

МРНТИ 67.11.29

Г.И. Исаков | ©



Магистр строительства

ORCID

<https://orcid.org/0000-0001-5749-4716>



Управление энергетики и ЖКХ акимата Жамбылской области



г. Тараз, Казахстан



isakov_galym@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/ЕАКІ9150>

О РЕЗУЛЬТАТАХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОГРУЖАЕМОСТИ И ЭНЕРГОЕМКОСТИ СВАЙ С РАЗНОЙ ПЛОЩАДЬЮ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

Аннотация. Проведены исследования с применением моделей свай с разными размерами поперечного сечения при их одинаковой длине. Погружение свай осуществлялось в насыпной уплотненный грунт лабораторного лотка. Для забивки моделей свай использовано навесное приспособление, обеспечивающее нанесение ударов по голове моделей свай падающим грузом. На основе результатов забивки моделей свай установлено, что площадь поперечного сечения свай оказывает существенное влияние на глубину и объем их погружения, на количество ударов и удельную энергоемкость процесса забивки. Корреляционные зависимости указанных параметров от площади поперечного сечения свай, установленные по результатам испытаний, могут быть использованы для выбора размеров сечения свай на стадии и проектирования.

Ключевые слова: фундамент, свая, грунт, ударник, погружаемость свай, энергоемкость забивки свай, площадь поперечного сечения свай, несущая способность свай.



Исаков, Г.И. О результатах исследований погружаемости и энергоемкости свай с разной площадью поперечного сечения [Текст] / Г.И. Исаков // Механика и технологии / Научный журнал. – 2021. – №4(74). – С.66-74.
<https://doi.org/10.55956/ЕАКІ9150>

Введение. Вопросу влияния площади поперечного сечения забивных свай на их энергоемкость и погружаемость в грунты специалистами не уделялось должное внимание. Достаточно сказать, что экспериментальные данные по рассматриваемому вопросу в научно-технической литературе полностью отсутствуют. Поэтому актуальность изучения и сравнения параметров забивки свай с разной площадью поперечного сечения свай достаточно высока, так как только на основе них можно обоснованно назначать оптимальные размеры поперечного сечения забивных свай на стадии проектирования свайных фундаментов.

Условия и методы исследований. Учитывая отсутствие экспериментальных данных по рассматриваемому вопросу, авторами проведены соответствующие исследования в лабораторных условиях с применением моделей свай с разными размерами поперечного сечения. Методика экспериментов, оборудование и параметры лотка представлены в

работе [1]. Исследования проводились в насыпном суглинке, обладающем следующими физическими характеристиками:

- влажностью $w = 12,54 \%$;
- плотностью $\rho = 1,40 \text{ т/м}^3$;
- плотностью в сухом состоянии $\rho_d = 1,24 \text{ т/м}^3$;
- плотностью твердых частиц $\rho_s = 2,71 \text{ т/м}^3$.

Масса ударника составляла 2,5 кг, а высота ее сбрасывания в экспериментах принималась постоянной, равной 14,5 см. Опыты проводились с применением деревянных моделей свай, имеющих призматическую форму с квадратным поперечным сечением и клиновидной формой острия.

Сведения о моделях свай использованных в экспериментах приведены в таблице 1. Общий вид моделей свай и фрагмент их погружения в грунт лотка приведены на рисунке 1. Результаты экспериментов приведены в таблице 2 и на рисунках 2 и 3.

Таблица 1

Сведения о геометрических параметрах и массе моделей свай

Номер модели сваи	Размеры поперечного сечения	Площадь поперечного сечения модели сваи, см^2	Объем модели сваи, см^3	Площадь боковой поверхности модели сваи, см^2	Масса модели сваи, г
1	34×35	11,9	382,76	450,06	176,8
5	30×30	9,0	281,22	384,94	109,3
2	24×25	6,0	195,30	320,24	72,1
3	19×19	3,61	125,00	255,8	49,2



а)



б)

Рис. 1. Общий вид (а) моделей свай и фрагмент их погружения в грунт лотка (б)

Результаты исследований и их обсуждение.

