

О ВЛИЯНИИ РАЗМЕРОВ ПИРАМИДАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПИРАМИДАЛЬНО-ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СВАЙ НА ИХ ЭНЕРГОЕМКОСТЬ И НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ

Аннотация. В статье изложены результаты забивки и статических испытаний на вдавливающие вертикальные нагрузки моделей пирамидально-призматических и призматических свай в лабораторных условиях. Установлено, что с увеличением размеров верхнего сечения пирамидального участка пирамидально-призматических свай энергетические затраты на их забивку, а также их несущая способность, повышаются. Выявлено, что энергоёмкость забивки пирамидально-призматических свай (в зависимости от длины и размера верхнего сечения пирамидальной части) может быть в 1,05-1,6 раза выше или же на 36-58% ниже, чем у призматических свай (сечением 20×20 и 30×30 см). Получена корреляционная зависимость, позволяющая обеспечивать прогноз несущей способности пирамидально-призматических свай при известных значениях несущей способности традиционных призматических свай. Выявленные особенности поведения пирамидально-призматических свай позволяют обоснованно назначать длину и размеры сечения их пирамидальной части.

Ключевые слова: пирамидально-призматическая свая, призматическая свая, удельная энергоёмкость, несущая способность, удельная несущая способность, осадка.

...

Түйіндеме. Мақалада бойлық пішіні әртүрлі қада модельдерін зертхана жағдайында соққылап қағу және статикалық сынау жұмыстарының нәтижелері баяндалған. Пирамидальды-призмалық қадалардың жоғары қимасының өлшемдері үлкейген сайын, қаданың қағудағы энергия шығыны және жүк көтергіш қасиеттерінің артатыны анықталды. Пирамидальды-призмалық қадаларды қағудағы жұмсалатын энергетикалық шығыны (пирамидальды бөлігінің жоғарғы қимасының өлшемдері және ұзындығына байланысты) 1,05-1,6 есе жоғары немесе призмалық қадаға қарағанда (қимасы 20×20 и 30×30 см) 36-58% төмен болады. Дәстүрлі призмалық қадалардың жүк көтеру қасиеттерінің мөндері белгілі болғанда, пирамидальды-призмалық қадалардың жүк көтеру қасиеттерін болжауға мүмкіндік беретін корреляциондық тәуелділік алынды. Пирамидальды-призмалық қадалардың ерекшеліктеріне қарай пи-

рамыдальды бөлігінің ұзындығын және қимасының өлшемдерін тағайындау анықталды.

Түйінді сөздер: модель, топырақ, қада, пирамидальды-призмалық қада, призмалық қада, меншікті энергия шығыны, жүк көтеру қасиеті, меншікті жүк көтеру қасиеті, шөгү.

Abstract. The article presents the results of driving and static tests for vertical indentation loads of pyramidal-prismatic models and prismatic piles in laboratory conditions. It was found that with an increase in the size of the upper section of the pyramidal section of pyramidal-prismatic piles, the energy costs for their driving, as well as their bearing capacity, also increase. It was revealed that the energy intensity of driving pyramidal-prismatic piles (depending on the length and size of the upper section of the pyramidal part) can be 1.05-1.6 times higher or 36-58% lower than that of prismatic piles (with a section of 20 × 20 and 30 × 30 cm). A correlation dependence has been obtained, which makes it possible to predict the bearing capacity of pyramidal-prismatic piles with known values of the bearing capacity of traditional prismatic piles. The revealed features of the behavior of pyramidal-prismatic piles make it possible to reasonably assign the length and dimensions of the section of their pyramidal part.

Keywords: pyramidal-prismatic pile, prismatic pile, specific energy intensity, bearing capacity, specific bearing capacity, settlement.

Введение. Как известно, при забивке традиционных призматических свай в верхней зоне грунтовой толщи на глубине до 1,0-1,5 м происходит значительное разрыхление грунта вокруг боковой поверхности сваи. Разуплотнение грунта идёт в результате воздействия на грунт горизонтальных колебаний верха сваи от ударов молота. Кроме того, в пределах указанной глубины между поверхностью сваи и грунтовой толщей (в контактной зоне) образуются щели (полости) шириной до 2-3 см и глубиной до 40-50 см [1,2]. Нарушение структуры грунта, снижение его природной плотности и образование щелей в верхней зоне толщи вызывают снижение несущей способности сваи по её боковой поверхности. Этих негативных явлений позволяет избежать использование забивных свай, разработанных в геотехнической лаборатории Таразского регионального университета им. М.Х. Дулати, под опоры гидротехнических сооружений [3]. Предложенные свайные конструкции обладают комбинированной (пирамидально-призматической) формой, содержащей в себе как пирамидальную (верхнюю) так и при-

зматическую (нижнюю) части. Учитывая новизну данных свай, авторами проводятся комплексные экспериментально-теоретические исследования по изучению особенностей их забивки и работы под нагрузкой.

