



УДК 624.04:624.15



ГЛАДИШЕВ Г.М.
Канд. технічних наук, доц.,
Національний університет
„Львівська політехніка”,
м. Львів, Україна,
e-mail: hennadii.m.hladyshchuk@lpnu.ua,
тел.: +38 (097) 238-75-90,
ORCID: 0000-0002-2671-5579



ГЛАДИШЕВ Д.Г.
Канд. технічних наук, доц.,
Національний університет
„Львівська політехніка”,
м. Львів, Україна,
e-mail: dmytro.h.hladyshchuk@lpnu.ua,
тел.: + 38 (067) 925-99-94,
ORCID: 0000-0003-3978-8600



ГЛАДИШЕВ Р.Д.
Студент, Національний університет
„Львівська політехніка”,
м. Львів, Україна,
e-mail: Roman.Hladyshchuk.BD.2015@lpnu.ua,
тел.: +38 (093) 756-87-87

ВПЛИВ ДОВГОТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РІЗНОТИПНИХ ПАЛЬОВИХ ТА ІНШИХ ФУНДАМЕНТІВ У ЗАТОРФОВАНИХ ГРУНТАХ НА ЗМІНУ КАТЕГОРІЙ ТЕХНІЧНИХ СТАНІВ БУДИНКІВ В УМОВАХ УЩІЛЬНЕНОЇ ЗАБУДОВИ

АНОТАЦІЯ

Розглянуто групу з трьох будинків у центральній частині м. Львова. Один з них, будинок № 23-А, збудований в середині цієї групи 45 років тому і, згідно з чинними нормативними документами є новобудовою по відношенню до інших будинків цієї групи. Розглянуті будинки на час проектування не були розраховані на зусилля, що виникають при їх взаємодії через основу. Особливо це стосується будинку № 23-А, в якому під торцеві цегляні стіни виконано пальові фундаменти на набивних залізобетонних круглих висячих палях довжиною до 9 м. Під колони рамного каркасу виконано пальові фундаменти із забивних залізобетонних коротких пірамідальних паль довжиною 2 м, що за умовами взаємодії з ґрунтовою основою є ущільнюючі та висячі.

Геодезичним методом зафіксовано вертикальні переміщення будинків відносно умовного нульового рівня. Зафіксований деформований стан будинків інтегрально враховує і деформований стан ґрунтів основи під їх фундаментами. Отримані нахили та прогини остовів будинків порівняні з граничним значенням. Фактичний прогин будинку № 23-А перевищує максимальне граничне осідання $S_{max,u}=0,1\text{м}$ для такого типу будинків.

Відсутність стабільності осідань існуючих різнотипних фундаментів суміжних будинків та їх різкі перепади пов'язані з конструктивними особливостями фундаментів та різним характером їх роботи в межах фіксованих інженерно-геологічних умов ділянки будівництва. Застосування у пальових фундаментах будинку паль різних типів за характером їх роботи спричинило разом із погіршенням інженерно-геологічного стану основ, значні прогини будинку за рахунок нерівномірних осідань різних типів пальових фундаментів.

Проведений аналіз отриманих характерних геометричних параметрів будівель вказує на те, що жорсткість несучих та самонесучих стін та відповідно і просторова жорсткість самих будинків зменшується в процесі довготривалої експлуатації. **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ущільнена забудова, довготривала експлуатація, обстеження, фундаменти різних видів, деформації, категорії технічного стану

HLADYSHEV H.M. Ph.D., Ass. Prof., Lviv Polytechnic National University,
Lviv, Ukraine,
e-mail: hennadii.m.hladyshchuk@lpnu.ua,
tel.: +38 (097) 238-75-90,
ORCID: 0000-0002-2671-5579



HLADYSHEV D.H. Ph.D., Ass. Prof., Lviv Polytechnic National University,
Lviv, Ukraine,
e-mail: dmytro.h.hladyshev@lpnu.ua,
tel.: +38 (097) 238-75-90,
ORCID: 0000-0003-3978-8600

HLADYSHEV R.D. Student, Lviv Polytechnic National University,
Lviv, Ukraine,
e-mail: Roman.Hladyshev.BD.2015@lpnu.ua,
tel.: +38 (093) 756-87-87

THE INFLUENCE OF A LONG-TERM OPERATION OF THE DIVERSE PILED AND OTHER FOUNDATIONS IN THE PEATY SOILS ON THE CHANGE OF THE CATEGORIES OF BUILDINGS TECHNICAL STATES IN THE CONDITIONS OF A DENSELY BUILT-UP AREA

ABSTRACT

There has been considered a group, consisting of three houses No 21, 23-A, and 25 in the central part of Lviv. The house No 23-A, built in the middle of the group 45 years ago is considered to be the newly-built one according to the applicable regulatory documents, in comparison with other houses of the group. In the course of their design, the above-mentioned houses were not designated to the load that has appeared in the course of their interaction through the foundation. It especially refers to the house 23-A where under end brick walls there are performed piles foundations on the built-in-place reinforced-concrete round hanging piles, the length of which is 8 m and 9 m. Between the end walls, under the columns of transfer girders there are performed piles foundations consisting of built-in-place reinforced-concrete short pyramid-shaped piles the length of which is 2 m, which upon the condition of interaction with ground bed are condensing and hanging.