Таблица 2

Результаты забивки моделей свай (при 13 ударах ударника)

Номер модели свай	Общая глубина погружения моделей, мм	Глубина погружения моделей, мм		Полная энергия забивки моделей свай, Дж	Объем погружения моделей свай, см ³	Удельная энергоёмкость забивки моделей свай, Дж/см ³
		при 1 ударе	при последнем ударе			
1	94	29	3	46,15	109,39	0,42
5	101	20	4		79,62	0,57
2	144	29	8		86,7	0,53
3	223	68	13		88,54	0,52

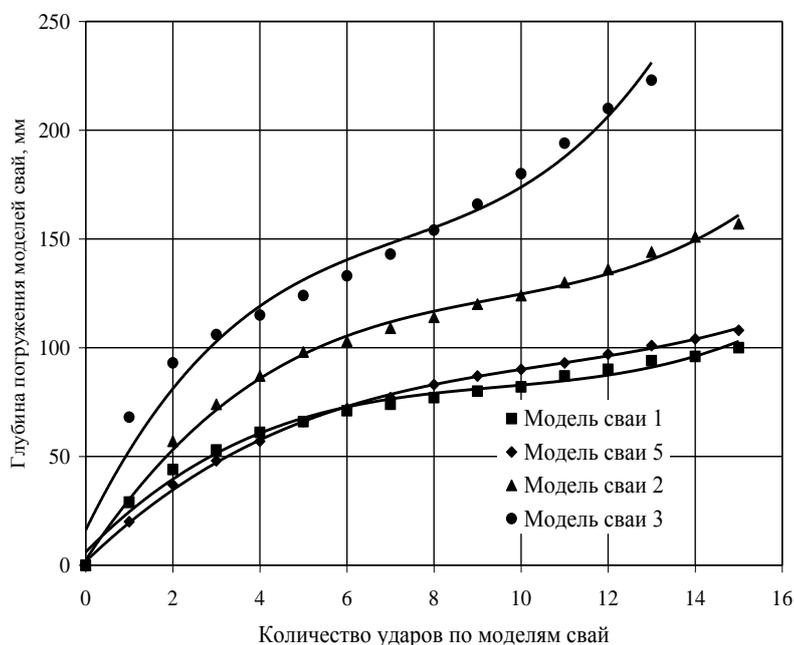


Рис. 2. Зависимость глубины погружения моделей свай от количества ударов по ним

Из результатов экспериментов видно, что модели с меньшей площадью поперечного сечения при одинаковых энергетических затратах ударника погружаются на большую глубину. Так сваи 5, 2 и 3, с площадью поперечного сечения 9,0, 6,0 и 3,61 см² по сравнению со свайей 1, имеющей площадь сечения 11,9 см², погрузились в грунт соответственно на 7, 50 и 129 мм больше (или соответственно на 7,4, 53,2 и 130,9 % больше).

Из графиков, представленных на рисунках 2 и 3, следует, что в процессе забивки моделей в грунт по мере увеличения количества ударов (энергетических затрат) ударника глубина погружения их погружения увеличивается. Причем эта зависимость для моделей 1 и 5 имеет затухающий характер, а для моделей 2 и 3 – в конце забивки несколько возрастающий характер. Последнее, на наш взгляд, больше обусловлено, более низкой

плотностью грунта на глубине свыше 100-105 мм, нежели малыми размерами поперечного сечения моделей 2 и 3. Тем не менее, данный факт, не может, служит причиной снижающей достоверность полученных экспериментальных данных, так как для всех моделей грунтовые условия приняты одинаковыми. Более того в реальных однородных грунтовых напластованиях подобные перепады плотности грунтов обыденное явление.

