

## **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 мәндері белгілі болғанда, пирамидальды-призмалық қадалардың жүк көтеру қасиеттерін болжауға мүмкіндік беретін корреляциондық тәуелділік алынды. Пирамидальды-призмалық қадалардың ерекшеліктеріне қарай пи-

раמידальды 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.

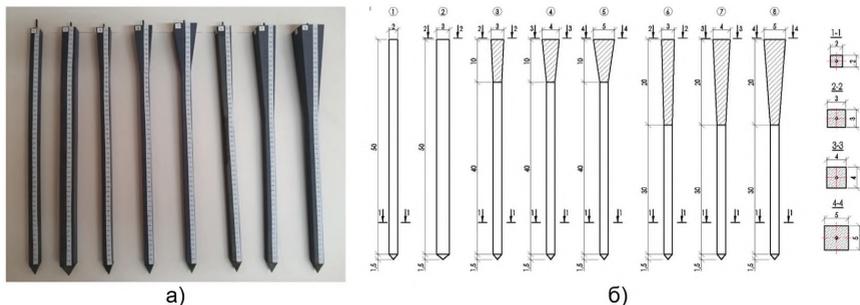
Результаты ранее выполненной расчетной оценки, представленные в работах [4,5], подтверждают, что пирамидально-призматические сваи (ППС) по сравнению со сваями призматической формы, более эффективны при воздействии статических вдавливающих нагрузок. Учитывая данное обстоятельство для количественной оценки 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 наплавления 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 грунтовой лотке, оснащенной 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/см<sup>3</sup>.



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 <sup>3</sup>	Удельная энергоемкость забивки $E_v$ , Дж/см <sup>3</sup>
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.

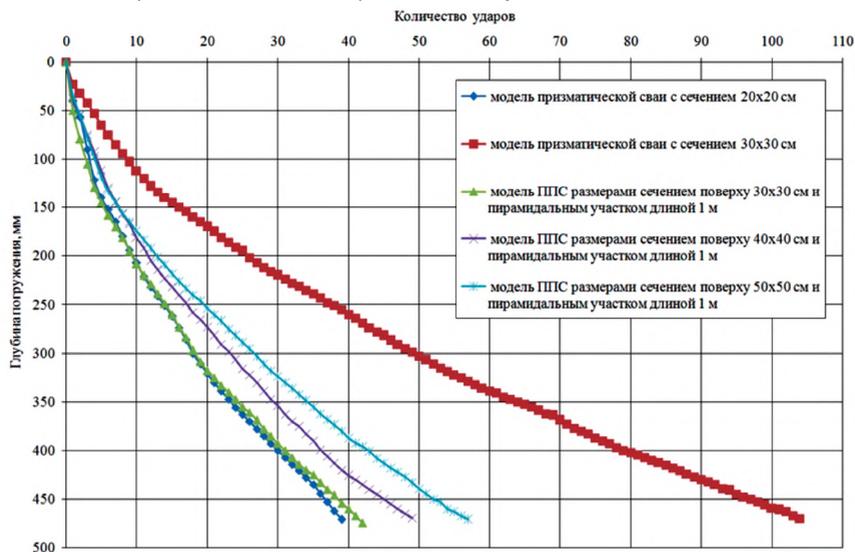


Рисунок 2 - Зависимость глубины погружения моделей свай от количества ударов

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/см<sup>3</sup>) несколько выше, чем у свай с пирамидальным участком длиной 2 м (0,560-0,624 Дж/см<sup>3</sup>); (рисунок 3)

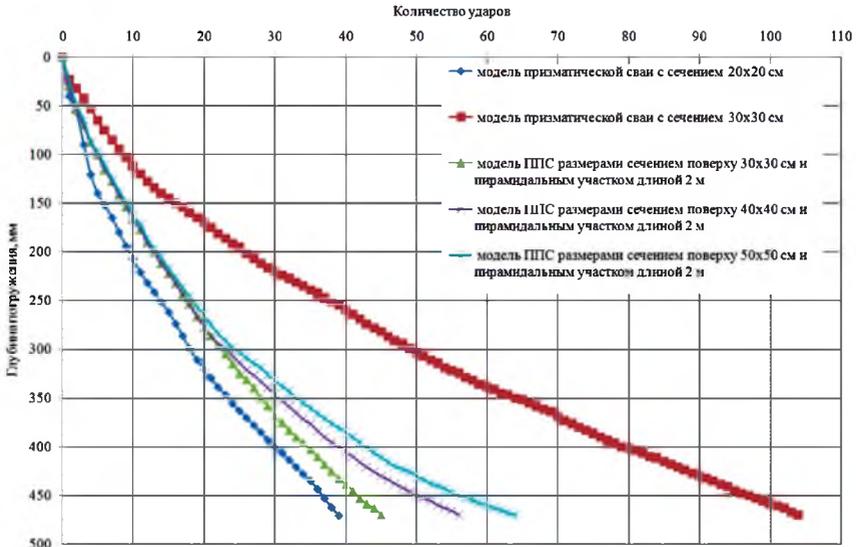


Рисунок 3 - Зависимость глубины погружения моделей свай от количества ударов

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 <sup>3</sup> , 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

