

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ И ЛИТОЛОГИЧЕСКОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД НА СТАДИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Серебряков Олег Иванович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, e-mail: geologi2007@yandex.ru

Курдюк Андрей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: ayuk58@mail.ru

Арустамян Артур Эдуардович, аспирант, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: arustamyan.a.e@mail.ru

Серебряков Андрей Олегович, старший преподаватель, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, e-mail: geologi2007@yandex.ru

В статье рассматривается проблема совершенствования технологии определения несущей способности свай на стадии инженерных изысканий. Одним из решений данной проблемы предлагается учет региональных особенностей литосферы. Приведены анализы результатов полевых испытаний строительных площадок, а также результатов инженерно-геологических изысканий, выполненных на территории Астраханской области и г. Астрахани. По результатам анализа геологических работ строительные площадки были объединены в две категории. Значения сравнительного расчета несущей способности свай показали, что существуют расхождение между экспериментальными и расчетными значениями несущей способности свайных фундаментов. Представленные результаты позволяют судить о необходимости учета региональных и литологических особенностей грунтов в совершенствовании технологий инженерных изысканий.

Ключевые слова: инженерно-геологические изыскания, свайные фундаменты, пески, строительные площадки, несущая способность, хвалынские отложения, аллювиальные отложения, модуль деформации, статическое зондирование, свая-стойка, висячая свая

ECOLOGICAL AND LITHOLOGIC IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES FOR DETERMINING THE CARRIED CAPACITY OF ROCKS AT THE STAGE OF ENGINEERING SURVEYS

Serebryakov Oleg I., D.Sc. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Astrakhan State University, 20a Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: geologi2007@yandex.ru

Kurdyuk Andrey Yu., C.Sc. in Engineering, Associate Professor, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: ayuk58@mail.ru

Arustamyan Artur E., post-graduate student, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: arustamyan.a.e@mail.ru

Serebryakov Andrey O., Senior Teacher, Astrakhan State University, 20a Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: geologi2007@yandex.ru

This article discusses the problem of improving the technology of engineering surveys. One of the solutions to this problem is the inclusion of regional features of a lithosphere. The values of the comparative calculation of the bearing capacity of piles, the analysis of the results of field tests of construction sites, as well as the results of engineering and geological works performed in the Astrakhan region and the city of Astrakhan are given. The presented results allow to judge about necessity of the account of regional and lithologic features of soils in perfection of technologies of engineering researches.

Keywords: engineering and geological surveys, pile foundations, sands, construction sites, load capacity, Khvalin sediment, alluvial sediment, deformation modulus, cone penetration test, end-bearing pile, friction pile

Одним из актуальных направлений развития строительной отрасли остается рациональное проектирование фундаментов. Данное направление позволяет сократить затраты труда и уменьшить расход материалов, используемых при возведении зданий и сооружений, а также снизить сметную стоимость строительства. Специалисты пытаются реализовать направление путем применения инновационных технологий и материалов либо путем разработки новых и совершенствования уже имеющихся расчетных методов.

В статье осуществлена попытка обосновать необходимость совершенствования технологий определения несущей способности свай на стадии инженерных изысканий.

Анализ результатов исследований физико-механических свойств грунтов оснований строительных площадок Астраханской области и г. Астрахани, проведенный в рамках научно-исследовательской работы, показал, что существует ряд региональных грунтов, значения деформационных характеристик которых, выходит за пределы, обозначенные в нормативной документации [11].

Наиболее распространенным типом фундаментов на территории Астраханского региона являются свайные фундаменты [12]. Несущий слой, используемый в качестве оснований зданий и сооружений при данном варианте фундамента, представлен, хвалынской формацией трансгрессий Каспийского моря и аллювиальной формацией р. Волги [8, 9].

Сбор и анализ результатов геологических отчетов, инженерно-геологических изысканий, выполненных на проектируемых и строящихся объектах Астраханской области и г. Астрахани, позволил объединить строительные площадки в две категории, в зависимости от подстилающего слоя грунта:

- площадки, подстилающим слоем которых являются хвалынские (**mIIIhv**) отложения [7] – плотные, насыщенные водой, пылеватые пески;
- площадки, подстилающим слоем которых являются аллювиальные (**aIV**) отложения [7] – плотные и средней плотности, насыщенные водой, мелкие, реже, пылеватые пески.

