

Новський О.В., к.т.н., проф.

Новський В.О., к.т.н., доц.

Нахмуров О.М., к.т.н., проф.

Єресько О. Г., ст. викладач

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБГРУНТОВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ  
ФУНДАМЕНТІВ І РЕЗУЛЬТАТИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ОСІДАННЯМ  
БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ В МІСТІ ОДЕСА**

*АНОТАЦІЯ:* У статті наведено результати статичних випробувань ґрунтів призматичними пальями на майданчику будівництва 20-ти поверхового житлового будинку з підземним паркінгом по вул. В. Арнаутська, 23 в м. Одеса з метою обґрунтування проектних рішень пальових фундаментів. Уточнено модуль деформації вапняку-черепашнику штампом у свердловині на різних горизонтах для оптимізації розрахунку основи за деформаціями, а також наведено результати спостережень за осіданням будинку в процесі його будівництва.

*Ключові слова:* ПАЛЯ, СТАТИЧНІ ВИПРОБУВАННЯ, ВАПНЯК-ЧЕРЕПАШНИК, МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦІЇ, ОСІДАННЯ,

**Постановка проблеми у загальному плані та її зв'язок з важливими практичними завданнями.** Ґрунтова товща одеського регіону, що використовується як основа фундаментів будівель і споруд, характеризується наявністю комплексу лесових ґрунтів, які підстилаються понтичними вапняками, нижче яких залягають меотичні глини.

При будівництві будинків підвищеної повербовості в м. Одеса часто використовують пальового-плитні фундаменти з призматичних паль, які спирають на червоно-бурв суглінки або глини з урахуванням підстилаючих шарів вапняку-черепашнику. В даний час фізико-механичні властивості вапняку-черепашнику изучені недостатньо. Значне практичне значення набувають спостереження за осіданням будівель в процесі їх будівництва і подальшої експлуатації.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Важливим етапом проектування будинків на пальовій основи є експериментальне обґрунтування прийнятих проектних рішень, для чого виконують статичні

випробування паль. Сумісна робота будівлі і основи залежить від деформативних властивостей ґрунтів, які складають цю основу. Для Одеського регіону актуальним є питання вивчення властивостей вапняку-черепашнику. В матеріалах вишукувань для цих порід зазвичай наводять відомості тільки про межу міцності на одноосьовий стиск. Параметри, що визначають деформативність, донедавна були відсутні.

Вивченням цих питань займається ряд вчених у тому числі кафедри основ і фундаментів ОДАБА [1, 2]. Розроблені та апробовані методики визначення деформаційних властивостей вапняку, як у лабораторних, так і польових умовах. Здійснюється накопичення та обробка експериментальних даних з метою формування регіональних норм.

**Визначення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Будівництво у скланих геологічних умовах потребує комплексного підходу до визначення особливих властивостей ґрунтової основи, експериментального обґрунтування несучої здатності фундаментів та геодезичних спостережень за осіданням будівлі під час її зведення та подальшої експлуатації. Не завжди ці вимоги виконуються повністю.

**Постановка задачі.** Визначення несучої здатності призматичних паль шляхом проведення статичних випробувань натурних зразків у польових умовах, визначення модуля деформації вапняку-черепашнику, який підстилає несучий шар паль, штампом у сведловині, а також проведення геодезичних спостережень за осіданням багатоповерхового будинку в процесі його будівництва.

