

ISSN (Print) 2616-6844
ISSN (Online) 2663-1318

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

BULLETIN

of L.N. Gumilyov
Eurasian National University

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы

THE TECHNICAL SCIENCES and TECHNOLOGY Series

Серия **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

№ 2(131)/2020

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2020

Nur-Sultan, 2020

Нур-Султан, 2020

Бас редакторы **Мерзадинова Г.Т.**
т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Бас редактордың орынбасары **Жусупбеков А.Ж.**
т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Бас редактордың орынбасары **Тогизбаева Б.Б.**
т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Бас редактордың орынбасары **Сарсембаев Б.К.**
т.ғ.к., доцент, Назарбаев университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Редакция алқасы

Акира Хасегава	проф., Хачинохе технологиялық институты, Хачинохе, Жапония
Акитоши Мочизуки	проф., Токусима Университеті, Токусима, Жапония
Базарбаев Д.О.	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Байдабеков А.К.	т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Дер Вэн Чанг	проф., Тамкан Университеті, Тайбэй, Тайвань
Жардемов Б.Б.	т.ғ.д., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Жумагулов М.Г.	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Йошинори Ивасаки	проф., Геологиялық зерттеулер институты, Осака, Жапония
Калякин В.Н.	проф., Делавэр Университеті, Ньюарк, АҚШ
Тулбекова А.С.	проф., Токио Университеті, Токия, Жапония
Тадатсугу Танака	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Хое Линг	проф. Колумбия Университеті, Нью-Йорк, АҚШ
Утепов Е.Б.	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Чекаева Р.У.	а.к., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Шахмов Ж.А.	PhD, доцент., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Юн Чул Шин	проф., Инчон ұлттық университеті, Инчон, Оңтүстік Корея

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Сәтбаев к-сі, 2, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 402 б.
Тел: +7 (7172) 709-500 (ішкі 31-428). E-mail: vest_techsci@enu.kz

Жауапты хатшы, компьютерде беттеген: А. Нұрболат

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы

Меншіктенуші: ҚР БЖҒМ «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» ШЖҚ РМК

Мерзімділігі: жылына 4 рет

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 27.03.2018 ж.

№16991 -ж тіркеу куәлігімен тіркелген

Басуға 07.06.2020 ж. қол қойылды.

Тиражы: 25 дана

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Қажымұқан к-сі 12/1

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Тел: +7 (7172)709-500 (ішкі 31-428). Сайт: <http://bultech.enu.kz>

*Editor-in-Chief **Gulnara Merzadinova***
Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
*Deputy Editor-in-Chief **Askar Zhussupbekov***
Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
*Deputy Editor-in-Chief **Baglan Togzibayeva***
Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
*Deputy Editor-in-Chief **Bayandy Sarsembayev***
Assoc. Prof., Nazarbayev University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Editorial board

Akira Hasegawa	Prof., Hachinohe Institute of Thechnology, Hachinohe, Japan
Akitoshi Mochizuki	Prof., University of Tokushima, Tokushima, Japan
Daniyar Bazarbayev	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Auez Baydabekov	Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Rahima Chekaeva	Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Der Wen Chang	Prof., Tamkang University, Taipei, Taiwan (ROC)
Eun Chul Shin	Prof., Incheon National University, Incheon, South Korea
Hoe Ling	Prof., Columbia University, New York, USA
Viktor Kaliakin	Prof., University of Delaware, Newark, Delaware, USA
Zhanbolat Shakhmov	Assoc.Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Tadatsugu Tanaka	Prof., University of Tokyo, Tokyo, Japan
Assel Tulebekova	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Yelbek Utepov	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Yoshinori Iwasaki	Prof., Geo Research Institute, Osaka, Japan
Bolat Zardemov	Doctor of Engineering, L.N. Gumilyov ENU, NurSultan, Kazakhstan
Mihail Zhumagulov	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

Editorial address: 2, Satpayev str., of. 402, L.N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, Kazakhstan, 010008

Tel.: +7 (7172) 709-500 (ext. 31-428), E-mail: vest_techsci@enu.kz

Responsible secretary, computer layout: Aizhan Nurbolat

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.

TECHNICAL SCIENCES and TECHNOLOGY Series

Owner: Republican State Enterprise in the capacity of economic conduct «L.N. Gumilyov Eurasian National University» Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan

Registration certificate №16991-ж from 27.03.2018. Signed in print 07.06.2020.