Анализ результатов полевых испытаний площадок, подстилаемых хвалынскими песками, показал, что плотность несущего слоя основания такова, что при давлении в 6,5 тс зонд Ø35,7 мм с помощью установки статического зондирования СП 59А заходит в эти отложения на 70–80 см. В пределах г. Астрахани толщина таких инженерно-геологических элементов изменяется от 2,0 до 3,0 м в местах их размыва поверхностными водотоками, до 5,0–6,0 м

по мере удаления от них. В гранулометрическом составе песков преобладают частицы диаметром 0,25–0,10 мм, которые составляют в совокупности порядка 93–97 %. Пески однородные, в минералогическом составе преобладают кварц и полевой шпат. Плотность частиц грунта порядка 2,66 г/см³. Такое соотношение пылеватых и глинистых частиц, в сочетании с их минералогическим составом и условиями залегания, предопределяет высокие значения их несущей способности. Согласно классификации Охотина [1], по содержанию глинистых частиц (порядка 3–7 %, а иногда и более) данные грунты можно даже характеризовать как супеси.

В процессе испытания свай на ряде площадок астраханского региона, специалистами было зафиксировано, что хвалынские пески проявляют себя как практически несжимаемые грунты [2–5, 13, 14]. На основании данного наблюдения было выдвинуто предположение о том, что сваи, опирающиеся острием на пески верхнехвалынского возраста, по своей схеме работы в большей степени могут соответствовать модели сваи-стойки, нежели модели висячей сваи, принимаемой согласно действующей нормативной документации [10].

В рамках изучения данного предположения была произведена серия расчетов несущей способности свай по двум схемам работы: сваи-стойки и висячие сваи, а также сравнительный анализ полученных результатов с результатами полевых испытаний статическим зондированием. Полученные показатели, а также значения модуля деформации, принятые на основании данных статического зондирования, представлены в таблице.

Таблица

Результаты определения несущей способности свай

| № | Несущая способность висячей сваи, кН(т) | Экспериментальные значения несущей способности свай, кН(т) | Несущая способность сваи-стойки, кН(т) | Модуль деформации, Е, МПа |
|--------------------|---|--|--|---------------------------|
| № 7175 свая № 119 | 313,9 (32) | 1323,9 (135) | 2450 (250) | 56 |
| № 7175 свая № 45 | 242,6 (24,7) | 1323,9 (135) | 2450 (250) | 56 |
| № 7168 | 279,1 (28,5) | 755,1 (77) | 1800 (183,5) | 35 |
| № 5250 свая № 160 | 607,9 (62) | 1323,9 (135) | 2450 (250) | 58 |
| № 7593 свая № 1 | 438,7 (44,7) | 1176,8 (120) | 2450 (250) | 49 |
| № 7593 свая № 2 | 384,6 (39,2) | 1176,8 (120) | 2450 (250) | 49 |
| № 7305 свая № 119 | 444,4 (45,3) | 1323,9 (135) | 2450 (250) | 61 |
| № 7247 свая № 1 | 394,5 (40,2) | 823,8 (84) | 1800 (183,5) | 38 |
| № 7247 свая № 2 | 455,4 (46,4) | 926,7 (94,5) | 1800 (183,5) | 38 |
| № 7168 свая № 1560 | 280,1 (28,6) | 755,1 (77) | 1800 (183,5) | 36 |
| № 7168 свая № 879 | 255,6 (26,1) | 813,9 (83) | 1800 (183,5) | 36 |
| № 7168 свая № 1508 | 267,9 (27,3) | 813,9 (83) | 1800 (183,5) | 36 |
| 8420 свая № 1-01 | 345,3 (35,2) | 1323,9 (135) | 2450 (250) | 57 |

Продолжение таблицы

| | | | | |
|----------------------|--------------|--------------|------------|----|
| 8420 свая № 1-02 | 339,4 (34,6) | 1323,9 (135) | 2450 (250) | 57 |
| 8420 свая № 1-03 | 331,6 (33,8) | 1323,9 (135) | 2450 (250) | 57 |
| 455к-ИГИ свая № К-03 | 434,8 (44,3) | 1176,8 (120) | 2450 (250) | 48 |
| 455к-ИГИ свая № К-05 | 430,8 (43,9) | 1176,8 (120) | 2450 (250) | 48 |
| 455к-ИГИ свая № К-07 | 442,6 (45,1) | 1176,8 (120) | 2450 (250) | 48 |

