

Р.Е. Лукпанов*, С.Б. Енкебайев, Д.В. Цыгулев

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

*e-mail: rauan_82@mail.ru

ОЦЕНКА НЕСУЩИХ СПОСОБНОСТЕЙ СВАЙ ПО ГРУНТУ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ СТАТИЧЕСКИМИ И ДИНАМИЧЕСКИМИ ИСПЫТАНИЯМИ

Аннотация. В статье представлены результаты сравнения частных значений несущих способностей свай, полученных статическими и динамическими испытаниями. Испытания выполнены для забивных свай, сечением 30х30 см. Комплекс исследований представлен более 150 испытаниями грунтов сваями, выполненными согласно требованиям, регламентированным ГОСТ 5686. На основании полученных результатов проведен анализ сходимости сравниваемых методов испытаний, а также статистический анализ данных. Результаты анализа показали, что все полученные частные и усредненные значения несущей способности приемлемы и имеют тесную связь между собой. Исследования имеют практическое значение для дальнейшего строительства нефтегазового комплекса. Выявленные закономерности позволят производить корректировку результатов динамического экспресс метода относительно статического метода, считающегося эталонным. Большое количество полученных частных значений несущих способностей обеспечивает статистическую надежность полученных результатов.

Ключевые слова: сваи, фундамент, статические испытания, динамические испытания.

Введение. Сегодня, применение свайных фундаментов относят к стандартным конструктивным решениям зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения [1]. К основным стандартным испытаниям свай по определению несущей способности относят статические и динамические испытания [2]. Статические испытания являются наиболее надежными по сравнению с динамическими, поскольку условия проведения испытаний имеет максимальное приближение к реальным условиям нагружения грунтов сваями при возведении зданий и сооружений [3]. Поэтому результаты статических испытаний относят к эталонным, относительно которых производят сравнения несущих способностей, полученных другими методами. Динамические испытания относят к экспресс методам определения несущей способности свай [4]. Относительно статических испытаний динамические испытания дают погрешность результатов несущих способностей, связанную, прежде всего с условиями нагружения свай. Доверительное отношение к статическим испытаниям также подтверждается коэффициентами надежности, регламентированными стандартом [5]. Так, для статических испытаний коэффициент надежности составляет 1,2, а для динамических – 1,4. Однако несомненным преимуществом динамических испытаний является относительная скорость их производства, также как стоимость и трудоемкость [6]. Последнее определяет регламентированное количество статических и динамических испытаний: 0,5% от общего количества свай, но не менее 2 статических испытаний для объекта; 1,0% от общего количества свай, но не менее 6 динамических испытаний для объекта [7]. Минимальное количество динамических испытаний связано с обязательным проведением статистического анализа, которое может выполняться для анализа не менее 6 частных значений оценочных параметров.

Сегодня, для оценки надежности свайных фундаментов большое предпочтение отдается экспресс методам [8]. Оценка надежности в целом сводится к испытаниям качества материала и определением фактической несущей способности по грунту. Оценку качества материала производят как косвенным методом так и прямой оценкой. К косвенным можно отнести оценку соответствия продукта проектным требованиям на основании сертификации завода изготовителя свай (для забивных свай), или бетонной смеси (для буронабивных) [9].

Испытания проведены на площадке строительства нефтегазового комплекса, представленного производственными зданиями каркасного типа из металлических элементов

(рисунок 1). Статические испытания проведены для 33 забивных свай С9-30, длиной 9м, квадратного сечения 0.3x0.3 м. Динамические испытания проведены для 128 свай С9-30, в том числе для свай ранее подверженных статическим испытаниям.

Целью проведения испытаний была оценка несущей способности свай по грунту, а целью исследования – сравнение динамических результатов испытаний со статическими для оценки применимости динамического метода испытаний в инженерно-геологических условиях площадки строительства.