Circulation: 25 copies

Address of Printing Office: 12/1 Kazhimukan str., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan 010008

Tel: +7 (7172) 709-500 (ext.31-428). Website: <http://bultech.enu.kz>

Главный редактор **Мерзудинова Г.Т.**
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Зам. главного редактора **Жусупбеков А.Ж.**
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Зам. главного редактора **Тогизбаева Б.Б.**
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Зам. главного редактора **Сарсембаев Б.К.**
к.т.н., доцент, Назарбаев университет, Нур-Султан, Казахстан

Редакционная коллегия

Акира Хасегава	проф., Технологический институт Хачинохе, Хачинохе, Япония
Акитоши Мо- чизуки	проф., Университет Токусима, Токусима, Япония
Базарбаев Д.О.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Байдабеков А.К.	д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Дер Вэн Чанг	проф., Тамканский Университет, Тайбэй, Тайвань
Жардемев Б.Б.	д.т.н., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Жумагулов М.Г.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Йошинори Ивасаки	проф., Институт геологических исследований, Осака, Япония
Калякин В.Н.	проф., Делаверский Университет, Ньюарк, США
Тадатсугу Танака	проф., Токийский Университет, Токио, Япония
Тулбекова А.С.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Хое Линг	проф., Колумбийский университет, Нью-Йорк, США
Утепов Е.Б.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Чекаева Р.У.	к.а., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Шахмов Ж.А.	PhD, доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Юн Чул Шин	проф., Инчхонский национальный университет, Инчхон, Южная Корея

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 402
Тел: +7(7172) 709-500 (вн. 31-428). E-mail: vest_techsci@enu.kz

Ответственный секретарь, компьютерная верстка: А. Нурболат

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.

Серия ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

Собственник: РГП на ПХВ «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева» МОН РК

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Регистрационное свидетельство №16991-ж от 27.03.2018 г. Подписано в печать 07.06.2020 г.

Тираж: 25 экземпляров. Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Кажимукана, 12/1,

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

Тел.: +7(7172)709-500 (вн.31-428). Сайт: <http://bultech.enu.kz>

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Абдрасилова Г.С., Туякаева А.К., Козбагарова Н.Ж.</i> Изучение агропромышленной архитектуры с элементами энерго эффективных технологий: опыт факультета архитектуры КазГАСА	8
<i>Байхожаева Б.У., Жайманова Ы.Т.</i> Разработка рекомендаций к построению риск – ориентированной модели государственного контроля за соблюдением требований технических регламентов Таможенного союза	14
<i>Балабекова К.Г., Тогизбаев Б.К.</i> Анализ прочности поршня в Solid Works Simulation	22
<i>Бекбасаров И.И., Атенев Е.И.</i> Сопротивляемость моделей свай с уширениями ствола на горизонтальную и выдергивающую нагрузки	27
<i>Бисакаев С.Г., Бекеева С.А., Джумагулова Н.Г.</i> Степень профессионального риска работников строительной организации в зависимости от условий труда	39
<i>Жумабеков А.Т., Айдарханова А.Н.</i> Анализ неисправностей рулевого управления легкового автомобиля	45
<i>Кабикенов С.Ж., Исабаев М.С., Мухаметжанова А.С.</i> Городской транспорт в развивающихся странах за пределами мегаполисов	52
<i>Казиева Г.Д., Абжанова А.Е., Есекеева М.Ж., Сагнаева С.К., Сембина Г.К.</i> Инструментальная платформа OLAP анализа данных экологического мониторинга	66
<i>Канаев А.Т., Ахмедьянов А.У., Киргизбаева К.Ж., Косанова И.М.</i> Определение физико-механических характеристик плазменно-закаленной колесной стали методом наноиндентирования	78
<i>Кенжебаев К.Ж.</i> Индивидуальная программа учета простоев локомотивов ТЭ33А на внеплановых ремонтах как инструмент для анализа ремонтпригодности	87
<i>Крыкбаев М.М., Шедреева И.Б., Тлешова А.С.</i> Практическая реализация эффекта самоадаптации в решетке Брэгга, показывающая отрицательный наклон характеристики	94
<i>Оразбаев Б.Б., Зинагабденова Д.Р., Н.А.</i> Программный комплекс «Автоматизированная система управления сбора данных и учета газа»	101
<i>Садыкова С.Ш., Молдалиева Г.Т.</i> Современные принципы формирования архитектуры эко-ферм	112
<i>Сулеев Д.К., Утепов Е.Б., Буришуква Г.А., Карменов К.К.</i> Исследование легированных литых сплавов с наноструктурным покрытием, обладающих повышенными демпфирующими свойствами	121
<i>Сулейменов Т.Б., Жомартов Р.А.</i> Модернизация технологии обработки поездов при смене колеи на границе КНР/РК	131

