі (рис. 19). Зафіксовані деформації впродовж всього періоду моніторингу (50 днів) досягають -6 мм.

Аналіз моніторингу.

Основними вихідними даними для початку робіт з моніторингу є результати геодезичних робіт на етапі попереднього обстеження. Ці роботи дозволили встановити ступінь пошкодження та критично важливі місця, що підлягають обов'язковому контролю. На основі робіт з попереднього обстеження складалася об'єми моніторингу та технологія проведення робіт.

За результатами моніторингу величин горизонтальних переміщень каркасу будівлі зафіксовано

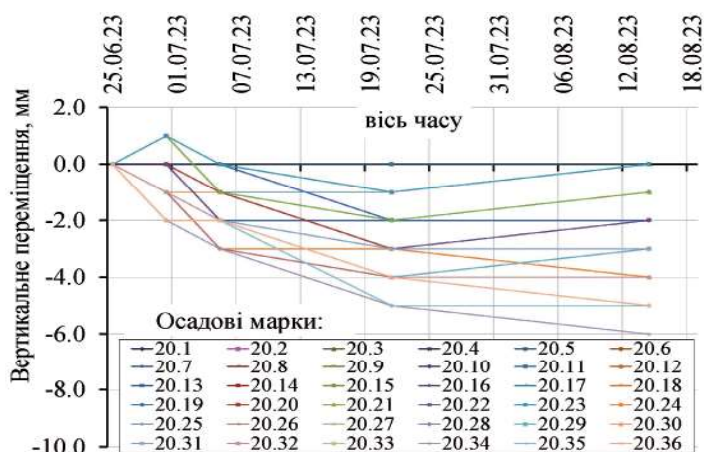
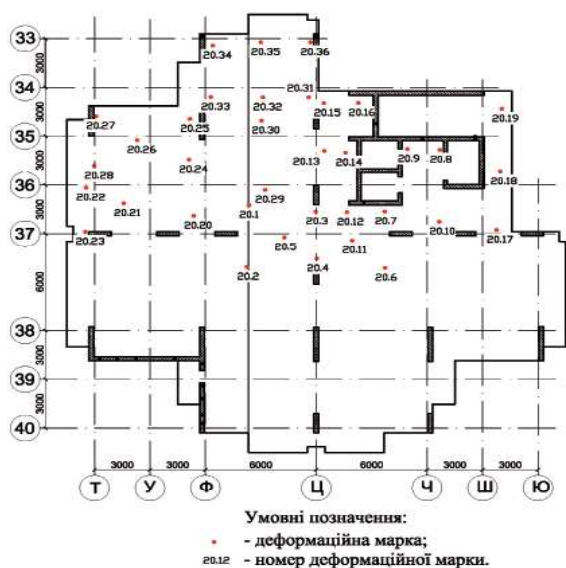


Рисунок 19 – Графік розвитку в часі вертикальних переміщень деформаційних марок

Рисунок 18 – Результати спостережень вертикальних переміщень перекриття 20-го поверху будівлі

переміщення величиною до 7 мм протягом 50 днів. Зафіксовані горизонтальні переміщення незначні та не впливають на погіршення технічного стану.

За результатами інструментального моніторингу вертикальних переміщень верхньої частини будівлі зафіксовано переміщення від +1 до -3 мм. Зафіксовані прирости вертикальних переміщень протягом 50 днів незначні та не впливають на погіршення технічного стану, але корелюються з горизонтальними переміщеннями каркасу.

За результатами інструментальних спостережень розвитку прогинів перекриття (20-й поверх) зафіксовано до 6 мм приросту вертикальних переміщень протягом 50 днів.

Регулярний контроль вищезазначених показників надав можливість спростувати виникнення стрімких деформацій на етапі детального обстеження, що, в свою чергу, вплинуло на остаточні висновки та рекомендації щодо організації робіт з відновлення.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Геодезичні роботи у складі обстеження будівель, що постраждали від російської агресії, є вкрай необхідними та актуальними. Інженерно-геодезичні методи робіт на етапі попереднього обстеження дають змогу виявити зміну геометричних форм будівель та їх конструкцій, що впливають на технічний стан та які можливо підтвердити або спростувати лише шляхом інструментальних досліджень. До цього переліку відносяться: крени кутів та вихід із вертикальної площини стін та колон будівлі, а також проги-

ни та вигини перекриттів, що не завжди можливо оцінити, не використовуючи інструментальних методів.