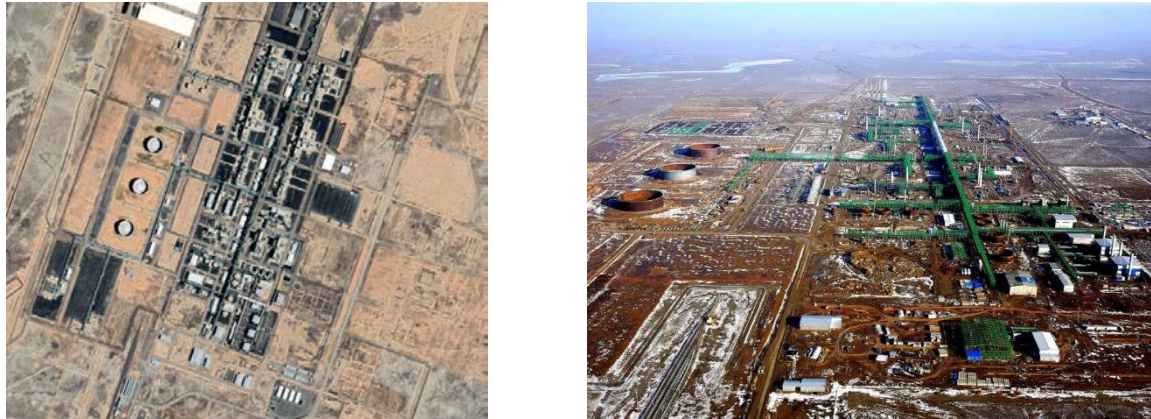
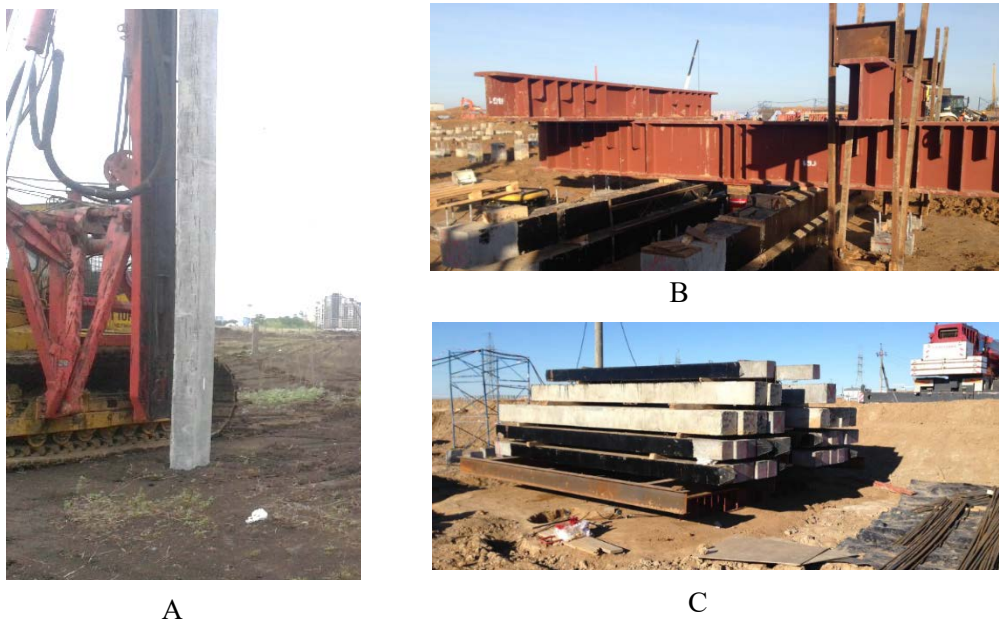


Рисунок 1. Нефтегазовый комплекс Карабатан

Методы исследования. Статические и динамические испытания выполнены согласно требованиям ГОСТ 5686 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями». Динамические испытания проведены с использованием сваебойной установки МСДШ на базе СП 49 РН 14, с массой ударной части 3,5 тонн (рисунок 2А). Статические испытания выполнены при помощи анкерно-упорного стенда (рисунок 2В) и пригрузочной платформы (рисунок 2С), в зависимости от условий свайного поля. В холодный период времени испытательная платформа накрывалась защитным тентом (рисунок 2В), а тестовая свая обогревалась в период не менее 24 часов до приложения нагрузки. Необходимость в обогреве грунта связана с исключением эффекта обжатия сваи грунтом, которое происходит при кристаллизации грунтовых вод.