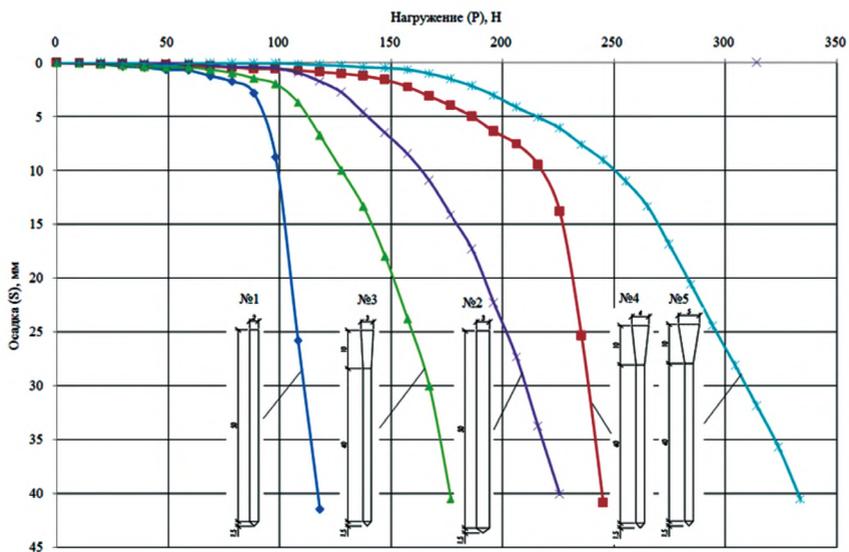
Примечание:

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):

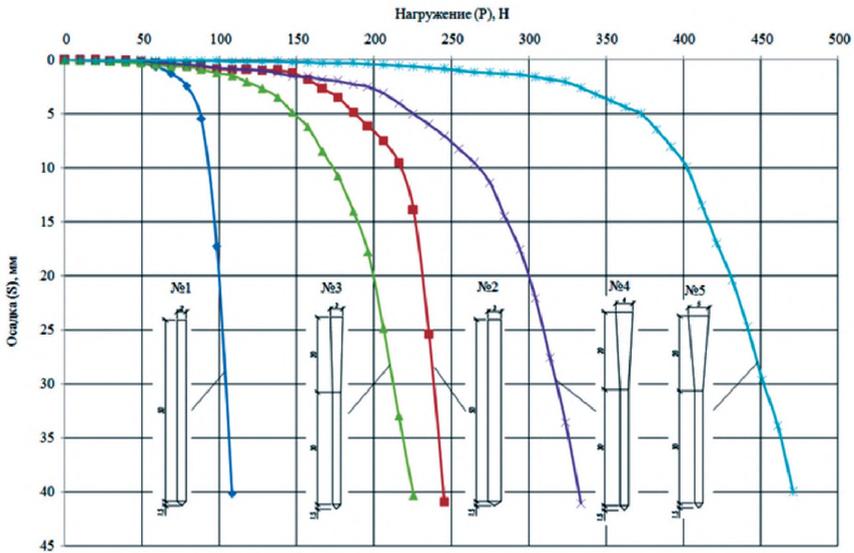
- увеличение длины пирамидального участка опытных свай на 1 м вызывает повышение их несущей способности на 32,34-55,38% при осадках 20 мм и на 28,36-47,06% при осадках 40 мм;
- увеличение размера поперечного сечения пирамидального участка опытных свай в 1,33 и 1,66 раза сопровождается повышением их несущей 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 30×30см; 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,  $\nu$  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)
$K_{н1}$	0,23	0,29	1,5	0,15	0,5	1,25
$K_{н2}$	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)
$K_{н1}$	0,235	0,275	1,54	0,13	0,52	1,28
$K_{н2}$	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 nesushchuyu 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., Атенев 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. Mezhhgosudarstvennyj standart. – M.: Standartinform2014. – 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