Данная таблица наглядно отображает тот факт, что отклонения расчетной несущей способности от результатов натурных испытаний существенны в отношении обеих моделей. Экспериментальные значения оказались в среднем в 3 раза больше, чем расчетная несущая способность висячих свай, и в 2 раза меньше, чем расчетная несущая способность сваи стойки. Тем не менее значения, полученные для модели сваи-стойки, оказались наиболее приближены к значениям, полученным в результате натурных испытаний (рис.).

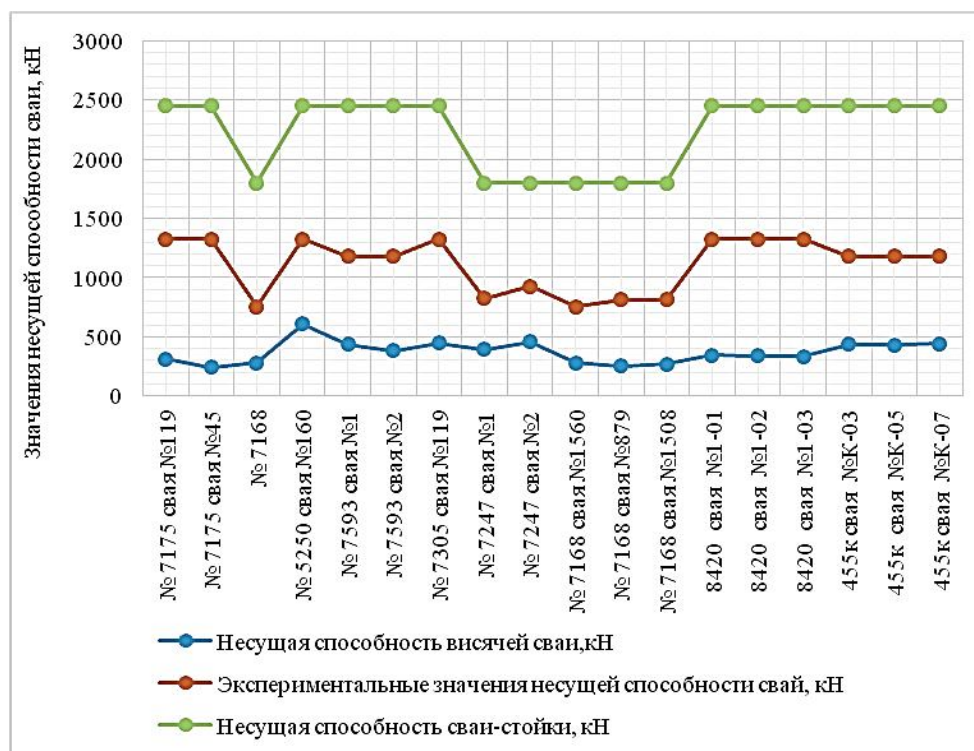


Рис. Сравнительный анализ результатов определения несущей способности свай

Согласно данным, полученным по результатам испытаний натуральных свай вдавливающими нагрузками [2, 5], на площадках, подстилаемых хвалынскими песками, осадки свай, размерами 30 × 30 см и 35 × 35 см при давлении в 100–135 тс, изменяются в диапазоне 6–25 мм, при допуске 8 см. При этом минимальные значения осадок свай отмечены при заглублении их острия на 0,5–1,0 м в эти отложения.

Нередко аналогичные результаты демонстрируют испытания натуральных свай, опирающихся на аллювиальные отложения [3, 4]. При длине натуральных свай размерами 35 × 35 см от 12,0 до 16,0 м осадка их в процессе статических испытаний при давлении в 80 тс составляет порядка 9–23 мм.

Отклонения экспериментальных результатов значений несущей способности от расчетных значений существенны в отношении обеих моделей. Совершенствование прогноза несущей способности возможно на основе данных статического зондирования.

Одновременно отмечено, что значения модуля деформации грунта [6], полученные в результате данного метода изучения грунтовых условий (табл.), превышают значения нормативного модуля деформации песчаных грунтов $E = 2...20$ МПа, установленные сводом правил [11].