By means of surveying method by reference points on the buildings faces there were fixed the vertical footing displacements under the houses' foundations towards the reference surface. The reference points were fixed on the areas, which under possible cosmetic repairs in the course of operation actually have not changed their initial state. The fixed relative vertical displacements, which have appeared in the buildings from the moment of their construction to the moment of their inspection, enable defining all the necessary data for the analysis of spatial joint deformations of the group of buildings. The fixed deformed state of buildings integrally considers the deformed state of the footing soil under their foundations.

The analyses of actual vertical deformations of this group of buildings has been carried out and the distinctive indications of deformations for each of the buildings have been determined. The received slopes of the houses' frames were compared with the

specific values. The actual buckling of house No 23-A exceeds even the maximum available settlement value $S_{max,u}=0,1$ m for such type of buildings.

Lack of stability of the settlements of the existing different-type foundations of the neighbouring buildings and their sudden change is related to the constructive peculiarities of the foundations and different approach to their performance within the limits of the fixed geological engineering conditions of the building plot.

The base layer of soil, which is the basis for the girder foundation and short pyramid-shaped piles, within 52 years has changed its stress-related characteristics, namely: according to geology of 1965 the layer of EGE-2 – fluid plastic muck low-density loams with layer of turf; according to the geology of 2017– EGE-2 – dark-grey to black plastic clay poorly mucked with layers of very soft loam and turf and aqueous sand lens. According to the geology of 2017 sand blanket which is 1m thick under foundation frameworks and pyramid-shaped piles is considered as EGE-1a – filled soil, poured at the building, which actually excludes these foundations from the operation within the limits of the ground element EGE-2.

Under the condition of a substantial modification of the state of soil within 52 years, it is impossible to stabilize the buckling of the building without substantial strengthening of 4-6 meter-layer of the ground element EGE-2, the ground to provide its sufficient stress-related characteristics.

The use of different types of piles and approaches to work in piles foundations of the building caused, together with worsening of engineering-geological state of the footings, substantial buckling of the house because of uneven settlement of different kinds of piles foundations.

The carried out analysis of characteristics of the geometrical parameters of the buildings (slopes, buckling, difference of settlements, landslides etc.) points to the fact that the hardness of the supporting and self-supporting walls and, correspondingly, a spatial hardness of the buildings themselves reduces in the course of the long-term operation.

The category of the technical state of the house No 23-A, based on the analysis of the received data, should be considered as the transitional one, from unsatisfactory „3” to critical „4”.

KEY WORDS: closely built-up area, long-term operation, inspection, different-type foundations, deformations, categories of the technical state.

ВСТУП

Метою розрахунків основ пальових фундаментів та фундаментів мілкового закладання [1, 2] за деформаціями є в першу чергу обмеження абсолютних чи відносних вертикальних переміщень такими границями, при яких гарантується безпечна експлуатація будівлі. При цьому, не понижується її довговічність за рахунок недопущення появи значних показників прогинів,



вигинів, кренів, нерівномірних осідань сусідніх рам чи елементів просторового каркасу та відповідно і їх фундаментів, що змінює розташування опор несучих конструкцій перекриттів на ригелях рам та на несучих стінах і викликає розлад з'єднань.

Вертикальні деформації та міцність основ під фундаментами і деформація та міцність надфундаментних конструкцій будинків при їх проектуванні повинні бути перевірені розрахунками, для врахування зусиль і додаткових деформацій, що можуть виникнути в будинках при взаємодії їх конструктивних елементів через основу. Окрім цього, слід враховувати взаємовплив сусідніх будинків в ущільненій забудові через додаткові вертикальні напруження в основі під стрічковими, окремо розташованими фундаментами і під умовними підшвами пальових фундаментів на рівні кінців їх висячих паль [1 - 3]. Тому, аналіз впливу сумісних деформацій будинків з фундаментами різних видів у складних інженерно-геологічних умовах ділянки є актуальним.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

До розташованих в умовах ущільненої забудови слід відносити будинки, в основах яких зони напружень і переміщень, визначені як для незалежних окремо розташованих будинків, перетинаються [1].

До таких умов будівництва відносяться і будинки цілого кварталу по вул. І. Франка у м. Львові, де розташовані будинки за номерами 21, 23-А, 25 (рис. 1).

На час виконання обстеження, будинок по вул. І. Франка, 23-А знаходиться в історично сформованій забудові 45 років і у 1972 році був новобудовою, на відміну від інших будинків в обстеженому кварталі, що збудовані 80 - 90 років тому.

План будинку № 23-А з осями, фасад, прив'язка його фундаментів та фундаментів торцевих стін

будинків № 21 та № 25 у зафіксованих інженерно-геологічних умовах ділянки, зображені на рис. 2.

Розглянуті будинки на ділянці старої забудови, на час проектування не були розраховані на зусилля, що виникають при їх взаємодії через основу. Особливо це стосується будинку 23-А, в якому виконані пальові фундаменти на набивних залізобетонних круглих висячих палях довжиною 8 м та 9 м. Палі об'єднані стрічковими ростверками під стіни по осях „2” та „6”. Пальові фундаменти під колони по осях „3”, „4”, „5” виконані із забивних залізобетонних коротких пірамідальних паль довжиною 2 м, що за умовами взаємодії з ґрунтовою основою є ущільнюючі і висячі.

Згідно з чинними нормативними документами конструктивної безпеки будівлі, що розташовані в зоні давно сформованої малоповерхової щільної забудови, обов'язково підлягають обстеженню за своїм технічним станом у фіксовані нормативні терміни, якщо ділянки під нове будівництво знаходяться у безпосередньому наближенні до щільної старої забудови.