**Основний матеріал і результати досліджень.** На майданчику будівництва 20-типоверхового житлового будинку з вбудованими приміщеннями та паркінгом за адресою: м. Одеса, вул. Велика Арнаутська, 23 у м. Одесі були випробувані 5 технологічних паль перерізом 350х350 мм, довжиною 13,5 м (С135.35-13), прив'язка яких до геологічного розрізу показана на рис. 1, де позначено: 2 - суглинок лесоподібний, світло-бурий, твердий; 3 - суглинок лесоподібний, палевий, текучопластичний; 4 - суглинок лесоподібний, бурий, твердий; 5 - суглинок світло-бурий, твердий; 6 – суглинок лесоподібний, коричневий, напівтвердий; 7 – глина червоно-бура, тверда; 8 – глина зеленкувато-сіра зі щебенем, напівтверда; 9а – вапняк низької міцності; 9б – вапняк „пильний”, дуже

низької міцності; 9в – вапняк низької міцності. Випробування виконані згідно вимог [4, 5].

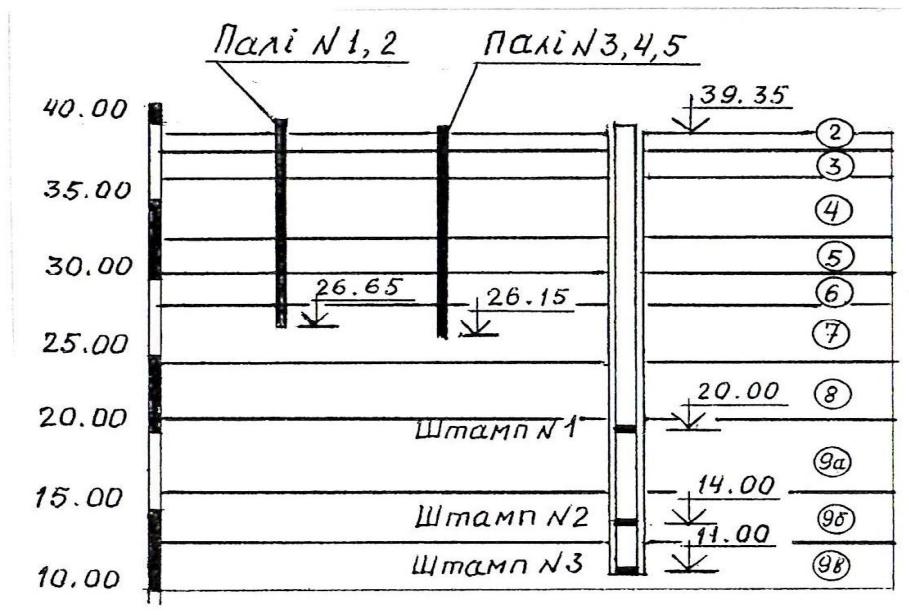


Рис. 1. Прив'язка дослідних палей і свердловини до геологічного розрізу.

Основою палей служить ПЕ-7, глина червоно-бура твердої консистенції, в яку вони була занурені на 1,5 та 2,0 м. Максимальне навантаження при контрольних випробуваннях було прийняте 1800 кН, яке передавалося двома гідравлічними домкратами ДГО - 100-2 (з автономною ручною насосною станцією), здатними передавати зусилля на палю 2000 кН. Упором для домкратів служило палевдавлююче устаткування



Рис. 2. Розробка котловану під палєво-плитний фундамент

. Результати випробувань 5-ти призматичних паль С135.35-13 представлені на рис. 3.