Основываясь на вышеизложенном, можно заключить:

- существует расхождение между экспериментальными и расчетными значениями несущей способности свайных фундаментов;
- необходимо совершенствовать технологии определения несущей способности свай на стадии инженерных изысканий;
- учет региональных (территориальных) особенностей грунтов оснований позволит совершенствовать методы полевых испытаний, данные которых необходимых для прогнозирования несущей способности и деформационных свойств оснований.

Список литературы

1. Вадюнина А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 416 с.
2. Заключение по результатам испытания грунтов сваями статической осевой вдавливающей нагрузкой на объекте: «9–12-этажный жилой дом по ул. В. Барсовой в Кировском районе г. Астрахани». – Астрахань : Астрахань ТИСИЗ, 2004. – 10 с.
3. Заключение по результатам испытания грунтов статической осевой вдавливающей нагрузкой на сваю на объекте: «10–12-этажный жилой дом с встроенно-пристроенными помещениями по ул. Джона Рида, 7 в г. Астрахани». – Астрахань : Астрахань ТИСИЗ, 2004. – 11 с.
4. Заключение по результатам испытания грунтов статической осевой вдавливающей нагрузкой на сваю на объекте: «Жилой комплекс по ул. Студенческой г. Астрахань – I очередь». – Астрахань : Астрахань ТИСИЗ, 2005. – 5 с.
5. Заключение по результатам испытания грунтов статической осевой вдавливающей нагрузкой на сваю на объекте: «ТРЦ по ул. Ахшарумова / Боевая / Трофимова в Советском районе г. Астрахани». – Астрахань : Астрахань ТИСИЗ, 2007. – 7 с.
6. Каширский В. И. Сравнительный анализ деформационных характеристик грунтов получаемых лабораторными и полевыми методами / В. И. Каширский. – 2014. – Режим доступа: http://npp-geotek.ru/documents/publications/?ELEMENT_ID=568, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
7. Короновский Н. В. Историческая геология / Н. В. Короновский, В. Е. Хаин, Н. А. Ясаманов. – Москва : Академия, 2011. – 464 с.
8. Леонов Г. П. Основы стратиграфии / Г. П. Леонов. – Москва : МГУ, 1973. – Т. 1. – 527 с.
9. Леонов Г. П. Основы стратиграфии / Г. П. Леонов. – Москва : МГУ, 1974. – Т. 2. – 483 с.
10. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Дата введения 2011–05–20. – Москва : Минрегион России, 2011. – 86 с.
11. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. – Дата введения 2013–07–01. – Москва : Минрегион России, 2013. – 110 с.
12. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. – Москва : ФГУП ЦПП, 2005.
13. Технический отчет по инженерным изысканиям // Строительство жилых домов в границах улиц Трофимова, Бэра, Ахшарумова и Мусы Джалиля в Советском районе г. Астрахани (жилые дома Л1 (I этап строительства), Л4 (III этап строительства), Л5 (XI этап строительства) согласно генплану). – Астрахань : КАСПИЙГЕО, 2017.

14. Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной и рабочей документации // Реконструкция объекта незавершенного строительства «Патологоанатомический корпус городской больницы на 600 коек с поликлиникой на 1200 посещений, кадастровый номер 30:12: 020997: 1202». – Астрахань : Астрахань ТИСИЗ, 2017.