А

В

С

Рисунок 2. Проведение испытаний

Динамические испытания. Перед началом испытаний на поверхность сваи нанесены риски, кратностью 100 мм, а на последний метр погружения, кратностью 10 мм. В процессе забивки сваи производился подсчет количества ударов молота, одновременно фиксировалась высота его падения. Для наблюдения за перемещением сваи во время добивки, на ее поверхность клеилась мерная лента, кратностью 1 мм. Добивка сваи производилась двумя залогом (одиночными ударами) по 3 и 5 ударов тем же сваебойным оборудованием (использованным при ее забивке) с применением наголовника и деревянной прокладки во избежание разрушения оголовка сваи. Во избежание потери энергии при использовании новой деревянной прокладки предварительно производилось несколько одиночных ударов на уже испытанной свае, либо на свае, не подвергающейся испытаниям.

Расчетное значение несущей способности сваи по грунту (F_d) по результатам полевых испытаний динамической нагрузкой определяется согласно формуле:

$$F_d = \gamma_c \frac{\frac{\mu A M}{2} \sqrt{1 + \frac{4(G(H-h)) \cdot m_1 + \varepsilon^2 (m_2 + m_1)}{A S a} - 1}}{\gamma_s}, \quad (1)$$

γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый при действии вдавливающей нагрузки 1;

γ_s – коэффициент надежности по грунту, принимаемый 1,4;

η – коэффициент материала сваи, для железобетонных свай принимается 150 тс/м²;00 кН/м²);

A – площадь периметра сваи, равное 0,09 м²;

G – масса ударной части молота, равная 3,5 т;

H – фактическая высота падения ударной части молота, м;

h – высота отскока ударной части молота, м;

sa – фактический остаточный отказ, равный значению погружения сваи от одного удара молота, м;

m₁ – общая масса молота, т;

m₂ – масса сваи и наголовника, т.

ε – коэффициент восстановления удара, при забивке железобетонных свай молотами ударного действия с применением наголовника с деревянным вкладышем, принимается 0,2;

В ходе динамических испытаний (для получения более точных результатов, а также исключения влияния человеческого фактора на результат) использовался электронный тахеометр, точностью измерений 1.5 мм, для фиксации вертикального перемещения свай.

Статические испытания. Несущая способность сваи по результатам статических испытаний определяется исходя из условия предельно-допустимого перемещения сваи. Предельно-допустимое перемещение зависит от типа сооружения и способа проведения испытаний относительно времени выдержки ступеней нагружения. Так, для наиболее распространенных испытаний до стабилизации грунта предельно допустимой осадкой, относительно которой определяется несущая способность составляет: для зданий с железобетонным каркасом – 20мм; для зданий с металлическим каркасом 30мм. Для других типов сооружений, регламентируются другие критерии допустимой осадки. Максимальная нагрузка для статического должна составлять 150% от проектной предельно допустимой на сваю. Все конструкции установок, применяемые для испытаний, рассчитаны на нагрузку, превышающую максимальную тестовую на 20% как минимум. Устройство домкрата с плавающей головкой для обеспечивает соосную и центральную передачу нагрузки на сваю. Для исключения возможности передачи нагрузки на испытываемую сваю до установки измерительных приборов грузовая платформа смонтирована на специальных опорах. Перед проведением испытаний произведена горизонтальная планировка площадки для обеспечения устойчивости оборудования при испытании. Метод полевых испытаний сваями заключается в равномерном нагружении ступенями не более 1/10-1/5 от заданной в программе наибольшей

нагрузки на сваю (общее количество ступеней 10). На каждой ступени нагружения сваи снимают отсчеты по всем приборам для контроля нагрузки и измерения перемещений свай. Каждую ступень нагружения выдерживают до условной стабилизации грунта. Критерий стабилизации является суммарное перемещение сваи не более 0,1 мм за последний час наблюдения. Максимальное время выдержки ступени без стабилизации составляет 24 часа. Особых требований к выдержке пиковой ступени нет. Предельное перемещение сваи, при достижении которого производят остановку испытаний, составляет 40 мм. После достижения пиковой нагрузки или остановки испытаний производят разгрузку. Разгрузку сваи производят ступенями, равными удвоенным значениям ступеней нагружения, с выдержкой каждой ступени 15 мин, а последней 60 мин.

