

УДК624.131.524.4

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ  
БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МНОГОЭТАЖНОГО  
ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА В Г. ОДЕССЕ**

**Новский А.В.**, к.т.н., профессор,

**Новский В.А.**, к.т.н., доцент,

**Чайковский Р.Э.**, к.т.н., доцент,

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

novskiv@mail.ru

**Аннотация.** Приведены результаты натурных испытаний известняка-ракушечника шестью буронабивными сваями на площадке строительства многоэтажного жилого комплекса с помещениями общественного назначения с подземным паркингом по адресу: г. Одесса, Приморский район, ул. Генуэзская, 1. Изложены основные положения методики определения несущей способности свай с использованием впервые установленной зависимости механических характеристик известняка-ракушечника Одесского региона от предела прочности одноосному сжатию. Выполнено сравнение экспериментальных значений несущей способности свай со значениями, полученными расчетом различными методами.

**Ключевые слова:** известняк-ракушечник, несущая способность, буронабивная свая.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ  
БУРОНАБИВНИХ ПАЛІ ПРИ БУДІВНИЦТВІ БАГАТОПОВЕРХОВОГО  
ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ В М. ОДЕСІ**

**Новський А.В.**, к.т.н., професор,

**Новський В.А.**, к.т.н., доцент,

**Чайковський Р.Е.** к.т.н., доцент,

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

novskiv@mail.ru

**Анотація.** Наведено результати натурних випробувань вапняку-черепашнику шістьма буронабивними палями на майданчику будівництва багатоповерхового житлового комплексу з приміщеннями громадського призначення та підземним паркінгом за адресою: м Одеса, Приморський район, вул. Генуезька, 1. Викладені основні положення методики визначення несучої здатності палі з використанням вперше встановленої залежності механічних характеристик вапняку-черепашнику Одеського регіону від межі міцності одноосовому стиску. Виконано порівняння експериментальних значень несучої здатності палі зі значеннями, отриманими розрахунком різними методами.

**Ключові слова:** вапняк-черепашник, несуча здатність, буронабивна пала.

**EXPERIMENTAL BASIS OF BORED DRIVEN PILES BEARING CAPACITY FOR  
CONSTRUCTION OF A MULTILEVEL RESIDENTIAL COMPLEX IN ODESSA**

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

**Novskiy V.A.**, Ph.D., Assistant Professor,

**Chaikovskiy R.E.**, Ph.D., Assistant Professor,

**Abstract.** In the construction of high-rise buildings in Odessa foundations of bored driven piles, which are fully or partially embedded in the limestone-shell rock are often used. There are difficulties in calculating such foundations because the limestone-shell rock of the Odessa region is not the rock and there is lack of data in the normative documents to determine the bearing capacity of bored piles in limestone as hanging. Experimentally determined that based on the results of static tests bored piles in the limestone-shell rock their capacity is significantly higher of analytical calculations on current regulatory instruments as piles of racks, because the average value of the tensile strength of the uniaxial compression of limestone is usually of low strength  $R_c=0,5\ldots 1,0$  MPa.

The main objective of these studies is to determine the bearing capacity of bored piles in the limestone-shell rock by conducting static tests of natural specimens and compare results with analytical solutions in a variety of ways to ground design decisions. The object of study is the limestone-shell rock of the Odessa region. For the decision of tasks, experimental and computational methods have been applied, including standard and developed with the participation of authors to determine the bearing capacity of bored piles in the limestone-shell rock.

Completed comprehensive studies have revealed the carrying capacity and permissible load on the bored pile by static tests and analytical calculation on normative documents and the proposed methodology. The results of the calculation on the proposed methodology give good convergence with the results of the static tests.

**Keywords:** limestone-shell rock, bearing capacity, bored pile.

**Введение.** При строительстве зданий повышенной этажности в г. Одессе часто используют фундаменты из буронабивных свай, которые полностью или частично заглубляют в известняк-ракушечник. При расчете таких фундаментов возникают трудности, поскольку известняк-ракушечник не является скальной породой, а в нормативных документах отсутствуют данные для определения несущей способности буронабивных свай в известняке как висячих. Особенности этих горных пород отмечают и другие авторы [1]. Экспериментально установлено, что по результатам статических испытаний буронабивных свай в известняке-ракушечнике их несущая способность значительно выше значений аналитических расчетов по действующим нормативным документам как свай стоек, поскольку среднее значение предела прочности на одноосное сжатие известняка низкой прочности составляет обычно  $R_c = 0,5\ldots 1,0$  МПа.