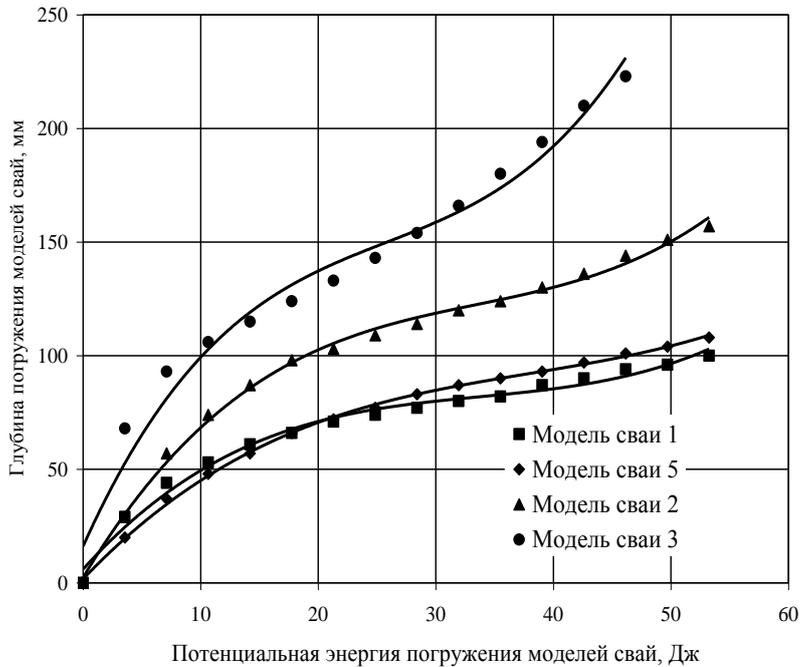


Рис. 3. Зависимость глубины погружения моделей свай от энергии их погружения в грунт

Обработкой результатов экспериментов выявлено, что в целом зависимость глубины погружения моделей от количества ударов ударника и от потенциальной энергии погружения математически описываются следующими полиномиальными функциями 3 степени

$$h_p = an^3 - bn^2 + pn + m, \quad (1)$$

$$h_p = r\mathcal{E}^3 - t\mathcal{E}^2 + y\mathcal{E} + g, \quad (2)$$

где: h_p – глубина погружения модели сваи в грунт, мм; a, b, p, m – коэффициенты, принимаемые по таблице 3; n – количество ударов ударника; r, t, y, g – коэффициенты, принимаемые по таблице 4; \mathcal{E} – потенциальная энергия погружения модели сваи, Дж.

Таблица 3

Значение коэффициентов a, b, p, m в формуле (1)

Номер модели сваи	Значение коэффициентов				Величина достоверности аппроксимации данных $R^{\wedge 2}$
	a	b	p	m	
1	0,0685	1,9553	20,383	6,033	0,9884
5	0,0473	1,5169	19,273	1,7221	0,9989
2	0,1004	2,8416	30,603	2,4131	0,9969
3	0,2132	4,6461	40,906	16,166	0,9791

Таблица 4

Значение коэффициентов r, t, y, g в формуле (2)

Номер модели сваи	Значение коэффициентов				Величина достоверности аппроксимации данных $R^{\wedge 2}$
	r	t	y	g	
1	0,0015	0,1551	5,7417	6,033	0,9884
5	0,0011	0,1204	5,4291	1,7221	0,9989
2	0,0022	0,2255	8,6205	2,4131	0,9969
3	0,0048	0,3687	11,523	16,166	0,9791

Как было показано выше, глубина погружения сваи зависит от площади ее поперечного сечения (таблица 2). Данная зависимость математически описывается следующей полиномиальной функцией 3 степени (рис. 4)

$$h_p = -rA^3 + yA^2 - uA + s, \quad (3)$$

где: h_p – глубина погружения модели сваи, мм; r, y, u, s – коэффициенты соответственно равные 0,1753, 6,7352, 85,389, 451,73; A – площадь поперечного сечения модели сваи, см³.

Величина достоверности аппроксимации экспериментальных данных по формуле (3) составляет $R^{\wedge 2} = 1$.

С увеличением площади поперечного сечения сваи не пропорционально изменяется объем ее погружения в грунт (таблица 2). Эта зависимость описывается следующей полиномиальной функцией 3 степени (рис. 5)

$$V_p = -tA^3 - hA^2 + kA + l, \quad (4)$$

где: V_p – объем погружения модели сваи, см³; t, h, k, l – коэффициенты соответственно равные 0,2937, 5,7611, 33,831, 27,672; A – площадь поперечного сечения модели сваи, см³.