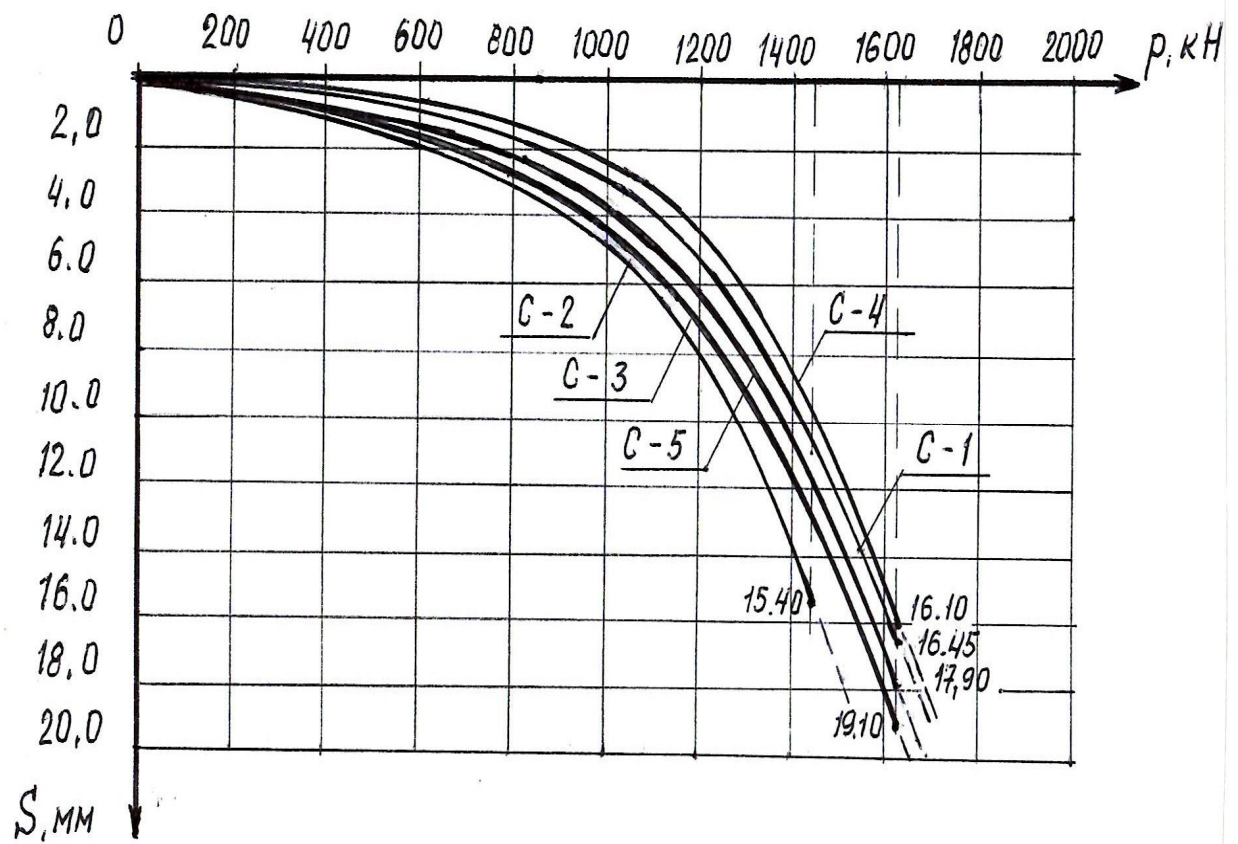


Рис. 3. Графіки залежності осідання паль від навантаження

За результатами статичних випробувань ґрунтів двома призматичними палями №1 і №2 їх несуча здатність при заглибленні до відм. 26.65 склала 1620 кН, а максимальне розрахункове навантаження - 1350 кН. За результатами статичних випробувань ґрунтів трьома призматичними палями №3, №4 і №5 їх несуча здатність при заглибленні до відм. 26.15 склала 1800 кН, а максимальне розрахункове навантаження 1500 кН. З урахуванням сейсмічності, при коефіцієнті  $k_{eg} = 0,87$ , допустиме розрахункове навантаження відповідно становило 1174 кН і 1305 кН, що перевищило проектне, яке дорівнює 1100 кН.