**Цели и задачи.** Основными задачами настоящих исследований является определение несущей способности буронабивных свай в известняке-ракушечнике путем проведения статических испытаний натурных образцов, а также сравнение полученных результатов с аналитическими решениями различными методами с целью обоснования принимаемых проектных решений.

**Объект и методы исследований.** Объектом исследований является известняк-ракушечник Одесского региона. Для решения поставленных задач применены экспериментальные и расчетные методы, которые включали стандартные и разработанные с участием авторов по определению несущей способности буронабивных свай в известняке-ракушечнике.

**Результаты исследований.** Для проведения статических испытаний известняка буронабивными сваями разной длины на площадке строительства многоэтажного, жилого комплекса с помещениями общественного назначения и подземным паркингом по адресу: г. Одесса, ул. Генуэзская, 1 было отобрано 6 технологических свай (по 3 шт. на каждой очереди строительства), привязка которых к инженерно-геологическому разрезу показана на рис. 1. Отдых свай перед испытаниями на вертикальную вдавливающую нагрузку составил более 4-х недель.

Основанием свай служит ИГЭ-VIII известняк-ракушечник темно-желтый,

перекристаллизованный, «плитчатый», трещиноватый с глинистым заполнителем от очень низкой, до низкой прочности; ИГЭ-VIIIa – известняк-ракушечник темно-желтый, перекристаллизованный, «плитчатый», трещиноватый с глинистым заполнителем низкой прочности (рис.1).

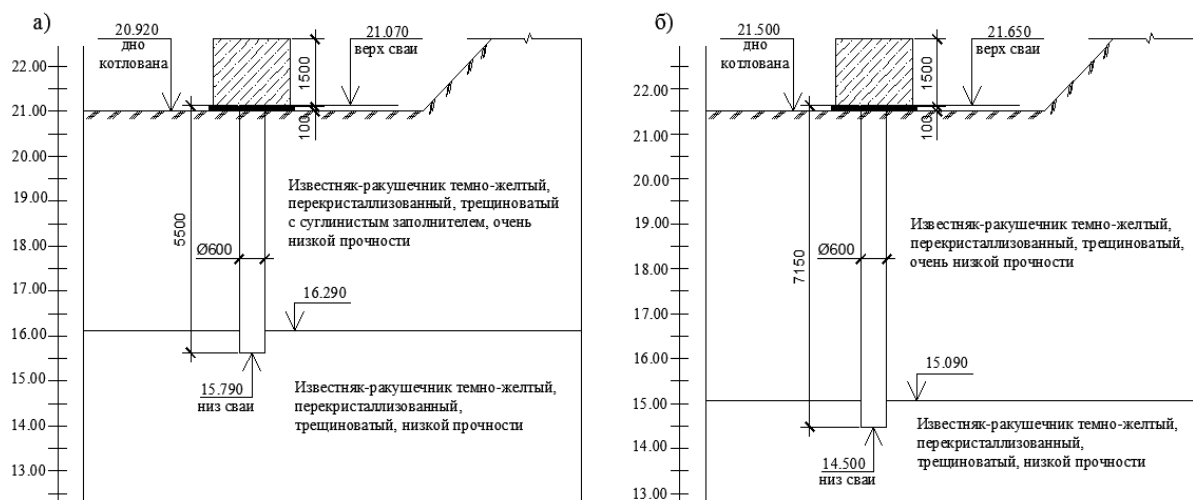


Рис. 1. Привязка свай к инженерно-геологическому разрезу: а – 1-я очередь строительства (С-1, С-2 и С-3); б – 2-я очередь строительства (С-4, С-5 и С-6)

В гидрогеологическом отношении территория характеризуется отсутствием четвертичного и понтического водоносных горизонтов. Сейсмичность района строительства – 7 баллов. Согласно табл. 1.1 ДБН В.1.1-12:2006 категория грунтов по сейсмическим свойствам – I (первая), т.о. сейсмичность участка строительства – I (первая).

Испытания выполнены согласно действующим требованиям Нагрузка передавалась четырьмя гидравлическими домкратами ДГО – 100, способными создавать усилие на сваю 4000 кН. Упором для домкратов служили две металлические балки усиленного профиля. Определение перемещений свай в процессе испытаний выполняли по двум прогибомерам 6ПАО с ценой деления 0,01 мм, установленным на реперной системе.