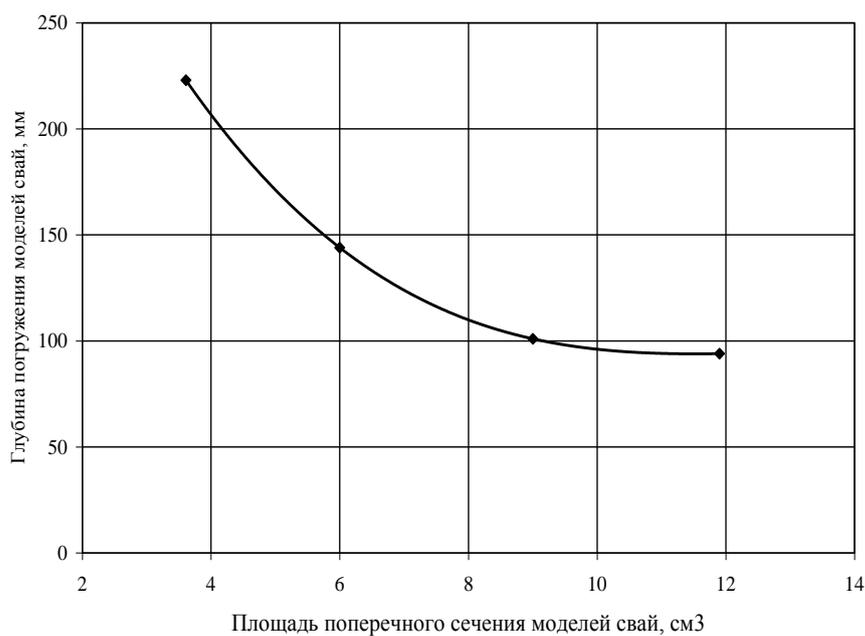


Рис. 4. Изменение глубины погружения моделей свай по мере увеличения площади их поперечного сечения

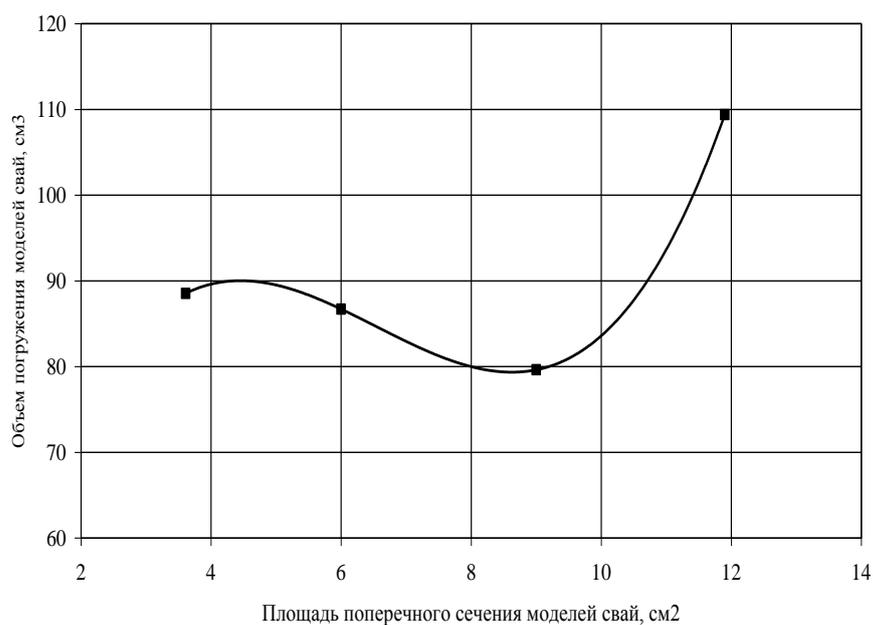


Рис. 5. Изменение объема погружения моделей свай по мере увеличения площади их поперечного сечения

Величина достоверности аппроксимации экспериментальных данных по формуле (4) составляет $R^2 = 1$.

Непропорционально изменяется также удельная энергоёмкость моделей свай от их площади поперечного сечения (таблица 2). Данная

закономерность математически описывается следующей полиномиальной функцией 3 степени (рис. 6)

$$\mathcal{E}_v = -zA^3 + cA^2 - bA + n, \quad (5)$$

где: \mathcal{E}_v – удельная энергоёмкость модели сваи, Дж/см³; z, c, b, n – коэффициенты соответственно равные 0,0015, 0,0303, 0,1781, 0,8409; A – площадь поперечного сечения модели сваи, см².