И.И. Бекбасаров¹, Е.И. Атенев²
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати,
Тараз, Казахстан
(E-mail: bekbasarov.isabai@mail.ru¹, yer_at@mail.ru²)

Сопротивляемость моделей свай с уширениями ствола на горизонтальную и выдергивающую нагрузки

Аннотация. Изложены результаты лабораторных и полевых испытаний моделей свай с уширениями ствола при действии горизонтальной и выдергивающей нагрузки. Выявлено, что по сравнению с традиционными сваями призматической и пирамидальной форм рассматриваемые сваи обладают как большей, так и меньшей несущей способностью в зависимости от количества уширений в них. При действии горизонтальной нагрузки сопротивление моделей свай с уширениями в 1,04-1,76 раза (в лабораторных экспериментах) и 1,05-1,48 раза (в полевых испытаниях) превысило аналогичный силовой параметр призматических и пирамидальной свай. При действии выдергивающей нагрузки сопротивляемость свай с уширениями оказалась, соответственно, в 1,25-3,25 и 1,17-2,42 раза выше, чем у свай с традиционной формой ствола. Наибольшими преимуществами по несущей способности при действии указанных нагрузок обладают сваи с 3-4 уширениями. На основе результатов исследований предложены корреляционные зависимости, позволяющие определять несущую способность свай с уширениями через несущую способность свай призматической и пирамидальной форм. Полученные зависимости позволяют производить расчеты с учетом количества уширений в сваях, через коэффициенты эффективности свай, значения которых установлены по результатам полевых испытаний полунатурных свай. Формулы рекомендуются использовать на стадии вариантного проектирования свай с уширениями в составе свайных фундаментов зданий и сооружений.

Ключевые слова: модель, свая, уширения, нагрузка, несущая способность, коэффициент, корреляционная зависимость.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-68-36-2020-131-2-27-38>

Введение. В свайном фундаментостроении СНГ наряду с традиционными забивными сваями призматической формы успешно применяются сваи, обладающие иной формой как продольного, так и поперечного сечения [1]. Изменение конфигурации головной части, ствола или нижнего конца сваи приводит к изменению сопротивляемости грунтов, при погружении и силовом нагружении сваи. Опыт применения свай с уширениями в верхней части [2] свидетельствует об их эффективности по сравнению с обычными призматическими сваями. Это обусловлено, главным образом, особенностями уплотнения грунта под уширением при погружении сваи и спецификой взаимодействия ее уширенной части с грунтом под нагрузкой. В зависимости от формы и размеров уширений несущая способность таких свай может в 1,12-2,32 раза превышать несущую способность свай без уширений [3].

Наличие уширения в нижней части сваи (у острия) также оказывает влияние на сопротивляемость грунтов при действии вдавливающих нагрузок за счет образования расширенной уплотненной зоны грунта в нижней части сваи при забивке. Так, несущая способность свай с

уширениями в нижней части в 1,19-1,68 раза выше, чем у свай призматической формы [4]. При этом величина превышения несущей способности свай с уширениями зависит от формы их продольного и поперечного сечений, а также от вида, состояния и свойств грунтов основания.

Поэтому значительный интерес как для науки, так и для практики представляют исследования, направленные на получение сравнительных данных о работе призматических и непризматических свай в одинаковых условиях. Результаты таких исследований, как правило, позволяют оценить преимущества и недостатки свай непризматической формы и разработать рекомендации по их проектированию и применению. Поэтому результаты экспериментальных исследований, представленные в настоящей работе и посвященные изучению поведения свай с уширениями ствола в сравнении со сваями призматической и пирамидальной форм, являются актуальными.

Следует отметить, что сваи с уширениями ствола, разработаны в геотехнической лаборатории ТарГУ им. М.Х. Дулати [5] и в последние годы авторами проводятся комплексные исследования по установлению особенностей их погружения в грунты и сопротивляемости статическим нагрузкам [6,7]. Учитывая, что подобные исследования, ранее не выполнялись как зарубежными, так и отечественными специалистами, результаты исследований, изложенные ниже, являются новыми.

Цель работы заключается в исследовании сопротивляемости моделей свай с уширениями ствола при действии горизонтальной и выдергивающей нагрузки по результатам лабораторных и полевых испытаний.

Для достижения указанной цели в качестве задач исследований служили:

- проведение лабораторных и полевых испытаний моделей свай на действие горизонтальной и выдергивающей нагрузки;
- сравнительная качественная и количественная оценки результатов испытаний на основе коэффициента относительной эффективности моделей свай;
- обработка результатов испытаний для установления корреляционных зависимостей и разработка на их основе формул по определению несущей способности свай.