Результаты испытания известняка буронабивными сваями  $\varnothing$  600 мм на площадке строительства 1-й очереди приведены на рис. 2, а 2-й очереди на рис. 3. Внешний вид испытательной установки представлен на рис. 4.

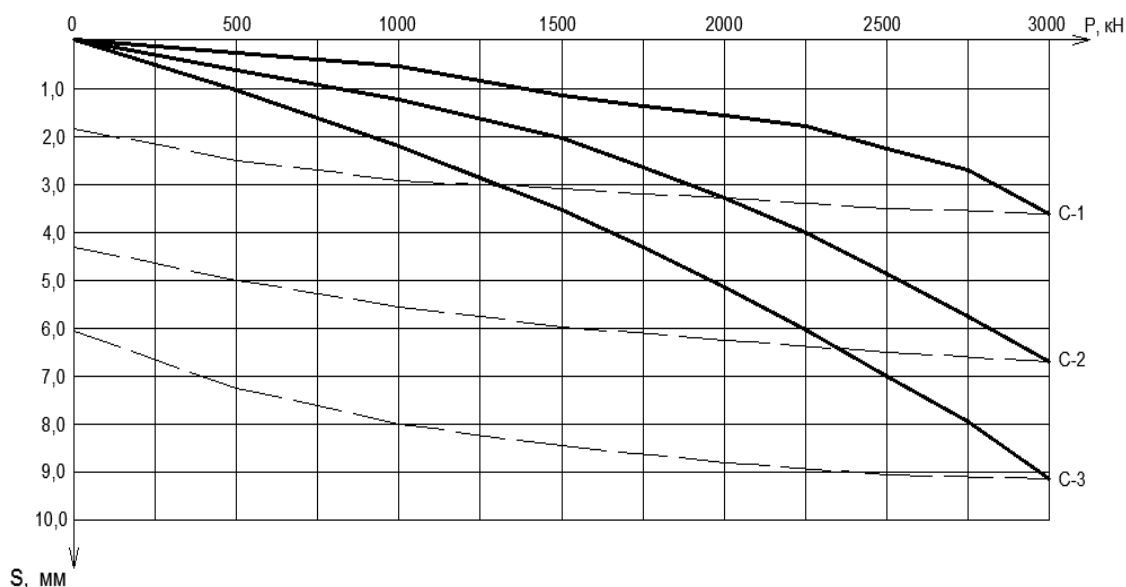


Рис. 2. Графики перемещения свай С-1, С-2 и С-3 от вертикальной нагрузки

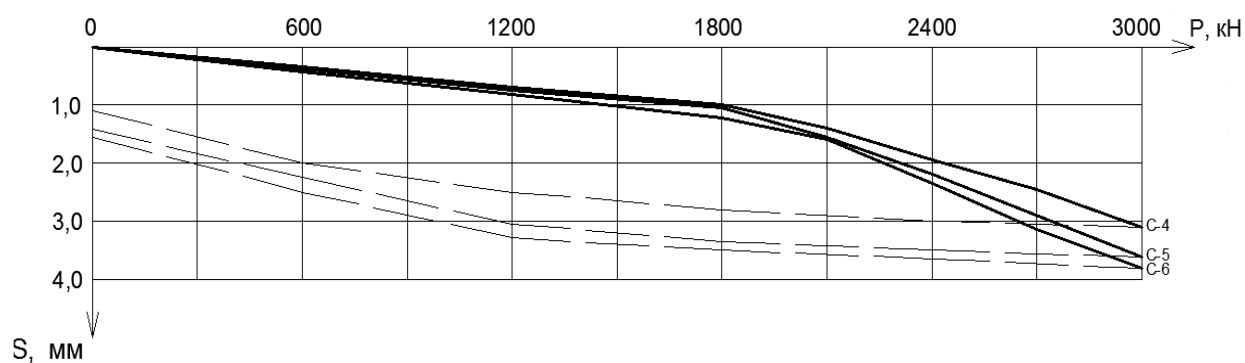


Рис. 3. Графики перемещения свай С-4, С-5 и С-6 от вертикальной нагрузки



Рис. 4. Фрагмент испытания грунтов буронабивной свай

Несущую способность свай по результатам испытаний вдавливающей нагрузкой определяли по формуле:

$$F_d = \gamma_c \cdot F_{u,p} \cdot \gamma_p$$

где:  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы равный 1,0;

$\gamma_g$  – коэффициент надежности по грунту, равный 1,0;

$F_{u,p}$  – значение предельного сопротивления сваи по результатам испытаний.