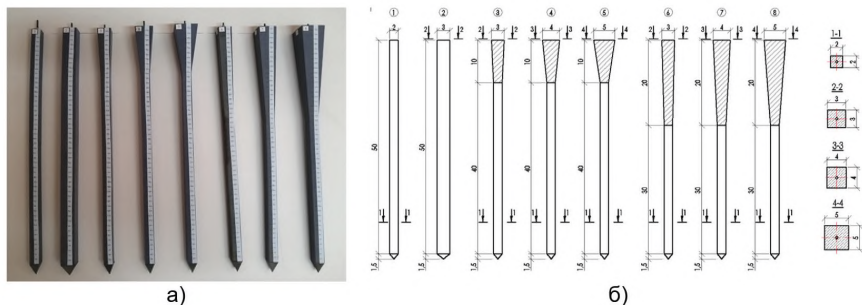
Результаты ранее выполненной расчетной оценки, представленные в работах [4,5], подтверждают, что пирамидально-призматические сваи (ППС) по сравнению со сваями призматической формы, более эффективны при воздействии статических вдавливающих нагрузок. Учитывая данное обстоятельство для количественной оценки погружаемости, энергоемкости и несущей способности рассматриваемых свай на начальном этапе НИР были проведены экспериментальные исследования на моделях в лабораторных условиях.

Цель работы – оценка влияния длины и размеров поперечного сечения пирамидальной части пирамидально-призматических свай на их энергоёмкость забивки (погружаемость) и несущую способность в лабораторных условиях с применением моделей.

Характеристика моделей свай, оборудования и методика исследований. Модели свай изготовлены методом наплавливания FDM и распечатаны на 3d принтере (StratasysLtd). Расходным материалом моделей является пластик ABSPlus. Масштаб моделирования принят равным 1:10, отклонения размеров моделей, возникающие в технологическом процессе 3d-печати не превышают 0,02 мм. Модели опытных свай изготовлены с пирамидальными участками длиной 10 и 20 см. Размеры сечений пирамидальных участков моделей вверху приняты равными 30×30 мм, 40×40 мм и 50×50 мм, а внизу – 20×20 мм. Длина призматической части моделей свай составляла 40 и 30 см, а размеры сечения - 20×20 мм. Длина моделей свай принята равным 50 см.

В качестве контрольных (сравниваемых) моделей приняты: модель призматической сваи с размерами поперечного сечения 20×20 мм, модель призматической сваи с размерами поперечного сечения 30×30 мм (рисунок 1). Геометрические параметры моделей свай и их масса представлены в таблице 1.

Эксперименты проводились в грунтовом лотке, оснащенном многоцелевым навесным лабораторным оборудованием. Особенности, принцип и порядок работы использованного оборудования изложены в работе [6]. В качестве модели грунта в лотке принят послойно уплотненный насыпной грунт – песок средней крупности однородного состава. Осредненные значения влажности песчаного грунта составили 3,35-3,85%, а плотность - 1,4-1,5 г/см³.



1 - модель призматической сваи с сечением 20×20 см; 2 - модель призматической сваи с сечением 30×30 см; 3 - модель ППС размерами сечения поперу 30×30 см и пирамидальным участком длиной 1 м; 4 - модель ППС размерами сечения поперу 40×40 см и пирамидальным участком длиной 1 м; 5 - модель ППС размерами сечения поперу 50×50 см и пирамидальным участком длиной 1 м; 6 - модель ППС размерами сечения поперу 30×30 см и пирамидальным участком длиной 2 м; 7 - модель ППС размерами сечения поперу 40×40 см и пирамидальным участком длиной 2 м; 8 - модель ППС размерами сечения поперу 50×50 см и пирамидальным участком длиной 2 м.