Для визначення осідання будівлі виникла необхідність уточнення модуля деформації вапняку-черепашнику, що підстилає червоно-бурі глини, оскільки дослідних даних про будівельні властивості понтичних

вапняків не так багато. В матеріалах вишукувань для цих порід зазвичай наводять відомості тільки про межу міцності на одноосьовий стиск. Встановлено, що значення модуля деформації, визначені в лабораторних умовах, відрізняються від значень, визначених у польових умовах штампами. Це можна пояснити структурою вапняку-черепашнику і характером ущільнення породи під випробувальним штампом. У зв'язку з цим було поставлено завдання визначити модуль деформації вапняку-черепашнику в свердловинах на трьох горизонтах згідно вимог [3]. При випробуваннях був використаний штамп площею  $1590 \text{ см}^2$  (діаметр 45 см). Встановлення штампа проводили після зачистки забою свердловини спеціальним буровим наконечником в 2-3 прийоми з витяганням його на поверхню після кожної зачистки. Штамп (див. рис.4) прикріплювали до колони труб  $\varnothing 325 \text{ мм}$ , що має напрямні хомути для забезпечення щільного контакту з ґрунтом і обсадною трубою  $\varnothing 630 \text{ мм}$ , яка була занурена на глибину 13,0 м.



Рис. 4. Опускання штампа і колони труб у свердловину для визначення модуля деформації

. За результатами вимірювань переміщень верху колони труб, з урахуванням їх пружного стиснення, визначали осідання штампа. Основні результати досліджень наведено на рис. 5 та в табл. 1.