Слід зауважити, що у випадку, коли один параметр може задовольняти нормативним показникам, а інший перевищує гранично допустимі значення, геодезичне обстеження слід проводити в комплексі, перевіряючи не лише зовнішні стіни, а й внутрішні перекриття і колони.

Геодезичні роботи (здебільшого, це моніторинг на етапі детального обстеження) посідає надважливу роль та надає можливість завчасно відреагувати на початок деформаційних процесів, що призводять до обвалів та зрушень.

Геодезичний моніторинг має виконуватися комплексно, аби виключити будь-який можливий вплив на уцілілі конструкції та забезпечити детальний контроль нестабільних конструкцій. Моніторингу підлягають такі параметри: контроль розвитку кренів, спостереження прогинів перекриттів, контроль висотного положення верхньої частини (найвищого поверху) каркасу будівлі, моніторинг розкриття тріщин. Всі ці роботи зі спостереження підбираються індивідуально в залежності від ступеня пошкодження та від конструктиву будівлі [4, 9].

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Методика обстеження будівель та споруд пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів: наказ Міністерства розвитку громад та територій України 28.04.2022 року. № 65. 38 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їхнього технічного стану. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 47 с.



3. Обстеження житлового будинку по вул. Митрополита Василя Липківського, 37 В, який пошкоджено внаслідок військових дій. Звіт про НТР. Київ: Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій (НДІБК), 2023. 198 с.
4. Яковенко, М. Щодо питань геодезичного обстеження будівель, що постраждали внаслідок воєнної агресії російської федерації. Наука та будівництво. 2023. № 33 (3-4). С. 37-48. <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-4>
5. Лісеній, О., Глуховський, В., Мар'єнков, М., Дубовик, С., Любченко, І., Яковенко, М. Обстеження, оцінка технічного стану та умови відновлення житлового будинку на проспекті В. Лобановського, 6-А в м. Києві, пошкодженого внаслідок воєнних дій. Наука та будівництво. 2023. № 33 (3-4). С. 55-68. <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-6>
6. Любченко, І., Фаренюк, Г., Рубан, Ю. Обстеження та аварійно-відновлювальні роботи на об'єктах, які зазнали пошкодження внаслідок збройної агресії російської федерації. Наука та будівництво. 2023. № 33(3-4). С. 49-54. <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-5>
7. Табаркевич, Н., Сергійчук, В., Белоконь, А., Табаркевич, О. Особливості обстеження та оцінки технічного стану житлового будинку, пошкодженого внаслідок військових дій, щодо його придатності до подальшої експлуатації. Наука та будівництво. 2023. № 35(1). С. 27-42. <https://doi.org/10.33644/2313-6679-1-2023-4>
8. Мелашенко, Ю., Слюсаренко, Ю., Іщенко, Ю., Павлюк, Є. Досвід обстеження панельних будинків, пошкоджених внаслідок бойових дій. Наука та будівництво. 2023. № 36(2). С. 41-50. <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-5>
9. Зорін, Є., Яковенко, М., Бень, І. Геодезичний моніторинг часових змін деформованого стану під час відновлення будівлі-споруди, що постраждала від бойових дій внаслідок воєнної агресії РФ. Наука та будівництво. 2023. № 36(2). С. 51-66. <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-6>
10. Табаркевич, О., Сергійчук, В., Табаркевич, Н. Відновлення пошкоджених обстрілами житлових будинків Чернігівщини. Наука та будівництво. 2023. № 37(3). С. 63 – 70. <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-7>
11. Яковенко, М., Мелашенко, Ю., Зорін, Є., Бень, І. Багаторічний моніторинг деформацій будівель і споруд геодезичними методами. Наука та будівництво. 2023. № 37(3). С. 71 – 87. <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-8>