Рисунок 1 - Общий вид (а) и схема (б) моделей свай

Таблица 1 – Геометрические параметры моделей свай и их масса

Номер и вид модели сваи	Геометрические параметры, мм			Масса, г
	длина ствола	длина остря	размеры поперечного сечения ствола	
Контрольные модели:				
1. Призматическая			20×20	270
2. Призматическая	500	15	30×30	560
Опытные модели:				
3. ППС размерами сеч. 30×30/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м;				300
4. ППС размерами сеч. 40×40/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м;				330
5. ППС размерами сеч. 50×50/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м;	500	15	-	360
6. ППС размерами сеч. 30×30/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м;				330
7. ППС размерами сеч. 40×40/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м;				360
8. ППС размерами сеч. 50×50/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м;				460

Примечание: перед чертой указаны размеры поперечного сечения пирамидального участка сваи в верхней части, а после черты – в нижней части

Модели свай погружались в грунт путём их забивки ударником примерно на одинаковую глубину при постоянной энергии каждого удара. Масса ударника принималась равной 600 г, а высота её

сбрасывания – равным 500 мм. Глубина погружения моделей свай составила 441-447 мм (максимальная разница – 1,34%). Результаты забивки опытных и контрольных моделей свай приведены в таблицах 2 и 3. При этом сравнительная оценка энергоемкости забивки моделей свай выполнялась по следующим показателям:

- удельной энергоемкости забивки E_v , принятой в виде отношения полной потенциальной энергии ударов ударника, затраченной на забивку модели, к объему её погруженной части в грунт;

- коэффициенту относительной энергоемкости забивки $K_э$, принятому в виде отношения полной потенциальной энергии ударов ударника, затраченной на забивку опытной модели сваи к аналогичному энергетическому параметру контрольной модели сваи.

Таблица 2 – Результаты забивки моделей свай

Вид модели сваи	Полная энергия ударов, затраченная на забивку E , Дж, (количество ударов)	Глубина погружения L , мм	Объем погруженной части, V , см ³	Удельная энергоемкость забивки E_v , Дж/см ³
Модель ППС с размерами сечения 30×30/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м	123,6 (42)	471	200,94	0,615
Модель ППС с размерами сечения 40×40/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м	129,5 (44)	471	214,17	0,605
Модель ППС с размерами сечения 50×50/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м	167,7 (57)	471	229,69	0,703
Модель ППС с размерами сечения 30×30/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м	132,4 (45)	470	220,83	0,560
Модель ППС с размерами сечения 40×40/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м	164,8 (56)	470	264,17	0,624
Модель ППС с размерами сечения 50×50/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м	188,3 (64)	470	316,71	0,595
Модель призматической сваи с размерами сечения 20×20 см	117,7 (40)	470	190,0	0,619
Модель призматической сваи с размерами сечения 30×30 см	294,3 (100)	470	427,5	0,688

Примечание: перед чертой указаны размеры поперечного сечения пирамидального участка сваи в верхней части, а после черты – в нижней части.

Таблица 3 – Значения коэффициентов относительной энергоёмкости забивки $K_{э}$ моделей свай

Коэффициенты относительной энергоёмкости забивки моделей	Значения коэффициентов для опытных моделей свай с размерами пирамидального участка					
	30x30/ 20x20 (1 м)	40x40/ 20x20 (1 м)	50x50/ 20x20 (1 м)	30x30/ 20x20 (2 м)	40x40/ 20x20 (2 м)	50x50/ 20x20 (2 м)
$K_{э1}$	1,05	1,10	1,42	1,12	1,40	1,60
$K_{э2}$	0,42	0,44	0,57	0,45	0,56	0,64

Примечание:

1. Коэффициенты $K_{э1}$ и $K_{э2}$ соответственно относятся к моделям призматической свай с размерами сечения 20×20 см и призматической свай с размерами сечения 30×30 см;
2. Перед чертой указаны размеры поперечного сечения пирамидального участка свай в верхней части, а после черты – в нижней части (в см);
3. В скобках представлена длина пирамидального участка свай.