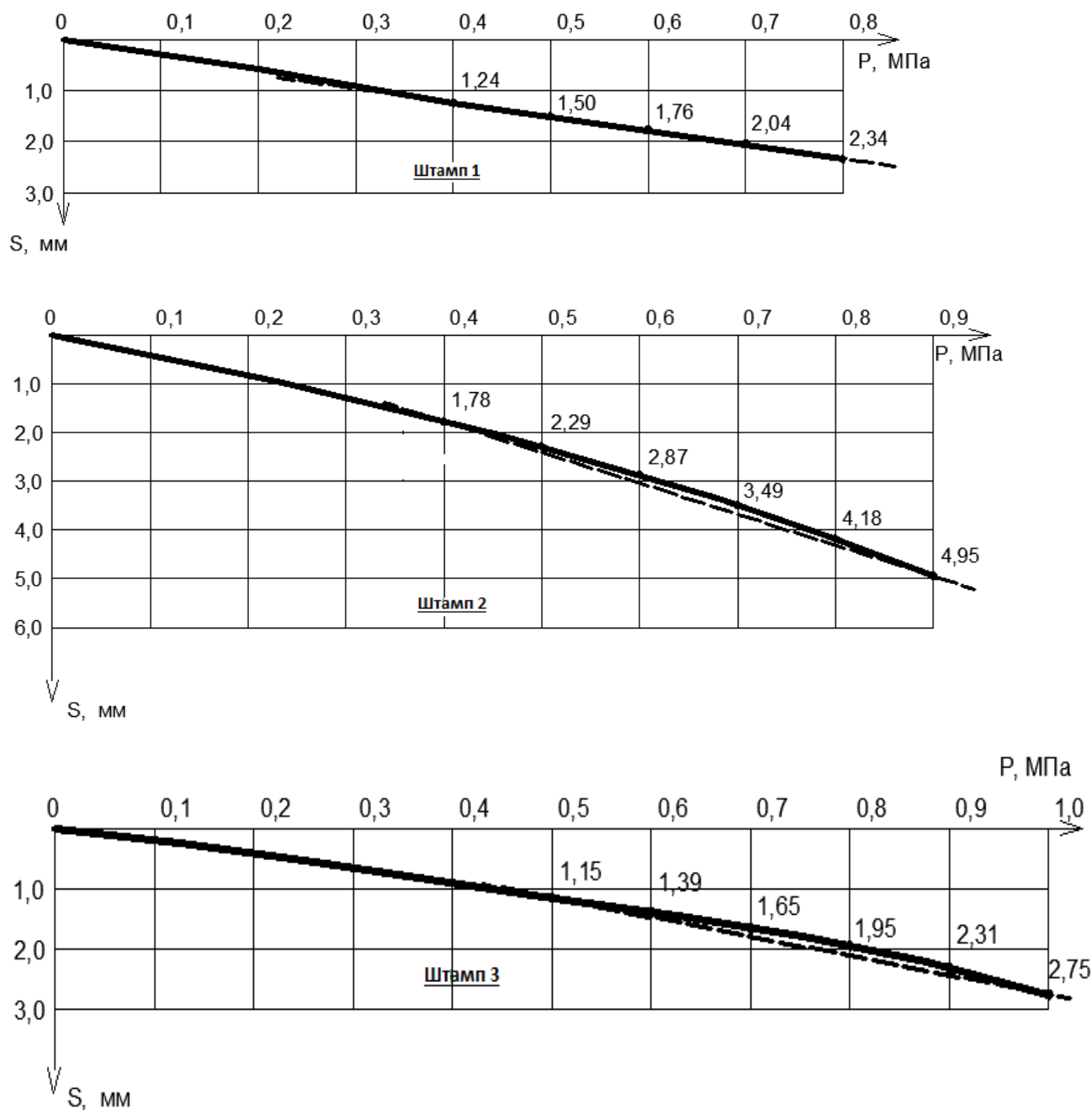


Рис.5. Графіки залежностей переміщення штампів від навантаження при випробуваннях на різних глибинах

Таблиця 1

Результати випробувань штампів

Відмітка штампів	$p_0$ , МПа	$p_n$ , МПа	$\Delta p$ , МПа	$\Delta s$ , см	$E$ , МПа
20.00	0,45	0,80	0,350	0,097	119
14.00	0,55	0,90	0,350	0,237	49
11.00	0,60	0,90	0,300	0,092	107

Модуль деформації ґрунтів  $E$  за результатами випробування їх штампом визначали відповідно до п. 5.5.2 ДСТУ [3] за формулою:

$$E = (1 - \nu^2) \cdot \kappa_p \cdot \kappa_1 \cdot D \cdot \Delta p / \Delta s \quad (1)$$

де  $\nu$  – коефіцієнт Пуасона, приймається рівним 0,27;  $\kappa_p$  – дорівнює 1 при випробуванні штампів у свердловинах;  $\kappa_1$  – коефіцієнт, що приймається рівним 0,79 для жорсткого круглого штампа;  $D$  – діаметр штампа, см;  $\Delta p$  – прирощення тиску на штамп, МПа, яке дорівнює  $p_n - p_0$ ;  $\Delta s$  – приріст осідання штампа, відповідне  $\Delta p$ .

Нижче наводяться результати геодезичних спостережень за осіданням зведеного житлового будинку. Деформаційні марки були встановлені на рівні підлоги паркінгу. Схема встановлення марок на висотній частині будинку наведена на рис. 6, а результати геодезичних спостережень - в табл. 2.