На прикладі будинку № 23-А, що був новобудовою 45 років тому, можна розглянути його довготривалий вплив на конструктивну безпеку [4] прилеглих до нього будинків № 21 та № 25 більш старої щільної забудови.

Для відношення трьох будинків (№ 21, № 23-А та № 25) до однієї з категорій технічних станів за вимогами [5], слід заміряти геодезичним методом [6] їх відносні вертикальні переміщення у характерних точках їх фасадів.

Категорії технічних станів окремих конструкцій будинків визначаються згідно з вимогами [5] шляхом спільного аналізу дефектів та ушкоджень, а також результатів перевірочних розрахунків. Технічний стан окремої будівельної конструкції характеризується однією з чотирьох категорій: „1” – нормальний, „2” – задовільний, „3” – непридатний до нормальної експлуатації, „4” – аварійний.

Порівняння та аналіз отриманих показників вертикальних відносних переміщень характерних точок на будинках за тривалий час їх експлуатації з нормованими граничними показниками деформацій [1-3, 7-9] дають можливість віднести їх стан до однієї з чотирьох категорій технічних станів, що зазначені у [5].

МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метою роботи є розробка методології випереджаючої інтегральної оцінки технічного стану будинків в цілому за станом довготривалого деформування їх остовів у складних інженерно-геологічних умовах у межах старої ущільненої забудови.



Рис. 1. Група з трьох будинків №№: 21, 23-А, 25 (зліва - направо) по вул. Івана Франка у м. Львові. Будинок № 23-А побудований на місці зруйнованого будинку

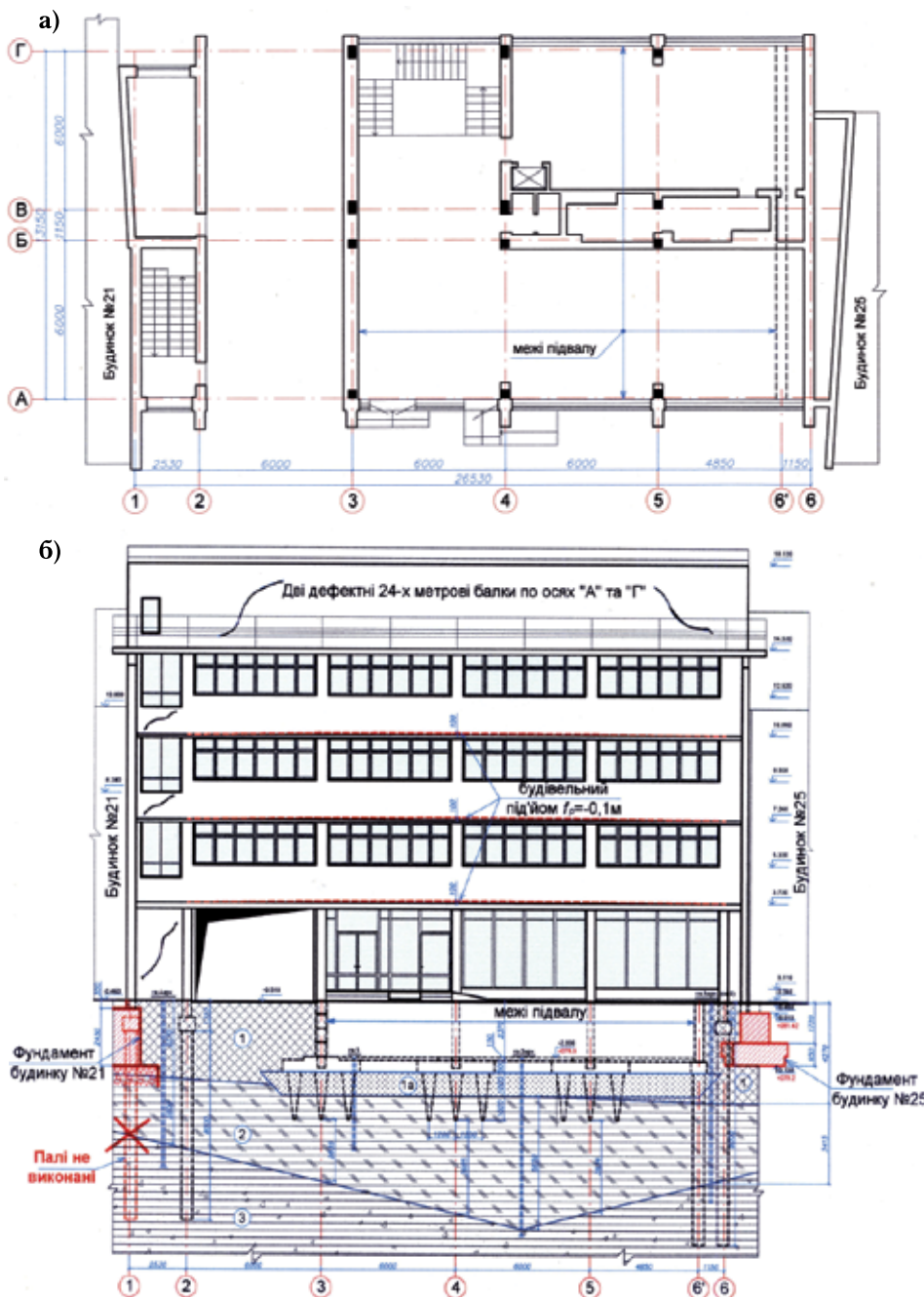


Рис. 2. План першого поверху будинку № 23-А – а; головний фасад будинку з підземною його частиною із улаштуванням його фундаментів в межах інженерно-геологічних умов ділянки будівництва – б