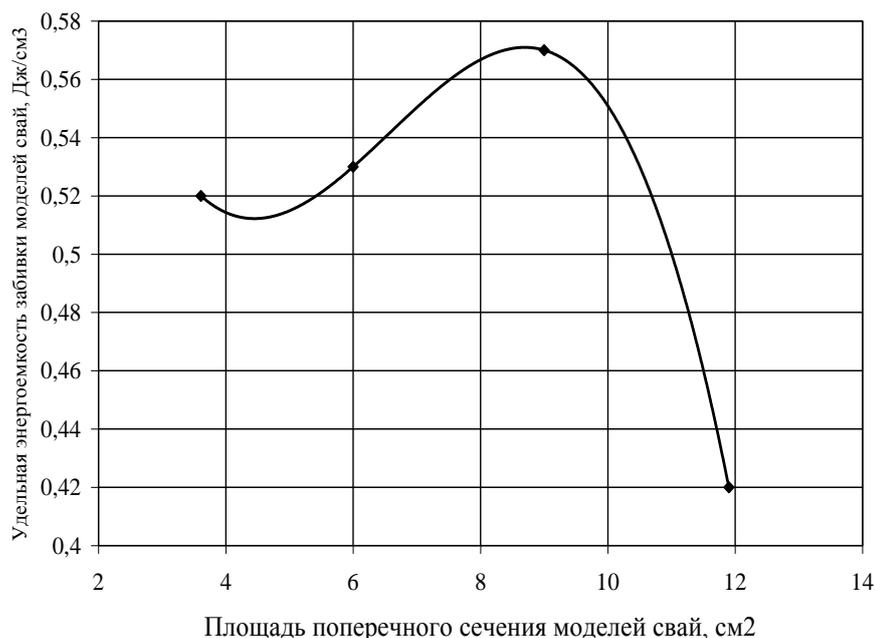


Рис. 6. Изменение объема погружения моделей свай по мере увеличения площади их поперечного сечения

Величина достоверности аппроксимации экспериментальных данных по формуле (5) составляет $R^2 = 1$.

Масса свай, как и площадь поперечного сечения, оказывает влияние на глубину погружения свай (таблица 2). Эта зависимость математически описывается следующей степенной функцией (рис. 7)

$$h_p = bm^{-p}, \quad (6)$$

где: h_p – глубина погружения модели сваи, мм; b, p – коэффициенты соответственно равные 55959, 1,3149; m – масса модели сваи, г.

Величина достоверности аппроксимации экспериментальных данных по формуле (6) составляет $R^2 = 0,8948$.

Зависимости (1)-(4) и (6) можно использовать для прогноза соответствующих параметров процесса забивки моделей свай, в условиях, аналогичных условиям проведения настоящих экспериментов.

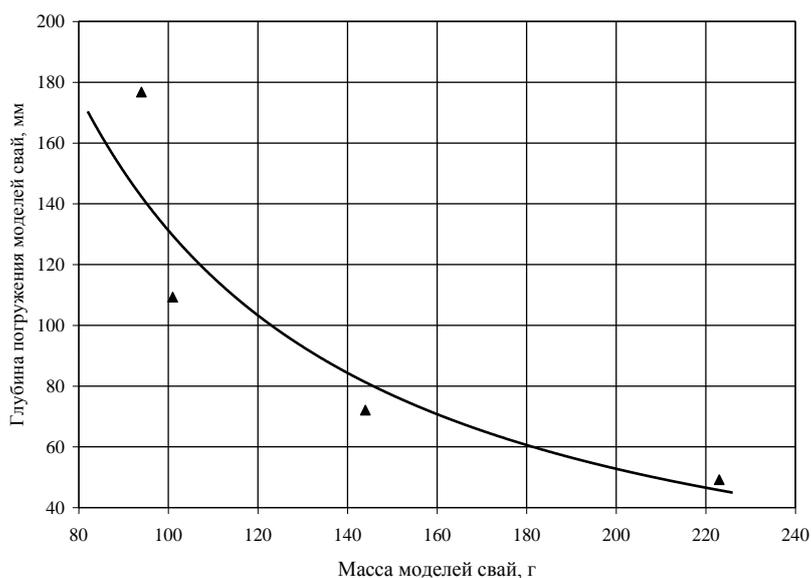


Рис. 7. Зависимость глубины погружения моделей свай от их массы

Заключение. В заключении можно сделать следующие основные выводы:

1) Увеличение площади поперечного сечения сваи в 1,67, 2,49 и 3,3 раза (при увеличении массы сваи в 1,47, 2,22 и 3,59 раза за счет увеличения ее площади поперечного сечения) приводит:

- к уменьшению глубины погружения сваи соответственно в 1,55, 2,21 и 2,37 раза;

- к уменьшению глубины погружения сваи при последнем ударе (в конце забивки) соответственно в 1,63, 3,25 и 4,33 раза;

2) Между глубиной погружения сваи и ее площадью поперечного сечения существует устойчивая зависимость, описываемая математически полиномиальной функцией 3 степени;

3) Между глубиной погружения и ее массой существует устойчивая зависимость, описываемая математически степенной функцией;

4) Между объемом погружения сваи и ее площадью поперечного сечения, а также между удельной энергоемкостью сваи и ее площадью поперечного сечения существуют непропорциональные зависимости, математически описываемые полиномиальными функциями 3 степени.