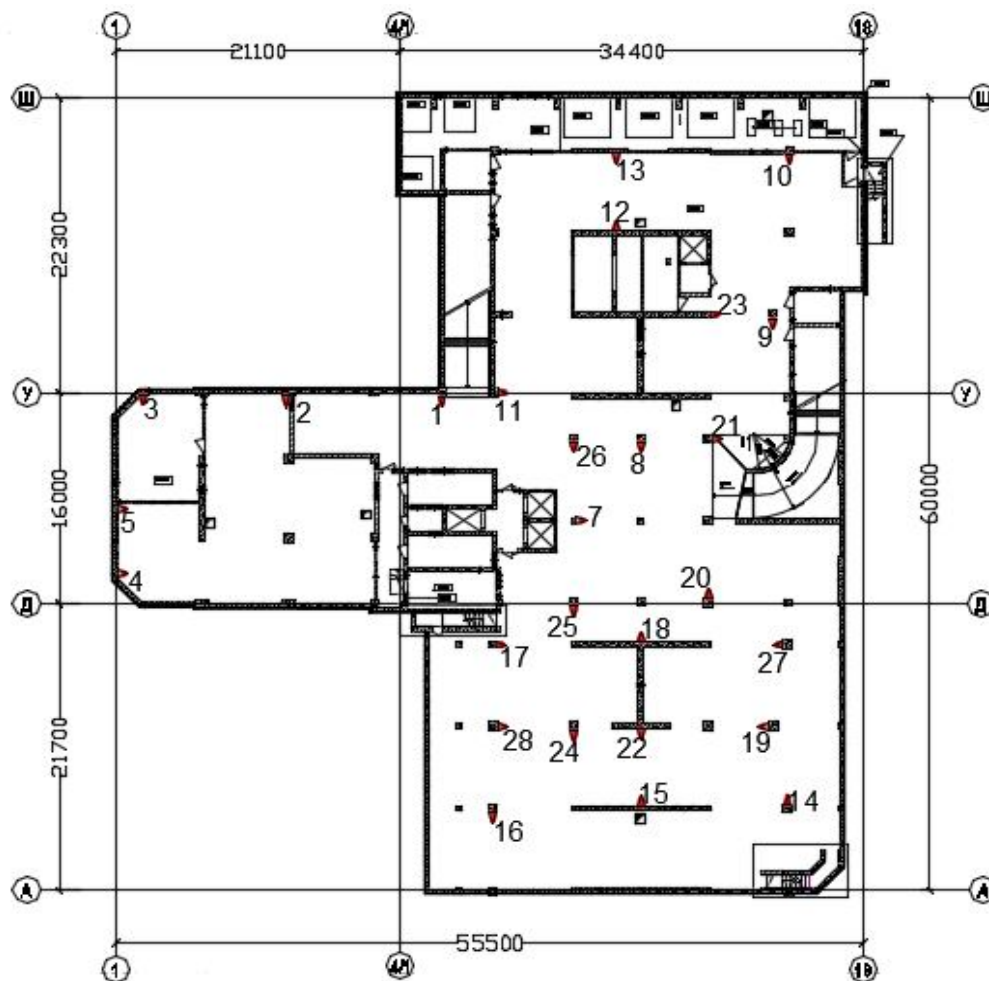


Рисунок 6. Схема встановлення деформаційних марок

Таблиця 2.

## Результати геодезичних спостережень

Осідання по циклам з початку спостережень, мм					
№№ марок	IV цикл (4 поверхх.)	V цикл (7 поверхх.)	VI цикл (12 поверхх.)	XVI цикл (16 поверхх.)	XVIII цикл (20 поверхх.)
	01.2016	03.2016	06 2016	09.2016	03.2017
1	4	6	8	10	12
1	-14	-15	-17	-18	-19
2	-11	-17	-15	-14	-17
3	-7	-10	-12	-11	-14
4	-6	-7	-10	-10	-11
5	-7	-9	-12	-12	-13
6	-10	-12	-15	-16	-17
7	-17	-18	-21	-21	-23
8	-16	-17	-19	-19	-22
9	-	-9	-9	-9	-11
10	-	-8	-8	-9	-11
11	-15	-16	-18	-20	-22
12	-	-7	-8	-10	-12
13	-9	-10	-11	-12	-13
14	-5	-6	-8	-10	-11
15	-11	-13	-13	-15	-16
16	-9	-11	-12	-12	-13
17	-14	-16	-18	-19	-20
18	-16	-18	-19	-20	-22
19	-10	-11	-12	-12	-14
20	-13	-15	-16	-16	-18
21	-14	-16	-17	-17	-19
22	-	-10	-12	-13	-14
23	-	-9	-9	-10	-12
24	-11	-14	-15	-16	-17
25	-16	-18	-20	-21	-22
26	-9	-11	-13	-14	-15
Серед	-11,64	-12,00	-13,32	-13,89	-15,43

Геодезичні спостереження за осіданням висотного будинку проводились з позначки будівельного нуля і далі після зведення 4-го, 8-го, 12-го, 16-го і 20-го поверхів. З отриманих результатів випливає, що осідання марок протягом усього періоду геодезичних спостережень коливалося в межах від 11 до 22 мм. Великі значення осідань віднесені до деформаційних марок, розташованим в найбільш навантажених частинах



будівлі у ліфтових шахт. Середнє осідання будівлі за період геодезичних спостережень склало близько 15 мм.