Допускаемую расчетную нагрузку на сваю по результатам статических испытаний определяли по формуле:

$$N = F_d / \gamma_k$$

где:  $\gamma_k$  – коэффициент надежности, принимаемый 1,2, если несущая способность свай определяется по результатам полевых испытаний статической нагрузкой.

Результаты испытаний известняка-ракушечника буронабивными сваями представлены на графиках рис. 3 и в табл. 1. В таблице также приведены результаты определения несущей способности испытанных свай по действующему нормативному документу [2] как свай стоек

и по методике, предложенной авторами статьи и подробно изложенной в работах [3–5].

Таблица 1 – Результаты определения несущей способности буронабивных свай различными методами

№ сваи	Глубина заделки сваи Ø 600 мм в известняке, м	Несущая способность/расчетная нагрузка, кН, определенная по:		
		ДБН В.2.1-10-2009	Предлагаемой методике	Результатам испытаний
С-1, С-2, С-3	5,50	1050/750	4030/2880	3000/2500
С-4, С-5, С-6	7,15	1340/947	5570/3980	3000/2500

На рис. 5 приведены корреляционные зависимости показателей прочностных свойств известняка-ракушечника от предела прочности на одноосное сжатие в воздушно-сухом и водонасыщенном состоянии, которые были использованы при определении несущей способности свай по предлагаемой методике.