References

1. Vadyunina A. F., Korchagina Z. A. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods of study of the physical properties of soil], Moscow, Agropromizdat Publ., 1986. 416 p.
2. *Zaklyuchenie po rezul'tatam ispytaniya gruntov svayami staticheskoy osevoy vdavlivayushchey nagruzkoj na obekte: «9–12-etazhnyy zhiloy dom po ul. V. Barsovoy v Kirovskom rayone g. Astrakhani»* [Conclusion on the results of testing the soil with piles static axial pressing load on the object: “9–12 storey residential building on the V. Barsov street in the Kirov district of Astrakhan”], Astrakhan, Astrakhan TISIZ Publ., 2004. 10 p.
3. *Zaklyuchenie po rezul'tatam ispytaniya gruntov staticheskoy osevoy vdavlivayushchey nagruzkoj na svayu na obekte: «10-12-etazhnyy zhiloy dom s vstroenno-pristroennymi pomeshcheniyami po ul. Dzhona Rida, 7 v g. Astrakhani»* [Conclusion on the results of testing the soil with a static axial pressing load on the pile at the facility: “10–12 storey residential building with built-in premises on the John Reed street, 7 in Astrakhan”], Astrakhan, Astrakhan TISIZ Publ., 2004. 11 p.
4. *Zaklyuchenie po rezul'tatam ispytaniya gruntov staticheskoy osevoy vdavlivayushchey nagruzkoj na svayu na obekte: «Zhiloy kompleks po ul. Studencheskoy g. Astrakhani – I ochered»* [Conclusion on the results of testing the soil with a static axial pressing load on the pile at the facility: “Residential complex on the street. Student city of Astrakhan – I stage”], Astrakhan, Astrakhan TISIZ Publ., 2005. 5 p.
5. *Zaklyuchenie po rezul'tatam ispytaniya gruntov staticheskoy osevoy vdavlivayushchey nagruzkoj na svayu na obekte: «TRC po ul. Akhsharumova / Boevaya / Trofimova v Sovetskom rayone g. Astrakhani»* [Exclusion from the results of a soil test with a static axial pressing load on the pile at the facility: “The mall along Akhsharumova / Boyeva / Trofimova streets in Sovetskiy district of Astrakhan”], Astrakhan, Astrakhan TISIZ Publ., 2007. 7 p.
6. Kashirskiy V. I. *Sravnitelnyy analiz deformatsionnykh kharakteristik gruntov poluchaemykh laboratornymi i polevymi metodami* [Comparative analysis of deformation characteristics of soils obtained by laboratory and field methods], 2014. Available at: http://npp-geotek.ru/documents/publications/?ELEMENT_ID=568.
7. Koronovskiy N. V., Khain V. Ye., Yasamanov N. A. *Istoricheskaya geologiya* [Historical geology.], Moscow, Akademiya Publ., 2011. 464 p.
8. Leonov G. P. *Osnovy stratigrafii* [Fundamentals of stratigraphy], Moscow, MSU Publ. House, 1973, vol. 1. 527 p.
9. Leonov G. P. *Osnovy stratigrafii* [Fundamentals of stratigraphy], Moscow, MSU Publ. House, 1974, vol. 2. 483 p.
10. SP 24.13330.2011. *Pile foundations*. Updated version of SNiP 2.02.03-85. The date of introduction is 2011–05–20. Moscow, Minregion Rossii Publ., 2011.
11. SP 47.13330.2012. *Engineering surveys for construction. Basic provisions*. Updated version of SNiP 11-02-96. The date of introduction is 2013–07–01. Moscow, Minregion Rossii Publ., 2013.
12. SP 50-101-2004. *Design and construction of soil bases and foundations for buildings and structures*. Moscow, FGUP CPP Publ., 2005.
13. *Tekhnicheskiiy otchet po inzhenernym izyskaniyam* [Technical report on engineering surveys]. *Stroitelstvo zhilykh domov v granitsakh ulits Trofimova, Bera, Akhsharumova i Musy Dzhaliya v Sovetskom rayone g. Astrakhani (zhilye doma L1 (I etap stroitelstva), L4 (III etap stroitelstva), L5 (HI etap stroitelstva) soglasno genplanu)* [Construction of Apartment Buildings in the Streets of Trofimov, Baer, Akhsharumov and Musa Dzhaliil in Sovetskiy district of Astrakhan (residential houses L1 (1st stage of construction), L4 (Stage III), L5 (XI stage construction) according to the general plan)], Astrakhan, KASPIYGEO Publ., 2017.
14. *Tekhnicheskiiy otchet po rezul'tatam inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy dlya podgotovki proektnoy i rabochey dokumentatsii* [Technical report on the results of engineering and geological surveys for the preparation of project and working documentation]. *Rekonstruktsiya obekta nezavershennogo stroitelstva «Patologoanatomicheskiiy korpus gorodskoy bolnitsy na 600 koek s poliklinikoy na 1200 poseshcheniy, kadastrivyy nomer 30:12: 020997: 1202»* [Reconstruction of the Object of Unfinished Construction “Pathoanatomical Building of the City Hospital for 600 Beds with a Clinic for 1200 Visits, cadastral number 30:12: 020997: 1202 “], Astrakhan, Astrakhan TISIZ Publ., 2017.