Условия сравнительного анализа. Сравнение производится в соотношении результатов статических испытаний к динамическим, поскольку статические испытания грунтов сваями относятся к эталонным, максимально приближенным к реальному поведению грунтового основания (сопротивлению грунта) при строительстве. На первом этапе производятся сравнения частных расчетных значений несущих способностей свай, полученных динамическим и статическим нагружениями (посредством коэффициентов k_s и k_d). Сравнение расчетных значений позволит дать оценку истинных значений несущих способностей свай, без учета коэффициентов, влияющих на конечный результат испытаний (статистического коэффициента надежности и коэффициента надежности метода испытания). На втором этапе производится сравнение нормативных значений несущих способностей свай (окончательно принятых значений), (посредством коэффициентов k'_s и k'_d). Сравнение позволит дать оценку условным и ограничительным требованиям норматива. Перед сравнением производится статистическая обработка результатов испытаний, с целью исключения возможной ошибки испытаний. При сравнении результатов испытаний необходимо принять во внимание условные и ограничительные требования, регламентированные нормативом: предельно допустимые значения осадки сваи; требование к количеству испытываемых свай, минимальному количеству частных значений для статистической обработки и пр.

Результаты исследований. В таблице 1 представлены результаты средних расчетных (фактических) значений несущих способностей по объектам строительства с представлением статистических данных динамических испытаний, а также диапазоном коэффициентов сравнений k_s и k_d . В таблице 2 представлены результаты средних нормативных (принятых) значений несущих способностей по объектам строительства с представлением статистических данных динамических испытаний, а также диапазоном коэффициентов сравнений k'_s и k'_d . На каждом из объектов выполнено минимум по 6-12 динамических и 2-4 статических испытания. Для динамических испытаний в таблице также приводятся статистические показатели частных значений несущих способностей.

Таблица 1. Сравнение расчетных значений несущих способностей

DLT	SD	VC	SLT	k_s	k_d
1 212	218	18.0	1010	0.70-1.12	0.90-1.42
1 561	242	15.5	1200	0.64-1.01	0.99-1.55
2 019	193	9.5	1428	0.68-0.83	1.20-1.59
680	168	24.6	678	0.76-1.38	0.73-1.32
926	99	10.6	1046	1.06-1.42	0.70-0.95
2 058	145	7.1	1934	0.87-1.02	0.98-1.15
1 392	367	26.3	953	0.53-0.83	1.20-1.90

DLT – средние значения динамических испытаний, кН

SD – среднеквадратичное отклонение

VC – коэффициент вариации

SLT – частные значения статических испытаний, кН

k_s – DLT/SLT

k_d – SLT/DLT

Таблица 2. Сравнение нормативных значений несущих способностей

DLT	SLT	k_s	k_d
865	842	0.82-1.30	0.77-1.22
1115	1000	0.82-1.18	0.85-1.33
1442	1190	0.73-0.97	1.03-1.37
486	565	0.88-1.60	0.62-1.13
661	872	1.23-1.66	0.60-0.81
1470	1612	1.02-1.19	0.84-0.91
994	794	0.61-0.97	1.03-1.63

k_s – DLT/SLT

k_d – SLT/SLT

Коэффициент k_s варьируется в диапазоне от 0.53 до 1.42. Коэффициент k_d варьируется в диапазоне от 0.61 до 1.66. Коэффициент k_s варьируется в диапазоне от 0.77 до 1.22. Коэффициент k_d варьируется в диапазоне от 0.9 до 1.43. Согласно статистическим данным частные значения динамических испытаний имеют большую сходимость: максимальное квадратичное отклонение составляет 367 при среднем значении 1392 кН; коэффициент вариации составляет 26,3%.

Среднее значение коэффициента сравнения $\bar{k}_s = 0,88$, меньше 1, то есть динамические испытания показали большие частные нормативные значения несущей способности, чем статические. Тем не менее, результаты испытаний имеют высокую степень сходимости (тесную связь), поскольку усредненная погрешность нормативных значений несущих способностей динамических испытаний в данных гидрогеологических условиях, в численном эквиваленте составляет 12 %.

Среднее значение коэффициента сравнения $\bar{k}_d = 1,03$, приближено к 1, то есть результаты имеют высокую степень сходимости динамических испытаний со статическими (тесную связь), близкую к 100 %. Усредненная погрешность расчетных значений несущих способностей динамических испытаний в данных гидрогеологических условиях, в численном эквиваленте составляет 3 %.

Выравнивание расчетных значений объясняется разным коэффициентом надежности принимаемым равным 1.2 для статических испытаний и 1.4 для динамических испытаний согласно [10].