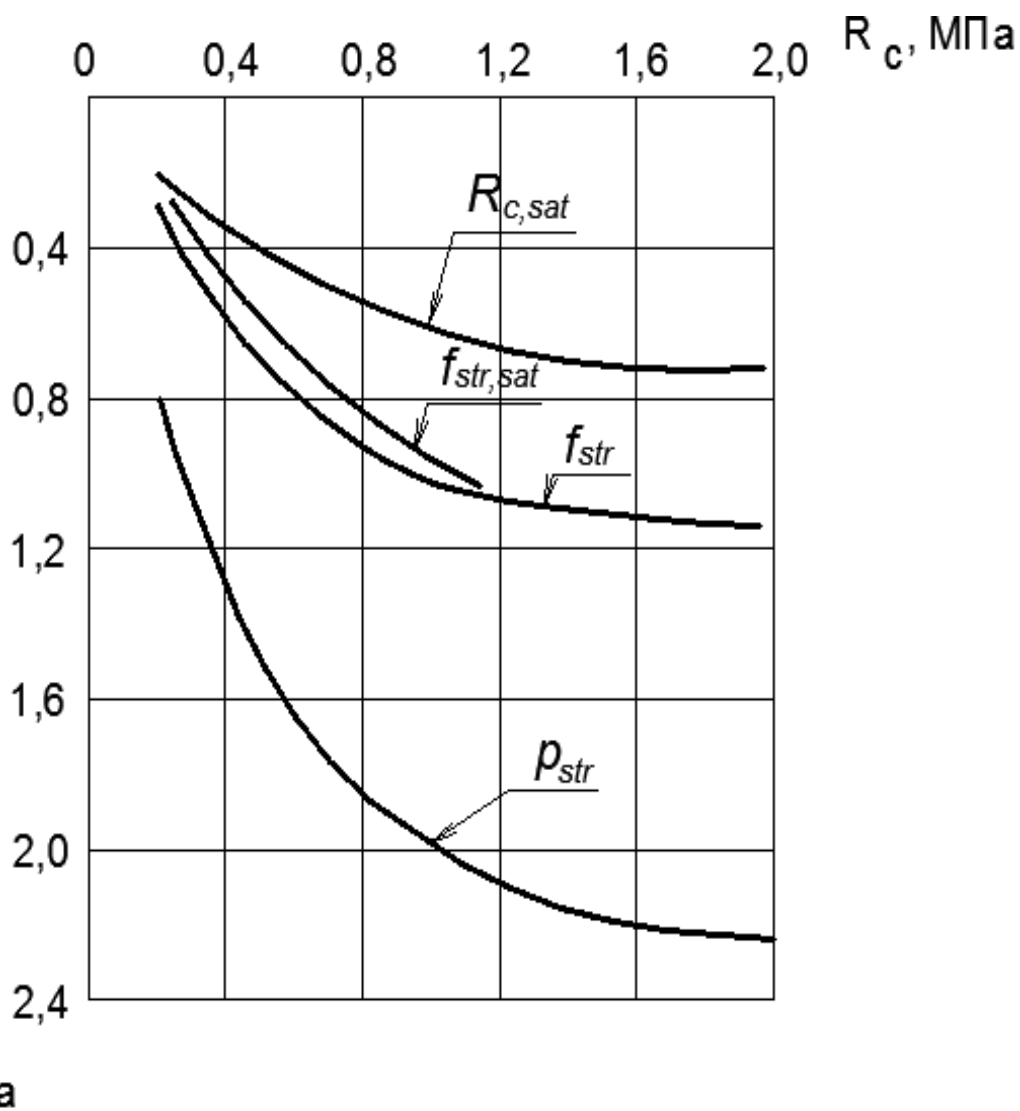


Рис.5. Корреляционные зависимости предельных значений параметров прочностных свойств пильного известняка-ракушечника от предельной прочности на одноосное сжатие

Нижче приведені рекомендації по розрахуку буронабивних свай, частично або повністю заглублених в слой известняка-ракушечника. В основу розрахуку на вертикальну вдавлювальну навантаження покладена формула Н.3.1 [2]. В цю формулу введені коефіцієнти і характеристики, визначають особливості роботи буронабивних свай в известняке-ракушечнику:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + u \sum \gamma_{cf} f_{c,i} h_i), \quad (1)$$

де:  $\gamma_c$  – коефіцієнт умов роботи свай; в разі опирання свай на пылевато-глинисті ґрунти со степенню вологості  $S_r < 0,9$  і на лесові ґрунти  $\gamma_c = 0,8$ , в інших випадках  $\gamma_c = 1,0$ ;

$\gamma_{cR}$  – коефіцієнт умов роботи ґрунту під нижнім кінцем свай;  $\gamma_{cR} = 1$ ;

$R$  – розрахункове опір ґрунту під нижнім кінцем свай, при опирании на известняк-ракушечник рівне його структурній міцності  $p_{str}$  і приймається по графіку рис. 5, в інших випадках – по Н.2.1 [2], кПа;

$A$  – площа опирання свай, м<sup>2</sup>;

$u$  – периметр поперечного сечення ствола свай, м;

$\gamma_{cf}$  – коефіцієнт умов роботи ґрунту вздовж бокової поверхні свай в межах известняка-ракушечника, приймається  $\gamma_{cf} = 0,65$ , в інших випадках – по табл. Н.3.1 [2];

$f_{c,i}$  – граничне опір сдвигу  $i$ -го шару ґрунту вздовж бокової поверхні ствола свай в межах известняка-ракушечника  $f_{c,i} = f_{str}$  і приймається по графіку рис. 5, в інших випадках  $f_{c,i} = f_i$  – розрахункове опір  $i$ -го шару ґрунту на боковій поверхні свай, кПа, приймається по табл. Н.2.2 [2].

**Висновки.** Виконані комплексні дослідження дозволили встановити несучу здатність і допустиме навантаження на буронабивну свай шляхом проведення статических випробувань і аналітичним розрахуком по нормативним документам і пропонованої методики. Результати розрахуку по пропонованої методиці дають хорошу збіжність з результатами статических випробувань. Збіжність збільшується по мірі наближення переміщень при випробуваннях до граничних значень.

## Література

1. Бойко І.П. Визначення несучої здатності буровіскійної полі великого діаметру за допомогою різних методів / Бойко І.П., Карпенко Ю.В., Новофастовський С.М., Подпрятів В.С. / Основи і фундаменти. – К.: КНУБА, 2004. – Вип. 28. С. 79-94.
2. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Зміна №1 Мінрегіонбуд України, 2011. – 54 с.
3. Новський В.А. К розрахуку буронабивних свай в известняке-ракушечнике /В.А. Новський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.. Одеса, 2016. – Вип. №63. – С. 298-303.
4. Kornienko N.U. Mechanical Properties of Semi-Rocks Soils and Methods of Their Determination / N.U. Kornienko, A.V. Novskiy, V. A. Novskiy, A.P. Tklich, Y.F. Tugaenko // Proceedings of the 15th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Part 1. Athens, 2011. – p. 43-49.
5. Новський А.В. Известняк-ракушечник. Исследование и использование в качестве основания фундаментов / А.В. Новський, В.А. Новський, Ю.Ф. Тугаенко / Астропринт.: Одесса, 2014. – 92 с.

Стаття надійшла 30.04.2017