Методика исследований и характеристика моделей свай. Исследования проводились в лабораторных условиях с применением малых (с масштабом моделирования 1:10) и крупных (полунатурных) моделей свай (с масштабом моделирования 1:3) в полевых условиях. В качестве опытных приняты модели свай с уширениями, а в качестве контрольных – модели свай призматической и пирамидальной форм (рис. 1). В опытных моделях количество уширений составляло от 1 до 4.

Малые модели свай изготавливались деревянными, длиной 500 мм. Размеры их сечений составляли:

- модели свай с уширениями ствола - 20×20 мм (в призматической части) и 20×45 мм (на уровне верха каждого уширения);
- модели свай призматической формы - 20×20 мм и 30×30 мм;
- модели свай пирамидальной формы – 30×30 мм (в верхней части) и 20×20 мм (в нижней части);

Крупные модели свай изготавливались железобетонными, длиной 1,72 м. Размеры их сечений принимались:

- модели свай с уширениями - 67×67 мм (в призматической части) и 67×150 мм (на уровне верха каждого уширения);
- модели свай призматической формы - 67×67 мм и 100×100 мм;
- модели свай пирамидальной формы - 100×100 мм (в верхней части) и 67×67 мм (в нижней части).

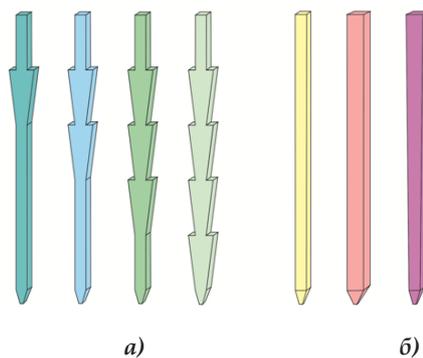


Рисунок 1 – Схема свай с 1-4 плоскими пирамидальными уширениями (а), призматических и пирамидальной свай (б)

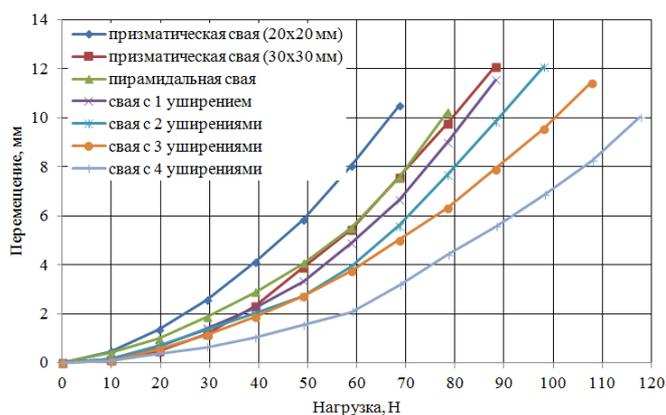


Рисунок 2 – Зависимость перемещения головы малых моделей свай от статической горизонтальной нагрузки

Лабораторные эксперименты проводились в грунтовом лотке, оснащенном многоцелевым навесным оборудованием. Особенности, принцип и порядок работы использованного оборудования изложены в работе [8]. В качестве модели грунта в лотке принят насыпной грунт – легкий, песчаный суглинок. Забивка моделей свай в грунт производилась при постоянной энергии каждого удара. Глубина погружения моделей составила 441-447 мм (максимальная разница - 1,34%).

Полевые эксперименты выполнялись на опытном полигоне Южно-Казахстанского филиала АО «КазНИИСА». Грунт основания представлен однородным напластованием песчанистой супеси. Забивка и испытания моделей свай осуществлялись с помощью экспериментального

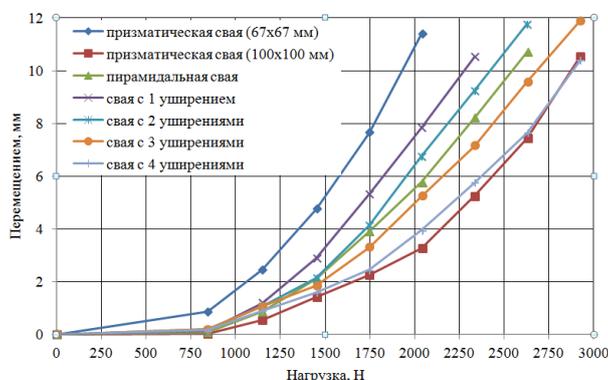


Рисунок 3 – Зависимость перемещения головы крупных моделей свай от статической горизонтальной нагрузки