Коэффициент надежности статистического анализа \bar{k}_s и \bar{k}_d составляет 1,05, что свидетельствует о низкой дисперсии (разбеге) данных, а также тесной связи статических и динамических испытаний.

Среднее значение коэффициента сравнения $\bar{k}_s = 0,96$, приближено к 1, то есть принятые нормативные значения несущей способности имеют высокую степень сходимости (тесную связь), близкую к 100 %. Усредненная погрешность нормативных значений несущих способностей динамических испытаний в данных гидрогеологических условиях, в численном эквиваленте составляет 4 %. Таким образом, ограничительное требование, регламентированное нормативом – требование к минимальному количеству частных значений для статистической обработки и принятия наименьшего значения несущей способности из частных значений, в данных гидрогеологических условиях площадки, не оказало существенного влияния. Однако, с учетом коэффициента надежности, данное требование имеет занижающий эффект.

Среднее значение коэффициента сравнения, $\bar{k}_d = 1,13$, в сравнении со значением коэффициента \bar{k}_s имеет относительно меньшую связь. Тем не менее, результаты испытаний имеют высокую степень сходимости (тесную связь), поскольку усредненная погрешность

расчетных значений несущих способностей принятых в отчетах динамических испытаний в данных гидрогеологических условиях, в численном эквиваленте составляет 13 %. Последнее может быть объяснено занижением результатов испытаний коэффициентом надежности принимаемым равным 1.2 для статических испытаний и 1.4 для динамических испытаний согласно [10].

Коэффициент надежности статистического анализа \overline{k}_s и \overline{k}_d составляет 1,12, что свидетельствует об относительно низкой дисперсии (разбеге) данных, а также тесной связи статических и динамических испытаний.

Результаты статистической обработки в данных гидрогеологических условиях (при доверительной вероятности $\alpha=95\%$):

- усредненная погрешность нормативных значений несущих способностей динамических испытаний оставляет 12 %.
- усредненная погрешность расчетных значений несущих способностей динамических испытаний составляет 3 %.
- усредненная погрешность нормативных значений несущих способностей принятых в отчетах динамических испытаний составляет 4 %.
- усредненная погрешность расчетных значений несущих способностей принятых в отчетах динамических испытаний составляет 13 %.

На рисунке 2 показаны потенциально возможные значения несущих способностей грунтов в зависимости от конструктивного решения надземной части здания или сооружения. Таким образом, имеем два разных значения несущей способности одной и той же сваи, полученной одним испытанием на статическую нагрузку. Однако результаты динамических испытаний имеют единое решение по несущей способности (854 кН), вне зависимости от надземной части здания или сооружения. Данная условность в большой степени влияет на сравнение результатов динамических и статических испытаний.