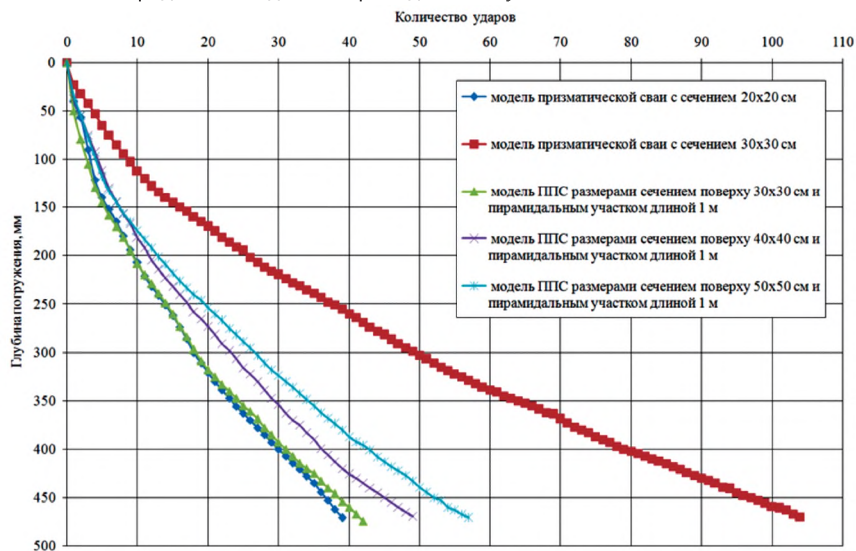


Рисунок 2 - Зависимость глубины погружения моделей свай от количества ударов

Сравнительный анализ значений полных затрат энергий $E_{и}$ удельной энергоёмкости забивки $E_{в}$ моделей опытных и контрольных свай позволяет выделить следующие закономерности (таблицы 2, 3):

- увеличение на 1 м длины пирамидального участка опытных свай сопровождается повышением полных энергетических затрат на их погружение на 7,12-27,26%;

- увеличение размеров верхнего сечения пирамидального участка опытных свай в 1,33 и 1,66 раза приводит к повышению полных энергетических затрат на их погружение соответственно на 4,77-24,47% и 35,68-42,22%;

- среди опытных свай наибольшие полные энергетические затраты характерны для свай с длиной пирамидального участка 2,0 м и размерами верхнего сечения 50×50 см;

- полные энергетические затраты на забивку опытных свай 1,05-1,6 раза выше, чем на забивку призматической сваи с размерами сечения 20×20 см и на 36-58% меньше, чем на погружение призматической сваи с размерами сечения 30×30 см;

- удельная энергоёмкость свай с длиной пирамидального участка 1 м (0,605 до 0,703 Дж/см³) несколько выше, чем у свай с пирамидальным участком длиной 2 м (0,560-0,624 Дж/см³); (рисунок 3)

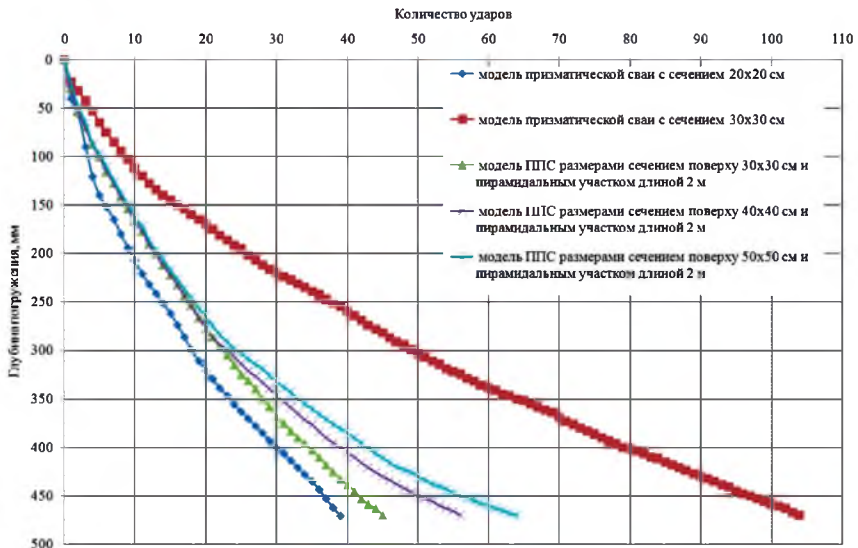


Рисунок 3 - Зависимость глубины погружения моделей свай от количества ударов

Для оценки несущей способности моделей свай выполнены их статические испытания на действие вертикальных вдавливающих нагрузок. Вдавливающая нагрузка передавалась на модели свай в ступенчато-возрастающем режиме с обеспечением условной стабилизации их осадок в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-2012 [6]. Статическая загрузка моделей производилась до осадок не менее 40 мм.