**Висновки.** Використання при проектуванні багатопверхового будинку по вул. Великій Арнаутській, 23 в м. Одесі результатів статичних випробувань паль і штампів у свердловині дозволило оптимізувати прийняті рішення щодо розрахунку та конструювання пильових фундаментів.

Геодезичний моніторинг за осіданням висотної частини будівлі показав, що всі основні параметри, що характеризують спільну роботу основи, фундаменту і надземної частини (допустиме осідання, прогин плити, крен фундаменту) знаходяться в межах, допустимих нормативними документами

#### *Література*

- 1. Новский А.В. Известняк-ракушечник. Исследование и использование в качестве основания фундаментов. /Новский А.В., Новский В.А., Тугаенко Ю.Ф./ Астропринт. Одесса, 2014. 92 с.*
- 2. Тугаенко Ю.Ф. Процессы деформирования грунтов в основаниях фундаментов свай и свайных фундаментов. - Одесса: «Астропринт. 2008, 216 с.*
- 3. ДСТУ Б.В.2.1-7:2000 (ГОСТ 20276-99). Грунти. Методи польового визначення характеристик міцності і деформованості. К., Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2001.*
- 4. ДСТУ Б.В.2.1-27:2010 (ГОСТ 5686-94). Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань К., Мінрегіонбуд України, 2011, с.11.*
- 5. ДБН В.2.1-10-09. Основи і фундаменти будівель та споруд. Зміна №1. К., 2011, с. 51.*

**Новский А.В.**, к.т.н., проф.

**Новский В.А.**, к.т.н., доц.

**Нахмуров А.Н.**, к.т.н., проф.

**Ересько Е.Г.**, ст. преподаватель

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ФУНДАМЕНТОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОСАДКАМИ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ В ГОРОДЕ ОДЕССЕ**

*АННОТАЦИЯ: В статье приведены результаты статических испытаний грунтов призматическими сваями на площадке строительства 20-ти этажного жилого дома с подземным паркингом по вул. Б. Арнаутская, 23 в г. Одессе с целью обоснования проектных решений свайных фундаментов. Уточнен модуль деформации известняка-ракушечника штампом в скважине для оптимизации расчета основания по деформациям, а также приведены результаты наблюдений за осадками здания в процессе его строительства.*

*Ключевые слова: СВАЯ, СТАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ, ИЗВЕСТНЯК-РАКУШЕЧНИК, МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦИИ, ОСАДКА*

**Novsky A.V.**, Ph. D., Professor

**Novsky V. A.**, Ph. D., Assoc.

**Nachmurov A. N.**, Ph. D., Professor

**Yeresko E. G.**, senior lecturer

*Odessa state Academy of construction and architecture*

## **EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE DESIGN DECISIONS OF FOUNDATIONS AND RESULTI OBSERVATIONS OF PRECIPITATION OF HIGH-RISE BUILDING IN THE CITY OF ODESSA**

*ABSTRACT: the article presents the results of static tests of soils and prismatic piles at the construction site of a 20-storey residential building with underground Parking on the street. V. Arnaut, 23 in Odessa to justify design decisions pile foundations. Updated the deformation modulus of limestone with a stamp in the borehole to optimize the calculation of base deformation, and the results of settlement observations of the building during its construction.*

**Keywords:** PILE, STATIC TEST, SHELL LIMESTONE, MODULUS of DEFORMATION, SEDIMENT.