В заключении следует отметить, что полученные данные рекомендуется использовать на стадии проектирования свайных фундаментов для выбора оптимальных размеров поперечного сечения забивных призматических железобетонных свай с квадратной формой поперечного сечения.

Список литературы

1. Исаков Г.И. О методике экспериментальных исследований с применением моделей забивных свай разных форм и размеров [Текст] / Г.И. Исаков, И.И. Бекбасаров// Материалы республиканской научно-практической конференции магистрантов, докторантов и молодых преподавателей на тему «Наука и современность - 2012». II т. – Тараз: Тараз университеті, 2012. – 343 с.

Материал поступил в редакцию 24.12.21.

Г.И. Исаков

*Жамбыл облысы әкімдігінің энергетика және ТҮКШ басқармасы,
Тараз қ., Қазақстан*

КӨЛДЕНЕҢ ҚИМАСЫНЫҢ АУДАНЫ ӘРТҮРЛІ ҚАДАЛАРДЫҢ БАТЫРЫЛУЫ МЕН ЭНЕРГИЯ СЫЙЫМДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ТУРАЛЫ

Аңдатпа. Зерттеулер ұзындықтарыбірдей, ал көлденең қимасының өлшемдері әртүрлі қадалар модельдерін қолдана отырып жүргізілген. Қадаларзертханалық науаның жайылып тығыздалған топырағына соққылапқағу арқылы батырылған. Қадалар модельдерін қағу үшін олардың басынасоққынықұлата беруді қамтамасыз ететін аспалы құрал пайдаланылған. Қадалар модельдерін қағу нәтижелерінің негізінде қадалардың көлденең қимасының ауданы оларды батыру тереңдігі мен көлеміне, соққылар санына және қағу үрдісінің меншікті энергия сыйымдылығына айтарлықтай әсер ететіні анықталған. Сынақ нәтижелері бойынша анықталғанжоғарыда аталған параметрлердің қадалардың көлденең қимасының ауданына қатысты корреляциялық тәуелділіктеріжобалау барысында қадалар қимасының өлшемдерін таңдау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Тірек сөздер: іргетас, қада, топырақ, қаққыш,қаданы қағу,қаданы қағудың энергия сыйымдылығы, қаданың көлденең кескінінің ауданы, қаданың жүк көтеру қабілеті.

G.I. Isakov

*Department of Energy and Housing and Communal Services of the Akimat of Zhambyl
Region, Taraz, Kazakhstan*

ABOUT RESULTS OF SUBMERSIBILITY AND ENERGY CAPACITY STUDIES PILES WITH DIFFERENT CROSS SECTION

Abstract. Research has been carried out using models of piles with different cross-sectional dimensions and the same length. The piles were immersed in the compacted bulk soil of the laboratory tray. For driving the models of piles, an attachment was used, which provides blows to the head of the models of piles with a falling weight. Based on the results of driving pile models, it was found that the cross-sectional area of piles has a significant effect on the depth and volume of their immersion, on the number of impacts and specific energy consumption of the driving process. The correlation dependences of these parameters on the cross-sectional area of the piles, established according to the test results, can be used to select the dimensions of the cross-section of the piles at the stage and design.

Keywords: foundation, pile, soil, striker, pile submersion, energy consumption of pile driving, cross-sectional area of piles, bearing capacity of piles.

References

1. Isakov G.I., Bekbasarov I.I. O metodike jeksperimental'nyh issledovanij s primeneniem modelej zabivnyh svaj raznyh form i razmerov [On the method of experimental research using models of driven piles of different shapes and sizes] // Materialy respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferencii magistrantov, doktorantov i molodyh prepodavatelej na temu «Nauka i sovremennost' - 2012». [Materials of the republican scientific-practical conference of undergraduates, doctoral students and young teachers on the topic "Science and modernity - 2012"]. II volume - Taraz: Taraz University, 2012. - 343 p. [in Russian].