Результаты испытаний представлены на рисунке 3 и в таблицах 4-6. Сравнительная оценка сопротивляемости моделей свай действию вдавливающей нагрузки, выполнялась по следующим показателям:

- несущей способности F_d , устанавливаемой с учетом требований СП РК 5.01-103-2013 [7,8];

- удельной несущей способности F_d^y , принятой в виде отношения несущей способности модели сваи к объему ее погруженной части в грунт;

- коэффициенту относительной эффективности моделей по несущей способности K_H принятому в виде отношения несущей способности опытной модели сваи к аналогичному силовому параметру контрольной модели сваи.

Таблица 4 – Значения несущей F_d и удельной несущей способности F_d^y моделей свай

Вид модели сваи	Несущая способность модели сваи, F_d , Н, при осадке		Удельная несущая способность модели сваи, F_d^y , Н/см ³ , при осадке	
	20 мм	40 мм	20 мм	40 мм
Модель ППС размерами сеч. 30×30/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м	151,2	176,3	0,752	0,877
Модель ППС размерами сеч. 40×40/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м	193,2	226,1	0,902	1,05
Модель ППС размерами сеч. 50×50/20×20 см и пирамидальным участком длиной 1 м	284,0	332,1	1,24	1,44
Модель ППС размерами сеч. 30×30/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м	200,1	226,3	0,906	1,02
Модель ППС размерами сеч. 40×40/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м	300,2	332,5	1,14	1,26
Модель ППС размерами сеч. 50×50/20×20 см и пирамидальным участком длиной 2 м	430,0	470,1	1,36	1,48
Модель призматической сваи с размерами сечения 20×20 см	105,1	117,2	0,553	0,617
Модель призматической сваи с размерами 30×30 см	231,3	245,1	0,541	0,573

Примечание: перед чертой указаны размеры поперечного сечения пирамидального участка сваи в верхней части, а после черты – в нижней части.

Таблица 5 – Значения коэффициентов относительной эффективности моделей свай по несущей способности K_H при осадке 20 мм

Коэффициенты относительной энергоёмкости забивки моделей	Значения коэффициентов для опытных моделей свай с размерами пирамидального участка					
	30x30/ 20x20 (1 м)	40x40/ 20x20 (1м)	50x50/ 20x20 (1м)	30x30/ 20x20 (2м)	40x40/ 20x20 (2м)	50x50/ 20x20 (2м)
$K_{н1}$	1,44	1,84	2,70	1,90	2,85	4,10
$K_{р}$	0,65	0,83	1,23	0,86	1,30	1,86

Примечание:

1. Коэффициенты $K_{н1}$ и $K_{р}$ соответственно относятся к модели призматической сваи с размерами сечения 20x20 см и модели призматической сваи с размерами сечения 30x30 см;
2. Перед чертой даны размеры поперечного сечения пирамидального участка сваи в верхней части, а после черты – в нижней части (в см);
3. В скобках представлена длина пирамидального участка сваи.

Таблица 6 – Значения коэффициентов относительной эффективности моделей свай по несущей способности K_H при осадке 40 мм

Коэффициенты относительной энергоёмкости забивки моделей	Значения коэффициентов для опытных моделей свай с размерами пирамидального участка					
	30x30/ 20x20 (1м)	40x40/ 20x20 (1м)	50x50/ 20x20 (1м)	30x30/ 20x20 (2м)	40x40/ 20x20 (2м)	50x50/ 20x20 (2м)
$K_{н1}$	1,50	1,93	2,83	1,93	2,84	4,01
$K_{н2}$	0,72	0,92	1,35	0,92	1,36	1,92