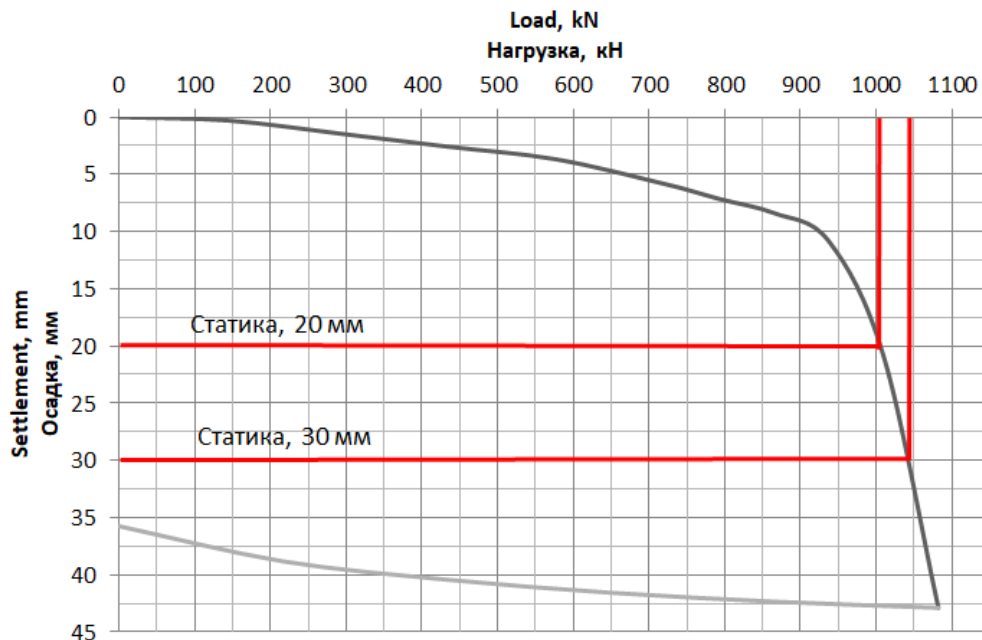


Рисунок 2. Фактический график нагрузки-осадки статических испытаний

В данном конкретном случае: при железобетонном каркасе, погрешность динамических испытаний составляет 15%; при металлокаркасе, погрешность динамических испытаний составляет 19%.

На рисунке 3 показаны сравнения результатов статических испытаний, полученных согласно требованиям утраченного силу норматива (действующего до 2015 года) и требованиям нового норматива (действующего с 2015 года). На графике показаны результаты несущих способностей свай, полученных согласно старых и новых требований.

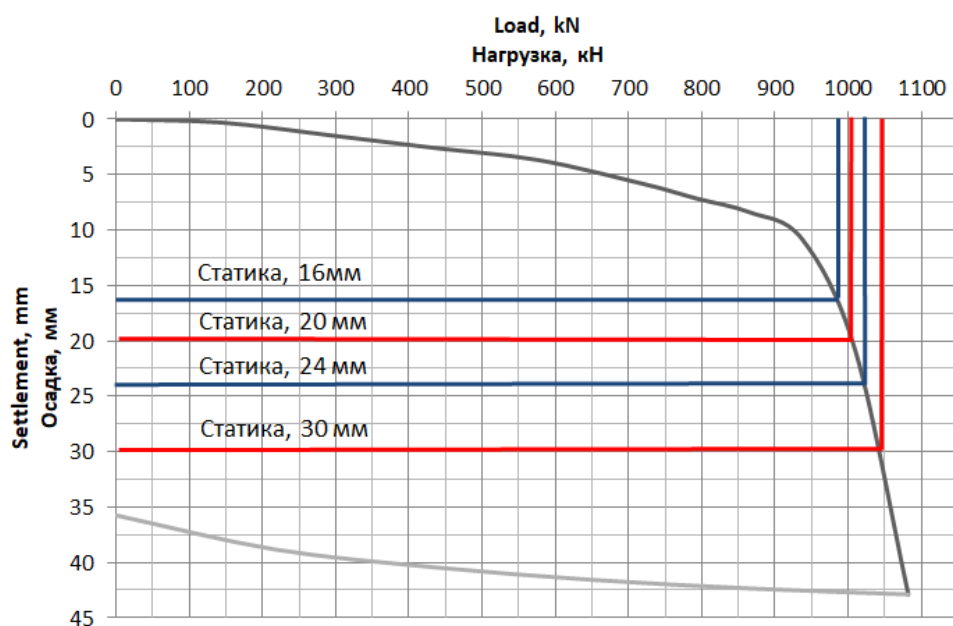


Рисунок 3. График нагрузки-осадки статических испытаний

Актуальность данного сравнения обосновано тем, что внесенные изменения оказывают влияние на сравнение результатов динамических и статических испытаний, подтверждая условность данных требований.

В данном конкретном случае:

- при железобетонном каркасе, погрешность динамических испытаний, согласно норматива до 2015 составляет 13%;
- при железобетонном каркасе, погрешность динамических испытаний, согласно норматива после 2015 составляет 15%;
- при металлокаркасе, погрешность динамических испытаний, согласно норматива до 2015 составляет 17%;
- при металлокаркасе, погрешность динамических испытаний, согласно норматива после 2015 составляет 19%.

Заключение. Результаты сравнения выражены соотношением средних значений несущих способностей статических испытаний к динамическим. При этом, результаты статических испытаний были приняты как эталонные, поскольку метод признается наиболее приближенным к реальному нагружению сваи в процессе строительства, а результаты максимально достоверными.

Результаты оценки случайной ошибки, показали, что все полученные частные значения несущей способности приемлемы для дальнейшего анализа и определения усредненных значений коэффициентов сравнений. Все результаты испытаний имеют тесную связь между собой.