Задачами досліджень є:

- виконати заміри геодезичним методом значень відносних вертикальних переміщень трьох будинків в межах розглянутої ділянки щільної забудови зі складними інженерно-геологічними умовами;
- визначити, за отриманими експериментальними даними, фактичні характерні параметри деформацій кожного будинку в обстеженій групі та виділити основні, що можна порівняти з граничними нормативними значеннями показників вертикальних деформацій та даними перевірочних розрахунків;

- визначити категорії технічного стану обстежених будинків № 21, № 23-А, № 25;
- порівняти фактично отримані прогини будинку № 23-А, що має пальові фундаменти різних видів, на відміну від суміжних будинків № 21 та № 25, що мають стрічкові фундаменти, з теоретичними розрахунками прогинів будинку № 23-А за новими інженерно-геологічними даними, що виконані у червні 2017 року та порівняти ці дані з інженерно-геологічними дослідженнями, що виконані на час проектування будинку у 70-х роках 20 століття.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Оцінку категорій технічних станів остовів будівель можна виконувати як і їх окремих частин, що можна виділити за основними функціональними і конструктивними ознаками (п. 4.15 [10]).

Для прикладу, розглянемо визначення параметрів фактичного деформування стін головних фасадів трьох будинків №№ 21, 23-А, 25, що розташовані в межах одного кварталу.

Під час інструментального обстеження був використаний геодезичний метод, що дав можливість досить швидко визначити

фактичні вертикальні відносні переміщення трьох згрупованих будинків разом з їх основами у старій забудові Львова. Були зафіксовані вертикальні переміщення основи під фундаментами будинків відносно умовного нульового рівня. Для замірів були вибрані точки-репери на фасадах будинків. Реперні точки фіксували на характерних ділянках фасадів, що за можливі косметичні ремонти під час експлуатації не змінили свій початковий стан за рахунок збільшення нашарувань від ремонтних матеріалів.

Відносно горизонтальної площини заміряні фактичні вертикальні переміщення, що супро-



воджували будинки від часу будівництва до часу обстеження, тобто: 45 років експлуатації будинку № 23-А між будинками № 21 та № 25, що побудовані 80 - 90 років тому. Зафіксовані значення характерних параметрів деформування кожного будинку в обстеженій групі будівель наведено на рис. 3.

Виконаний аналіз фактичних вертикальних деформацій цієї групи будівель у старій забудові та визначені характерні їх показники для кожного будинку.

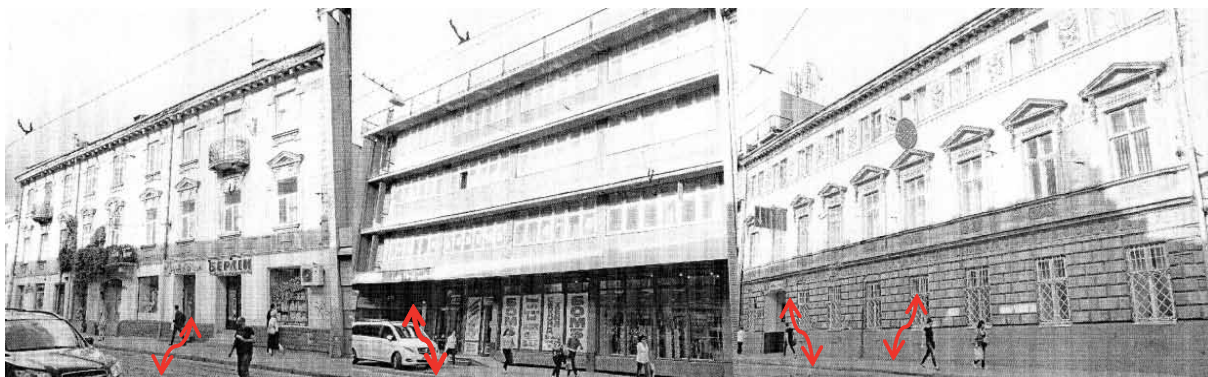
Значення сумісних деформацій основ, фундаментів і самої надземної частини будівлі обмежуються граничними деформаціями основ за

табл. И.1 [1], якщо конструкції будівель спеціально не розраховані на зусилля, що виникають при взаємодії їх з основою і в завданні на проектування значення граничних деформацій основи окремо не встановлені.

В процесі обмірів будівель зафіксовані горизонтальні прив'язки точок-реперів на елементах їх фасадів, де були заміряні фактичні вертикальні переміщення.

Зафіксовані деформовані схеми самих будівель інтегрально враховують і деформований стан ґрунтів основи під їх фундаментами. Фіксовані відносні вертикальні переміщення, що проявилися в будинках від часу будівництва до часу

а)



б)

Будинок № 21	Будинок № 23-А	Будинок № 25
$H=12,5$ м, $L=30$ м	$H=21,5$ м, $L=27,6$ м	$H=11,3$ м, $L=27,6$ м
$i_{\text{лів.}}=-0,0018$ $i_{\text{прав.}}=+0,00154$	Σ нахил, $i_{\text{заг.}}=-0,001$	$i_{\text{лів.}}=+0,0046$ $i_{\text{прав.}}=+0,0052$
	$i_{\text{лів.}}=-0,0091$ $i_{\text{прав.}}=+0,0091$	
Вертикальний зсув $\Delta=5,6$ см	Прогин $f=122$ мм	Вертикальний зсув $\Delta=4,1$ см

в)