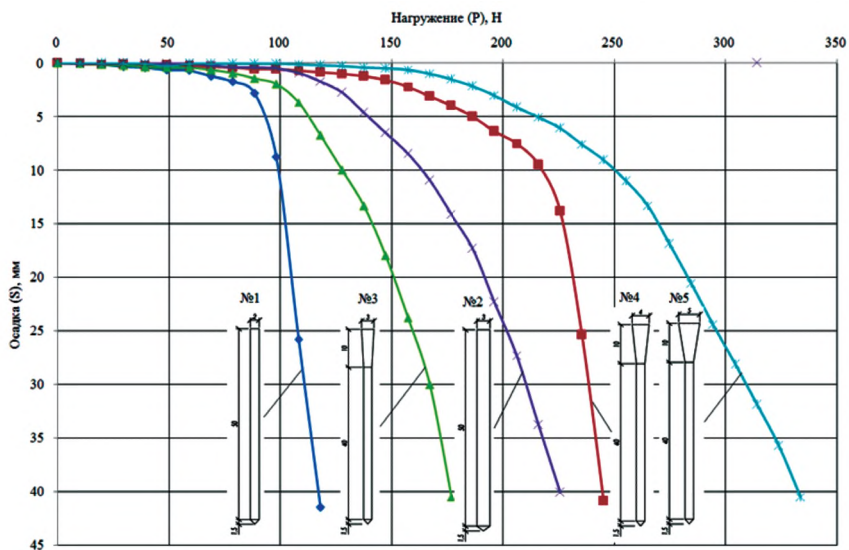
Примечание:

1. Коэффициенты $K_{н1}$ и $K_{р}$ соответственно относятся к модели призматической сваи с размерами сечения 20x20 см и модели призматической сваи с размерами сечения 30x30 см;
2. Перед чертой указаны размеры поперечного сечения пирамидального участка сваи в верхней части, а после черты – в нижней части (в см);
3. В скобках приведена длина пирамидального участка сваи.

Сравнение значений несущей способности моделей опытных и контрольных свай позволяет установить следующие особенности (таблицы 4-6):

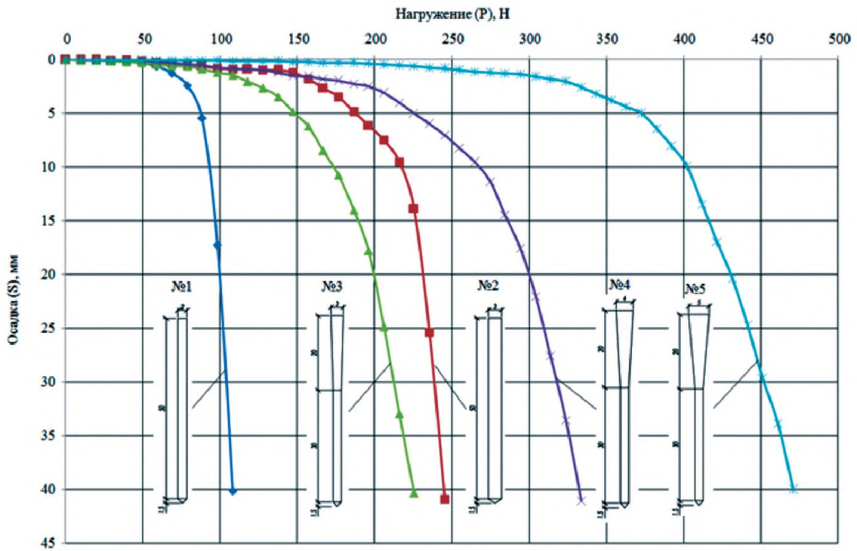
- увеличение длины пирамидального участка опытных свай на 1 м вызывает повышение их несущей способности на 32,34-55,38% при осадках 20 мм и на 28,36-47,06% при осадках 40 мм;
- увеличение размера поперечного сечения пирамидального участка опытных свай в 1,33 и 1,66 раза сопровождается повышением их несущей способности соответственно на 27,77-50,02 и 87,83-114,95% при осадках 20 мм, и на 28,25-46,92 и 88,37-107,73% при осадках 40 мм;
- увеличение длины пирамидального участка опытных свай на 1 м приводит к повышению их удельной несущей способности на 9,68-26,38% при осадках 20 мм и на 2,77-20,0% при осадках 40 мм;

- увеличение размера поперечного сечения пирамидального участка опытных свай в 1,33 и 1,66 раза обеспечивает повышение их удельной несущей способности соответственно на 19,95-25,83% и 50,11-64,89% при осадках 20 мм, и на 19,73-23,53 и 45,1-64,20% при осадках 40 мм;
- удельная несущая способность опытных свай в 1,36-2,46 раза выше, чем удельная несущая способность призматической сваи с размерами сечения 20×20 см, и в 1,30-2,58 раза выше, чем у призматической сваи с размерами сечения 30×30 см;
- несущая способность опытных свай превышает несущую способность призматической сваи с размерами сечения 20×20 см в 1,44-4,1 раза при осадках 20 мм и в 1,5-4,01 раза при осадках 40 мм;
- в зависимости от длины и размеров сечения пирамидального участка несущая способность опытных свай может быть в 1,23-1,92 раза выше или на 8-35% меньше несущей способности призматической сваи с размерами сечения 30×30 см (рисунок 4,5).