Результатом увеличения погрешности результатов динамических испытаний, относительно частных значений и принятых в отчетах (от 3 до 13 %), является: ограничительное требование, регламентированное нормативом – требование к минимальному количеству частных значений для статистической обработки и принятия наименьшего значения несущей способности из частных значений; занижение результатов испытаний коэффициентом надежности, принимаемым равным 1.2 для статических испытаний и 1.4 для динамических испытаний.

При сравнении результатов статических и динамических испытаний грунтов сваями необходимо принимать во внимание условность критериев оценки несущей способности по результатам статических испытаний (см. раздел Анализ требований норматива). Условность отражается в том, что результаты статических испытаний могут иметь несколько отличающихся несущих способностей грунтов в зависимости от конструктивного решения надземной части здания или сооружения, тогда как результаты динамических испытаний имеют единое решение по несущей способности, вне зависимости от надземной части здания или сооружения. Данная условность влияет на сравнение результатов динамических и статических испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Zhusupbekov, A. Z., Enkebaev, S. B., Lukpanov, R. E., & Tulebekova, A. S. (2012). Analysis of the settlement of pile foundations under soil conditions of astana. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 49(3), 99-104. doi:10.1007/s11204-012-9174-8

[2] Lukpanov, R. E. (2015). Comparison of results of series pile load test in accordance with ASTM and kazakhstan standards. Paper presented at the 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ARC 2015: New Innovations and Sustainability, 1323-1326. doi:10.3208/jgssp.KAZ-05

[3] Lukpanov, R. E. (2015). Comparison of GOST and ASTM as to soil testing by vertically loaded piles. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 52(1), 33-37. doi:10.1007/s11204-015-9303-2

[4] Lukpanov, R. E., Tsigulyov, D. V., Yenkebayev, S. B., & Askarov, D. T. (2016). Influence of blow energy of the hammer on the bearing capacity of piles during dynamic testing. Paper presented at the Challenges and Innovations in Geotechnics - Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference, 8AYGEC 2016, 71-74.

[5] Zhussupbekov, A. Z., Tulebekova, A. S., Lukpanov, R., & Zhumadilov, I. T. (2016). Comparison analysis of features in eurocode and kazakhstan norms requirements. Paper presented at the Challenges and Innovations in Geotechnics - Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference, 8AYGEC 2016, 251-255.

[6] Zhussupbekov, A. Z., Syrlybaev, M. K., Lukpanov, R. E., & Omarov, A. R. (2015). The applications of dynamic and static piling tests of astana. Paper presented at the 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ARC 2015: New Innovations and Sustainability, 2726-2729. doi:10.3208/jgssp.TC305-12

[7] ГОСТ 5686 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями».

[8] Awwad, T., Yenkebayev, S. B., Tsigulyov, D. V., & Lukpanov, R. E. (2019). Analysis of driven pile bearing capacity results by static and dynamic load tests doi:10.1007/978-3-030-01902-0_8

[9] Orazova, D. K., Zhussupbekov, A. Z., Lukpanov, R. E., & Yenkebayev, S. B. (2016). Evaluation of wind power unit reliability according to the results of field studies on the example of ereymentau wind power station. Paper presented at the Challenges and Innovations in Geotechnics - Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference, 8AYGEC 2016, 65-69D

[10] СНиП РК 5.01-03-2002 «Свайные фундаменты».

REFERENCES

[1] Zhusupbekov, A. Z., Enkebaev, S. B., Lukpanov, R. E., & Tulebekova, A. S. (2012). Analysis of the settlement of pile foundations under soil conditions of astana. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 49(3), 99-104. doi:10.1007/s11204-012-9174-8

[2] Lukpanov, R. E. (2015). Comparison of results of series pile load test in accordance with ASTM and kazakhstan standards. Paper presented at the 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ARC 2015: New Innovations and Sustainability, 1323-1326. doi:10.3208/jgssp.KAZ-05

[3] Lukpanov, R. E. (2015). Comparison of GOST and ASTM as to soil testing by vertically loaded piles. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 52(1), 33-37. doi:10.1007/s11204-015-9303-2

[4] Lukpanov, R. E., Tsigulyov, D. V., Yenkebayev, S. B., & Askarov, D. T. (2016). Influence of blow energy of the hammer on the bearing capacity of piles during dynamic testing. Paper presented at the Challenges and Innovations in Geotechnics - Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference, 8AYGEC 2016, 71-74.