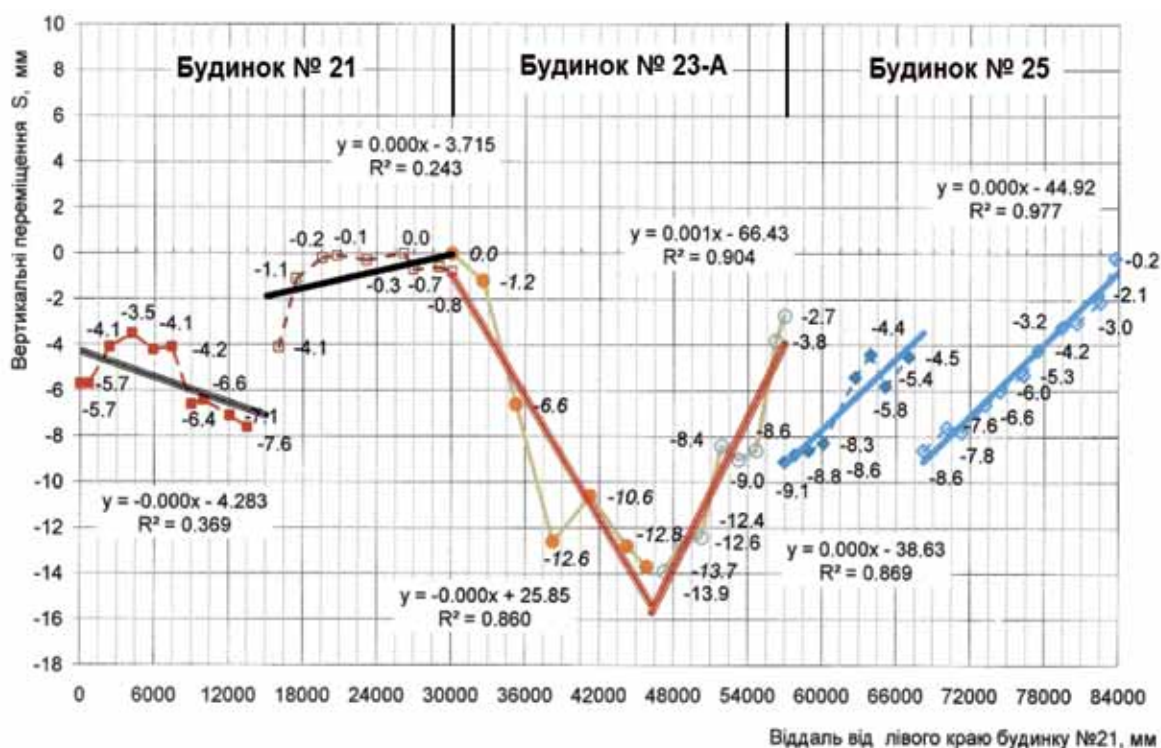


Рис. 3. Взаємовплив трьох будинків в умовах ущільненої забудови: а – фасади трьох будинків з позначеннями місць вертикальних зсувів (\blacktriangledown); б – значення параметрів деформування кожного будинку; в – зафіксовані показники відносних вертикальних переміщень кожного будинку



їх обстеження, дозволяють після їх внесення і апроксимації в середовищі Microsoft Excel визначити усі необхідні дані для аналізу просторових деформацій остовів будівель та їх окремих стін.

Проаналізуємо стан будинків за зафіксованими характерними показниками деформацій кожного будинку в обстеженій групі за тривалий час їх експлуатації та порівняємо їх із граничними нормативними значеннями, що діють на час обстеження.

Аналіз замірів відносних вертикальних переміщень по довжині будинків № 21, № 23-А та № 25, виконаних у процесі обстеження, показав:

- примикання фундаменту будинку № 23-А до будинку № 21 виконане з довантаженням фундаменту будинку № 21 стіною по осі „1” (рис. 2) будинку № 23-А, що викликало незначні деформації стрічкового фундаменту шириною підшви $b=3$ м під торцевою стіною будинку № 21, практично вісь „1” будинку № 23-А і приростом з часом відносних осадок на $\Delta S=15$ мм пальового стрічкового фундаменту осі „2”, що проявилось нахиленими тріщинами у підвіконних ділянках стіни між осями „1” та „2” (рис. 2);
- набивні пальові фундаменти по осі „2”, що відносяться до будинку № 23-А, виконані досить близько до підшви фундаменту будинку № 21;
- біля фундаменту торцевої стіни будинку № 21 не виконаний один ряд проектних паль за рахунок фактичної ширини підшви фундаменту $b=3,3$ м, що своєю консоллю перекрила вісь „1” будинку № 23-А, по якій потрібно було розташувати проектні палі під торцеву стіну;
- паловий фундамент під стіною по осі „2” відносно фундаменту по осі „1” осів на 15 мм більше. Це пов’язано з тим, що існуючий фундамент шириною 3,3 м під торцеву стіну двоповерхового будинку № 21 за ≈ 40 років до будівництва будинку № 23-А вже осів і додаткове навантаження від стіни по осі „1” будинку № 23-А не суттєво збільшило його осадку. На паловий фундамент під стіною по осі „2” будинку № 23-А діють значно більші навантаження, включаючи опорні реакції двох зовнішніх несучих балочних стін з прольотом 24,0 м по осях „А” та „Г” на технічному поверсі, тому зафіксована його більша осадка відносно фундаменту по осі „1”;
- будинок № 21 має поздовжній нахил від осі „1” від впливу попереднього будинку (№ 19). Від цього впливу, будинок № 21 отримав вертикальний зсув ($\Delta = 5,6$ см) в межах крізного проїзду з вулиці у подвір’я. Вертикальний зсув розділив будинок № 21 на дві частини, що отримали нахили різного напрямку: ліва частина $i=0,0018$, права частина $i=0,00154$. Отримані нахили двох частин будинку