12. Іщенко Ю., Слюсаренко Ю., Мелашенко Ю., Яковенко М., Бень І. Геотехнічний моніторинг в умовах ущільненої міської забудови. Наука та будівництво. 2020. № 25(3). С. 13 – 25. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v25i3.2>
13. Яковенко М., Нестеренко О. Огляд видів геодезичного моніторингу будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2020. № 55. С. 341-350.
14. Яковенко, М., Нестеренко, О., Зорін, Є., Бень, І. Моніторинг сезонного розкриття тріщин на прикладі національного заповідника «Софія Київська». Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування. 2021. № 61. С.276–291. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.61.276-291>
15. Яковенко, М. Просторова модель та розвиток деформацій в часі за результатами геодезичного моніторингу підпірної стіни. InterConf. 2021. № 51. С. 962-972 .

REFERENCES

1. Ministry of Community and Territory Development of Ukraine. (2022, April 28). Methodology for surveying buildings and structures damaged as a result of emergencies, hostilities, and terrorist acts (Order No. 65).
2. DSTU-N B V.1.2-18:2016. (2017). Guidance on Surveying Buildings and Structures to Determine and Assess Their Technical Condition. Kyiv: DP "UkrNDNC".
3. State Research Institute of Building Structures (NDIBK). Survey of the residential building at 37V Metropolitan Vasyl Lypkivskyi Street, damaged as a result of hostilities. Report on scientific and technical research. Kyiv, Ukraine.
4. Yakovenko, M. (2023). On the issues of geodetic surveying of buildings damaged by the military aggression of the Russian Federation. Science and Construction, 33(3-4), 37-48.
5. Lisenyi, O., Glukhovskiy, V., Marienkov, M., Dubovyk, S., Liubchenko, I., & Yakovenko, M. (2023). Survey, assessment of the technical condition, and restoration conditions of the residential building at 6A V. Lobanovskiy Avenue in Kyiv, damaged as a result of hostilities. Science and Construction, 33(3-4), 55-68.
6. Liubchenko, I., Farenjuk, H., & Ruban, Yu. (2023). Survey and emergency restoration work on facilities damaged by the armed aggression of the Russian Federation. Science and Construction, 33(3-4), 49-54.
7. Tabarkevych, N., Serhiychuk, V., Belokon,



- A., & Tabarkevych, O. (2023). Features of surveying and assessing the technical condition of a residential building damaged by hostilities for its suitability for further use. *Science and Construction*, 35(1), 27-42.
8. Melashenko, Yu., Slyusarenko, Yu., Ishchenko, Yu., & Pavlyuk, Ye. (2023). Experience in surveying panel buildings damaged as a result of hostilities. *Science and Construction*, 36(2), 41-50.
 9. Zorin, Ye., Yakovenko, M., & Ben, I. (2023). Geodetic monitoring of temporal changes in the deformed state during the restoration of a building/structure damaged by hostilities due to the military aggression of the Russian Federation. *Science and Construction*, 36(2), 51-66.
 10. Tabarkevych, O., Serhiychuk, V., & Tabarkevych, N. (2023). Restoration of residential buildings in Chernihiv region damaged by shelling. *Science and Construction*, 37(3), 63-70.
 11. Yakovenko, M., Melashenko, Yu., Zorin, Ye., & Ben, I. (2023). Long-term monitoring of deformations of buildings and structures using geodetic methods. *Science and Construction*, 37(3), 71-87.
 12. Ishchenko, Yu., Slyusarenko, Yu., Melashenko, Yu., Yakovenko, M., & Ben, I. (2020). Geotechnical monitoring in conditions of dense urban development. *Science and Construction*, 25(3), 13-25.
 13. Yakovenko, M., & Nesterenko, O. (2020). Overview of types of geodetic monitoring of buildings and structures in complex engineering-geological conditions. *Contemporary Issues of Architecture and Urban Planning*, 55, 341-350.
 14. Yakovenko, M., Nesterenko, O., Zorin, Ye., & Ben, I. (2021). Seasonal crack opening monitoring using the example of the "Sofia Kyivska" national reserve. *Contemporary Issues of Architecture and Urban Planning*, 61, 276-291.
 15. Yakovenko, M. (2021). Spatial model and development of deformations over time based on geodetic monitoring of a retaining wall. *InterConf*, 51, 962-972.

Стаття надійшла до редакції 8.05.2024