[5] Zhussupbekov, A. Z., Tulebekova, A. S., Lukpanov, R., & Zhumadilov, I. T. (2016). Comparison analysis of features in eurocode and kazakhstan norms requirements. Paper presented at the Challenges and Innovations in Geotechnics - Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference, 8AYGEC 2016, 251-255.

[6] Zhussupbekov, A. Z., Syrlybaev, M. K., Lukpanov, R. E., & Omarov, A. R. (2015). The applications of dynamic and static piling tests of astana. Paper presented at the 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ARC 2015: New Innovations and Sustainability, 2726-2729. doi:10.3208/jgssp.TC305-12

[7] GOST 5686 «Grunty. Metody polevykh ispytaniy svayami».

[8] Awwad, T., Yenkebayev, S. B., Tsigulyov, D. V., & Lukpanov, R. E. (2019). Analysis of driven pile bearing capacity results by static and dynamic load tests doi:10.1007/978-3-030-01902-0_8

[9] Orazova, D. K., Zhussupbekov, A. Z., Lukpanov, R. E., & Yenkebayev, S. B. (2016). Evaluation of wind power unit reliability according to the results of field studies on the example of ereymentau wind power station. Paper presented at the Challenges and Innovations in Geotechnics - Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference, 8AYGEC 2016, 65-69D

[10] SNiP RK 5.01-03-2002 «Svainye fundamenty».

Р.Е. Лукпанов*, С.Б. Енкебайев, Д.В.Цыгулев

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

*e-mail: rauan_82@mail.ru

СТАТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ДИНАМИКАЛЫҚ СЫНАҚТАРМЕН АНЫҚТАЛАТЫН ҚАДАЛАРДЫҢ ТОПЫРАҚ БОЙЫНША КӨТЕРГІШ ҚАБІЛЕТТЕРІН БАҒАЛАУ

Андатпа. Мақалада статикалық және динамикалық сынақтардан алынған қадалардың тірек қабілеттерінің нақты Мақалада статикалық және динамикалық сынақтардан алынған қадалардың тірек қабілеттерінің нақты мәндерін салыстыру нәтижелері келтірілген. Сынақтар 30x30 см қимасы бар бітелген қадалар үшін жүргізілді, зерттеу кешені ГОСТ 5686 реттейтін талаптарға сәйкес орындалған қадалармен 150-ден астам топырақ сынақтарымен ұсынылған. Алынған нәтижелерге сүйене отырып, салыстырылған сынақ әдістерінің конвергенциясы, сондай-ақ деректердің статистикалық талдауы жасалды. Талдау нәтижелері көрсеткендей, алынған барлық жеке және орташа жүктеме мәндері қолайлы және бір-бірімен тығыз байланысты. Зерттеулер мұнай-газ кешенін одан әрі салу үшін практикалық маңызы бар. Анықталған заңдылықтар анықтамалық деп саналатын статикалық әдіске қатысты динамикалық экспресс әдісінің нәтижелерін түзетуге мүмкіндік береді. Мойынтірек қабілеттерінің алынған нақты мәндерінің көп мөлшері алынған нәтижелердің статистикалық сенімділігін қамтамасыз етеді.

Негізгі сөздер: қадалар, іргетас, статикалық сынақтар, динамикалық сынақтар.

R.E. Lukpanov*, S.B. Yenkebayev, D.V. Tsigulyov

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

* e-mail: rauan_82@mail.ru

ASSESSMENT OF THE BEARING CAPACITY OF PILES IN SOIL, DETERMINED BY STATIC AND DYNAMIC LOAD TESTS

Abstract. The article presents the results of a comparison of partial values of the carrying capacity of piles obtained by static and dynamic tests. The tests were carried out for driven piles, cross-section 30x30 cm. The complex of investigations is represented by more than 150 pile-soil tests carried out in accordance with the requirements regulated by GOST 5686. On the basis of the results we analyzed convergence of the compared test methods and statistical analysis of data. The results of the analysis have shown that all obtained private and average values of bearing capacity are acceptable and have a close relationship with each other. The research is of practical importance for further construction of the oil and gas complex. The revealed regularities will allow to make correction of dynamic express method results in relation to a static method, which is considered to be a reference one. A large number of obtained private values of bearing capacities provides statistical reliability of the obtained results.

Keywords: pile, foundation, static load test, dynamic load test.