№ 21 менші граничного значення $i_u=0,005$ відповідно у 2,78 та 3,25 рази;

- набивні пальові фундаменти по осі „6”, що відносяться до будинку № 23-А, виконані в межах підшви фундаменту будинку № 25, тому що фундамент з шириною підшви $b=2,95$ м своєю консоллю перекрив вісь „6” будинку № 23-А, по якій потрібно було розташувати проектні палі під торцеву стіну;
- фундамент будинку № 25 частково довантажений пальовими фундаментами та торцевою стіною по осі „6” будинку № 23-А, що викликало вертикальний зсув ($\Delta=4,1$ см) по підвіконних ділянках фасаду будинку № 25. По цьому зсуву, будинок № 25 розділюється на дві частини, що отримали нахили одного напрямку - до будинку № 23-А: ліва частина $i=0,0046$, права частина $i=0,0053$. Отримані нахили будинку № 25 наближені до граничного значення $i_u=0,005$.
- будинок № 23-А отримав поздовжній прогин ($f=0,122$ м) на довжині прольоту ($L=26,9$ м) між двома умовними опорами - фундаментами на палях стійках ($\phi=0,5$ м, $L=8-9$ м), що розташовані відповідно: з довжиною $L=8$ м біля торця будинку № 21 та з довжиною $L=9$ м біля торця будинку № 25;
- прогин $f=0,122$ м будинку № 23-А від нерівномірних деформацій основи - це віддалік від середини умовної лінії, що з’єднує значення відносних деформацій основи під правою та лівою умовними опорами на стрічкових фундаментах на висячих палях по осях „2” та „6” до точки максимальних деформацій основи у центральній частині будинку, під експериментальними на час будівництва фундаментами на висячих пірамідальних палях;
- пірамідальні палі ППу2-60-10 мають довжину $L=2$ м, розміри у верхній частині $0,6\times 0,6$ м, у нижній частині $0,1\times 0,1$ м. У центральній частині будинку, згідно проекту, палі занурені у піщану ущільнену ними подушку товщиною 1 м. Верх піщаної подушки знаходиться на рівні підшов ростверків. Відносна відмітка підшов ростверків $-0,65$ м від рівня підлоги підвалу та на відм. $-3,50$ м від рівня підлоги першого поверху, що відповідає абсолютній відм. $+282,33$ м. Занурення паль виконане у березні 1972 року;
- всі граничні показники, що пов’язані з обмеженням рівнів можливих вертикальних переміщень фундаментів існуючих та проєктованих будинків, для розглянутого будинку значно перевищені (рис. 3);
- відносні деформації між сусідніми пальовими фундаментами по осях „3”, „5” та між ними по осі „4” становлять $(\Delta S/L)=f/l$



$(L \times 0,5) = 0,122 / (26,9 \times 0,5) = 0,0091$, що у 4,55 рази більше граничного значення $0,5(\Delta s/L)_c$ $(\Delta s/L)_c = 0,002$ (табл. И.1, п. 1[1]) для збірною залізобетонного каркасу; теж саме між фундаментами по осях „4” та „3”, „5” та „6”;

- значення відносного граничного прогину f_u будинків (примітки табл. И.1, [1]), приймають $f_u = 0,5 \times (\Delta s/L)_c = 0,5 \times 0,002 = 0,001$; для розглянутого будинку № 23-А $f_u = L \times 0,001 = 26,9 \times 0,001 = 0,0269$ м, а відношення $f/f_u = 0,122 / 0,0269 = 4,55$ показує, що значення f_u каркасного будинку зі збірною залізобетону перевищене у 4,55 рази;
- фактичний прогин будинку $f = 0,122$ м перевищує навіть максимальне граничне осідання $S_{max,u} = 0,1$ м для такого типу будівель (п.1, табл. И.1 [1]).

Порівняємо фактично отримані прогини будинку № 23-А, що має пальові фундаменти, на відміну від суміжних будинків № 21 та № 25, що мають стрічкові фундаменти, з теоретичними розрахунками прогинів будинку № 23-А за новими інженерно-геологічними даними, що отримані на час обстеження у 2017 році у зв'язку з погіршенням інженерно-геологічного стану основ від проектного рівня під пірамідальними пальовими фундаментами у центральній частині будинку за 45 років з часу завершення будівництва будинку № 23-А.

Відсутність стабільності осадок існуючих різнотипних фундаментів суміжних будинків та їх різкі перепади пов'язані з конструктивними особливостями фундаментів та різним характером їх роботи в межах фіксованих інженерно-геологічних умов ділянки будівництва:

- біля торців прилеглих будинків № 21 та № 25 – стрічкові фундаменти на довгих висячих палях, що працюють в межах трьох інженерно-геологічних елементів за результатами геологічного обстеження 1965 року;
- ІГЕ-1 – насипні ґрунти з суміші битої цегли, заторфованого суглинку малої щільності від м'якопластичної до текучої консистенції, без надання інших показників;
- ІГЕ-2 – текучі пластичні заторфовані суглинки малої щільності з прошарками торфу ($E = 3$ МПа, $\varphi = 10^\circ$, $c = 0,0175$ МПа, $e = 2$, $\gamma = 14$ кН/м², з втратою ваги при прокалюванні 30%);
- ІГЕ-3 – глина мергеляста, від тугопластичної до твердої консистенції ($E = 15$ МПа, $\varphi = 18^\circ$, $c = 0,04$ МПа, $e = 1,1$, $\gamma = 18$ кН/м²);
- у центральній частині будинку № 23-А фундаменти на групах висячих пірамідальних паль довжиною 2 м, що занурені на 1 м у насипну піщану подушку та на 1 м занурені у текучі пластичні заторфовані суглинки малої щільності з прошарками торфу - ІГЕ-2, з максимальною товщиною 4,0 м цього шару під

кінцем пірамідальних паль до шару ІГЕ-3.