1 - модель призматической сваи с сечением 20×20 см; 2 - модель призматической сваи с сечением 30×30 см; 3 - модель ППС размерами сечения поверху 30×30 см и пирамидальным участком длиной 1 м; 4 - модель ППС размерами сечением поверху 40×40 см и пирамидальным участком длиной 1 м; 5 - модель ППС размерами сеч. поверху 50×50 см и пирамидальным участком длиной 1 м.

Рисунок 4 - Зависимость осадки моделей свай от статической вдавливающей нагрузки



1 - модель призматической сваи с сечением 20×20 см; 2 - модель призматической сваи с сечением 30×30 см; 3 - модель ППС размерами сечения поверху 30×30 см и пирамидальным участком длиной 2 м; 4 - модель ППС размерами сечением поверху 40×40 см и пирамидальным участком длиной 2 м; 5 - модель ППС размерами сечения поверху 50×50 см и пирамидальным участком длиной 2 м.

Рисунок 5 - Зависимость осадки моделей свай от статической вдавливающей нагрузки

Данные представленные в таблицах 5 и 6 математически описывают следующей полиномиальной функцией второго порядка

$$K_n = an^2 - \nu n + c, \quad (1)$$

где: K_n - коэффициент относительной эффективности несущей способности ППС; n - размер поперечного сечения верхней части пирамидального участка ППС; a, ν и c - коэффициенты, принимаемые по таблицам 7 и 8.

Показатели величины достоверности аппроксимации R^2 экспериментальных данных по формуле (1) равны 1,0, что свидетельствует о её высокой надежности. Формула может быть использована для прогноза несущей способности опытных свай при известных значениях несущей способности контрольных свай.

Таблица 7 – Значения коэффициентов a , b и c в формуле (1) при осадке 20 мм

Коэффициенты относительной эффективности несущей способности свай	Значения коэффициентов					
	a , 1/м ² , (1 м)	b , 1/м, (1 м)	c (1 м)	a , 1/м ² , (2 м)	b , 1/м, (2 м)	c (2 м)
K_{n1}	0,23	0,29	1,5	0,15	0,5	1,25
K_{n2}	0,11	0,15	0,69	0,06	0,26	0,54

Примечание: в скобках указана длина призматического участка сваи.

Таблица 8 – Значения коэффициентов a , b , c в формуле (1) при осадке 40 мм

Коэффициенты относительной эффективности несущей способности свай	Значения коэффициентов					
	a , 1/м ² , (1 м)	b , 1/м, (1 м)	c (1 м)	a , 1/м ² , (2 м)	b , 1/м, (2 м)	c (2 м)
K_{n1}	0,235	0,275	1,54	0,13	0,52	1,28
K_{n2}	0,115	0,145	0,75	0,06	0,26	0,6

Примечание: в скобках указана длина призматического участка сваи.

Выводы. На основе представленных результатов исследований можно сформулировать следующие основные выводы:

- энергетические затраты на забивку пирамидально-призматических свай, а также их сопротивляемость действию вдавливающей вертикальной нагрузки зависят от длины и размеров поперечного сечения верха пирамидального участка, с увеличением которых энергоёмкость погружения и несущая способность опытных свай повышаются;

- при одинаковой глубине забивки и при одинаковых осадках свай несущая способность пирамидально-призматических свай выше, чем у призматической сваи сечением 20×20 см, а по сравнению с призматической сваей сечением 30×30 см может быть как больше, так и меньше в зависимости от длины и размеров сечения пирамидального участка опытных свай.

Выявленные характерные особенности поведения пирамидально-призматических свай позволят обоснованно назначать длину и размеры сечения их пирамидальной части.