За новими результатами геологічних досліджень, що виконав ПрАТ «Геотехнічний інститут» у червні 2017 року, отримані більш розширені дані з геоморфологічних та фізико-механічних характеристик ґрунтів основи. В геоморфологічному відношенні ділянка розташована в межах долини р. Полтви ділянка рівна, техногенного планування.

В межах основи пальових фундаментів виділені наступні інженерно-геологічні елементи:

- ІГЕ-1 – насипні ґрунти представлені нерівномірно злежаними глинистими ґрунтами ($\gamma_H = 17,2$ кН/м³);
- ІГЕ-1а – насипні ґрунти – підсипаний під будівлю, пісок дрібний насичений водою ($\gamma_H = 18,3$ кН/м³), у зв'язку з відсутністю для перевірконого розрахунку необхідних фізико-механічних характеристик ґрунтів піщаної подушки (рис. 2), вони були прийняті за табл. В.1 [1] для дрібного піску насиченого водою, при $e = 0,75$: $E^* = 18$ МПа, $\varphi^* = 28^\circ$;
- ІГЕ-2 – глина м'якопластична слабозаторфована з прошарками, текучопластичної та торфу і лінзами піску, що насичений водою, темно-сіра до чорної ($E = 3,2$ МПа, $\varphi = 5^\circ$, $c_H = 0,023 / 0,02$ МПа, $e = 1,62$, $\gamma_H = 13,9$ кН/м³, втрата ваги при прокалюванні 30%);
- ІГЕ-3 – глина напівтверда, мергеляста, з включенням щебеню мергелю, голубовато-сіра ($E = 9,1$ МПа, $\varphi = 25^\circ$, $c_H = 0,023$ МПа, $e = 0,95$, $\gamma_H = 18,2$ кН/м³).

Водовміщуючими породами четвертинного горизонту є ґрунти ІГЕ: 1, 1а, 2. Нижнім водотривким шаром слугують глини шару ІГЕ-3. Його живлення відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Ділянка відноситься до підтоплюваних територій.

Інженерно-геологічні умови ділянки ускладнені наявністю у геологічній умові товщі насипних ґрунтів ІГЕ-1, 1а та глини м'якопластичної слабозаторфованої ІГЕ-2, загальна потужність яких становить 9 м.

Окрім визначення відносних деформацій фундаментів будинку № 23-А, за отриманими на червень 2017 року нових фізико-механічних характеристик ґрунтів основи, виконали порівняльні розрахунки розглянутих пальових фундаментів по середніх осях будинку „Б-В” та стрічкових фундаментів під торцевими стінами будинків № 21 та № 25. Результати виконаних розрахунків та їх аналіз зведені в табл. 1.

Осідання окремо розташованого фундаменту S з використанням розрахункової схеми у вигляді лінійно-деформованого півпростору методом пошарового підсумовування обчислювали за формулою Д.1 [1] та відповідно до схеми розподілу вертикальних напружень в основі під фундаментом за моделлю лінійно-деформованого півпростору



Таблиця 1. Порівняльні розрахунки пальових фундаментів по середніх осях „Б-В” будинку № 23-А та стрічкових фундаментів під торцеві стіни будинків № 21 та № 25

Тип фундаменту	Кількість та довжина паль L або ширина підшви b	В осях, чи по осі	d , м	Площа умовного фундаменту	$\Sigma F_{\text{в.п}}$	σ під підшвою, кПа	Осадки $S_{\text{теор.}}$, м
Кущі, палі* пірамідальні ППу2-60-10	$L=2$ м, 9 шт.	«Б-В»/«3»	2,65	9,42 м ²	3372 кН	358	0,195
	$L=2$ м, 9 шт.	«Б-В»/«4»	2,65	9,42 м ²	3283 кН	348	0,209
	$L=2$ м, 9 шт.	«Б-В»/«5»	2,65	9,42 м ²	3283 кН	348	0,213
Стрічковий, палі бурові $D=500$ мм, з кроком 1,5 м	$L=8$ м в трубах	«2», буд. № 23-А	9,3	1,247 м ²	610 кН	643	0,054
	$L=9$ м в трубах	«6», буд. № 23-А	10,3	0,973 м ²	826 кН	850	0,065
Стрічковий з шириною підшов „b”	$b=3,3$ м	«1», буд. № 21	3,4	3,0 м	281,9 кН/м	94	0,021
	$b=2,95$ м	«6», буд. № 25	2,67	2,95 м	301,0 кН/м	102	0,072

ВИСНОВКИ

(рис. Д.1 у [1]). Осідання S фундаментів будинків обчислюють за формулами норм [1, 2], в яких до епюри додаткових напружень в основі додаються напруження впливу від інших фундаментів самого будинку та фундаментів суміжних будівель.