Список литературы

1 Бекбасаров И.И., Исаков Г.И., Аманбай А. Оценка влияния параметров свай и штампов на их погружаемость и несущую способность фундаментных конструкций. – Тараз: Издательство «Тараз университет», 2014. – 146 с., [Bekbasarov I.I., Isakov G.I., Amanbay A. Otsenka vliyaniya parametrov svaj i shtampov na ikh poguzhaemost' i nesushhuyu sposobnost' fundamentnykh konstruktсий. – Тараз: Izdatel'stvo «Taraz universiteti», 2014. – 146 s.]

2. *Медведева О.П., Буланкин Н.Ф.* Определение несущей способности пирамидально-призматических свай по результатам динамических испытаний // Труды международного семинара по механике грунтов, фундаментостроению и транспортным сооружениям. - М.: РИО ППИ, 2000. - С. 196-199. [Medvedeva O.P., Bulankin N.F. Opredelenie nesushhej sposobnosti piramidal'no-prizmaticheskikh svaj po rezul'tatam dinamicheskikh ispytanij // Trudy mezhdunarodnogo seminaru po mekhanike gruntov, fundamentostroeni i transportnym sooruzheniyam. - M.: RIO PPI, 2000. - S.196-199]

3. Патент на полезную модель Республики Казахстан №4521. Забивная железобетонная свая/ И.И. Бекбасаров, Н.А. Шаншабаев. Дата регистрации в Государственном реестре полезных моделей Республики Казахстан: 29.11.2019г., [Patent na poleznuyu model' Respubliki Kazakhstan №4521. Zabivnaya zhelezobetonnaya svaya/ I.I. Bekbasarov, N.A. SHanshabaev. Data registratsii v Gosudarstvennom reestre poleznykh modelej Respubliki Kazakhstan: 29.11.2019g.]

4. *Бекбасаров И.И., Шаншабаев Н.А.* О расчетной оценке несущей способности забивных свай с пирамидальным участком ствола // Сборник материалов IV Глобальная наука и инновации 2019: Центральная Азия Международная научная практическая конференция. – Астана, 2019. – С.10-15.. [Bekbasarov I.I., SHanshabaev N.A. O raschetnoj otsenke nesushhej sposobnosti zabivnykh svaj s piramidal'nym uchastkom stvola // Sbornik materialov IV Global'naya nauka i innovatsii 2019: TSentral'naya Aziya Mezhdunarodnaya nauchnaya prakticheskaya konferentsiya. – Astana, 2019. – S.10-15.]

5 *Бекбасаров И.И., Шаншабаев Н.А.* О несущей способности пирамидально-призматических свай// «I Международное книжное издание стран Содружества Независимых Государств «Лучший молодой ученый - 2020». – г. Нур-Султан, 2020 г. – С.79-83., [Bekbasarov I.I., SHanshabaev N.A. O nesushhej sposobnosti piramidal'no-prizmaticheskikh svai// «I Mezhdunarodnoe knizhnoe izdanie stran Sodruzhestva Nezavisimykh Gosudarstv «Luchshij molodoy uchenyj - 2020» g. Nur-Sultan, 2020 g. – S.79-83]

6 *Бекбасаров И.И., Атепов Е.И., Шаншабаев Н.А.* О лабораторном оборудовании для забивки и испытаний моделей свай // Механика и технологии / Научный журнал – 2019. – №4. – С.125-133./ [Bekbasarov I.I., Atenov E.I., SHanshabaev N.A. O laboratornom oborudovanii dlya zabivki i ispytanij modelej svaj // Mekhanika i tekhnologii / Nauchnyj zhurnal. – 2019. – №4. – S.125-133]

7 ГОСТ 5686-2012 Грунты. Методы полевых испытаний сваями. Межгосударственный стандарт. – М.: Стандартинформ, 2014. – 47 с., [GOST 5686-2012 Grunty. Metody polevykh ispytanij svayami. Mezhdunarodnyj standart. – M.: Standartinform 2014. – 47 s]

8 СП РК 5.01-103-2013. Свайные фундаменты. – Астана: АО «КазНИИСА», 2015. – 181 с., [SP RK 5.01-103-2013. Svajnye fundamenty. – Astana: AO «KazNIISA», 2015. – 181 s.]

Бекбасаров И.И., доктор технических наук, профессор, академик национальной академии горных наук РК.
e-mail: bekbasarov.isabai@mail.ru

Шаншабаев Н.А., PhD докторант. тел: 87072260591.
e-mail: nucho91@mail.ru