При розрахунку фундаментів за деформаціями основ [1], середній тиск під підшвою фундаменту p не повинен перевищувати розрахунковий опір ґрунту основи R . Розрахунки паль і пальових фундаментів за деформаціями ґрунтової основи залежно від їх конструктивної схеми і поставленої задачі слід виконувати як для суцільного умовного фундаменту або як для системи умовних фундаментів, що взаємно впливають один на одного. При розрахунку суцільного умовного фундаменту ростверком об'єднується група паль і отримується одне значення осідання для всього фундаменту і в подальшому одне значення коефіцієнта жорсткості основи.

Схема розподілу вертикальних напружень в основі пальового фундаменту згідно з моделлю лінійно-деформованого півпростору для розрахунку за схемою умовного фундаменту зображена на рис. П.2.3 [2]. Схеми формування умовних фундаментів приймали за рисунком П.2.2 у [2] для: а) – однієї палі у стрічкових пальових фундаментах будинку; б) – групи з декількох паль.

До розподілених по глибині напружень додають напруження від оточуючих пальових фундаментів, що впливають на загальний напружений стан основи. Осідання пальового фундаменту розраховують пошаровим підсумовуванням деформацій від діючих розподілених напружень за формулою (Д.1) [1].

Отримані за розрахунком значення деформацій (осідань) фундаменту і його основи не повинні перевищувати граничних значень відповідно до табл. И.1 - граничні деформації основи [1].

1. Аналіз фізико-механічних характеристик ґрунтів основи прийнятих при проектуванні у 1965 році та отриманих при обстеженні через 52 роки показав значні їх зміни та неможливість стабілізування прогину будинку № 23-А без суттєвого підсилення заторфованих ґрунтів основи.

2. При проектуванні будинку № 23-А не було враховано впливи додаткових напружень під стрічковими фундаментами сусідніх будинків № 21 та № 25 на роботу пальових фундаментів проектного будинку і навпаки.

3. Застосування у пальових фундаментах будинку паль різних видів за характером їх роботи, спричинило, разом із погіршенням інженерно-геологічного стану основ, значні прогини будинку за рахунок нерівномірних осадок різних видів пальових фундаментів практично при відсутності корисних навантажень на час обстеження.

4. Будинок № 23-А отримав прогин $f=0,122$ м на довжині прольоту $L=26,9$ м.

5. При існуючих на 2017 рік фізико-механічних характеристиках ґрунтів основи:

- проектна несуча здатність $N=30$ т набивних паль стрічкових фундаментів по осях „2” та „6” не забезпечена розрахунком за [2]. Підрахована фактична сумарна осадка паль $S=0,222$ м, у центральній частині будинку № 23-А в осях „3-5”/”Б-В”, складається з вибраного будівельного підйому $f_p=-0,1$ м плит перекриттів на рамі по осі „4” (рис. 2) та фактично заміряного прогину $f=0,122$ м;
- проектна несуча здатність $N=30$ т експериментальних пірамідальних висячих паль по осях „3-5” не забезпечена розрахунком за [2].

Пораховані осадки цих паль по середній подвійній осі „Б-В”/”4” становлять $S_f=222$ мм.

6. Категорію технічного стану будинку № 23-А, за аналізом даних, що визначені при його інструментальному обстеженні, слід розглядати як перехідну від незадовільної „3” до аварійної



„4” [5], що обґрунтовано у технічних висновках щодо цього будинку [11].

7. Проведений аналіз отриманих характерних геометричних параметрів будівель (нахили, прогини, різниці осідань, зсуви та інше) вказує на те, що жорсткість несучих та самонесучих стін та відповідно і просторова жорсткість самих будівель зменшується в процесі довготривалої експлуатації.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування: ДБН В.2.1-10-2009. – [Чинні від 2009-07-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2009. – 104 с. – (Буд. норми України).
2. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Зміна № 1 ДБН В.2.1-10-2009. – [Чинна від 2011-07-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2011. – 58 с. – (Буд. норми України).
3. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Зміна № 2 ДБН В.2.1-10-2009. – [Чинна від 2012-07-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2012. – 20 с. – (Буд. норми України).
4. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009. – [Чинні від 2009-12-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2009. – 37 с. – (Буд. норми України).
5. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану: ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. – [Чинний від 2017-04-01]. – Київ : ДП „УкрНДНЦ”, 2017. – II, 45 с. – (Нац. стандарт України).
6. Геодезичні роботи у будівництві: ДБН В.1.3-2:2010. – [Чинні від 2010-09-01]. – Київ: ДП "Укрархбудінформ", 2010. – 70 с. – (Буд. норми України).
7. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення: ДБН В.1.1-45-2017. – [Чинні від 2017-10-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2017. – III, 23 с. – (Буд. норми України).
8. Будівництво у сейсмічних районах: ДБН В.1.1-12:2014. – [Чинні від 2014-10-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2014. – VI, 110 с. – (Буд. норми України).
9. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини та переміщення. Вимоги проектування: ДСТУ Б В.1.2-3:2006. – [Чинний від 2007-01-01]. – Київ: Вид-во "Сталь", 2006. – III, 10 с. – (Нац. стандарт України).
10. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-162:2010. – [Чинні від 2011-09-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2011. – VI, 97 с. – (Буд. норми України).
11. Визначення технічного стану та несучої здатності конструкцій існуючого будинку по вул. Ів. Франка, 23-А у м. Львові: науково-технічний звіт. Інв. № 237-26.09.14-ТВ. – Львів: ТзОВ „Науково-проектна фірма „Реконстрпроект”, 2015. – 295 с.

Стаття надійшла до редакції 09.10.2017 р.