Таблица 1 – Значения несущей способности моделей свай при горизонтальном перемещении их головы на 10 мм

Вид модели сваи	Несущая способность, $F_{d,gp}, Н$	
	малых моделей	крупных моделей
с 1 уширением	82,3	2273
с 2 уширениями	88,9	2420
с 3 уширениями	100,3	2682
с 4 уширениями	117,6	2880
призматическая (20×20 мм)	66,7	1940
призматическая (30×30 мм)	79,4	2875
пирамидальная	77,5	2550

оборудования, специально разработанного для выполнения работы с микросваями в полевых условиях. Параметры, принцип и последовательность проведения работ на оборудовании подробно описаны в работе [9]. Сваи погружались в грунт ударами молота при постоянной энергии каждого удара. Глубина погружения свай составила 141,2-145,6 см (максимальная разница - 3,02%).

Статические испытания моделей свай на действие горизонтальной и выдергивающей нагрузок выполнялись в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-2012 [10]. При этом горизонтальная нагрузка на модели свай прикладывалась до перемещения их головной части не менее чем на 10 мм, а выдергивающая нагрузка – до полного выхода (из грунта) малых моделей и до «срыва» (до потери несущей способности) крупных моделей.

Результаты исследований. Результаты испытаний моделей свай на действие горизонтальной нагрузки представлены на рисунках 2 и 3, а также в таблицах 1 и 2.

Сравнительная оценка сопротивляемости моделей свай действию горизонтальной нагрузки выполнялась на основе коэффициента относительной эффективности моделей свай по горизонтальному перемещению K_{gp} , принятому в виде отношения несущей способности опытной модели сваи $F_{d,gp}$ (при горизонтальном перемещении 10 мм ее головной части) к аналогичному силовому параметру контрольной модели сваи.

Таблица 2 – Значения коэффициентов относительной эффективности по горизонтальному перемещению

Коэффициенты относительной эффективности по горизонтальному перемещению		Значения коэффициентов для опытных моделей свай с количеством уширений			
		1	2	3	4
малых моделей	K_{gp1}^m	1,23	1,33	1,50	1,76
	K_{gp2}^m	1,04	1,12	1,26	1,48
	K_{gp3}^m	1,06	1,15	1,29	1,52
крупных моделей	K_{gp1}^k	1,17	1,25	1,38	1,48
	K_{gp2}^k	0,79	0,84	0,93	1,0
	K_{gp3}^k	0,89	0,95	1,05	1,13

Примечание: $K_{gp1}^m, K_{gp2}^m, K_{gp3}^m$ - коэффициенты, относящиеся, соответственно, к малым моделям сваи призматической формы с размерами сечения 20×20 мм, сваи призматической формы с размерами сечения 30×30 мм и сваи пирамидальной формы; $K_{gp1}^k, K_{gp2}^k, K_{gp3}^k$ - то же, соответственно, к крупным моделям тех же свай.

Из таблицы 2 видно, что при испытаниях малых моделей несущая способность опытных свай в 1,04-1,76 раза превышает несущую способность контрольных свай. Причем с увеличением количества уширений опытной сваи величина превышения увеличивается. При испытаниях крупных моделей свай наблюдается несколько иная картина. Так, превышение несущей способности опытных свай над несущей способностью контрольных свай имеет место:

- для призматической сваи с размерами сечения 20×20 см (с учетом масштаба моделирования) в 1,17-1,48 раза;
- для пирамидальной сваи, соответственно, в 1,05 и 1,13 относительно свай с 3 и 4 уширениями. В остальных случаях несущая способность опытных свай не превышает несущую способность контрольных свай. В исследованиях с крупными моделями также прослеживается увеличение несущей способности опытных свай с увеличением количества уширений.

Различие в поведении малых и крупных моделей свай при действии горизонтальной нагрузки можно объяснить следующим образом. В исследованиях с малыми моделями из-за небольшой глубины их заделки в грунт как опытные, так и контрольные модели свай работают как «жесткие» сваи, и их сопротивляемость действию горизонтальной нагрузки полностью определяется сопротивляемостью окружающего грунта. При исследованиях же с крупными моделями, уже при большей глубине их заделки, в работу кроме грунта включается и сама модель сваи, как стержневая конструкция, обладающая определенной сопротивляемостью на изгиб. Причем при заданных размерах и армировании моделей изгибная сопротивляемость модели призматической сваи с размерами сечения 30×30 мм и модели пирамидальной сваи

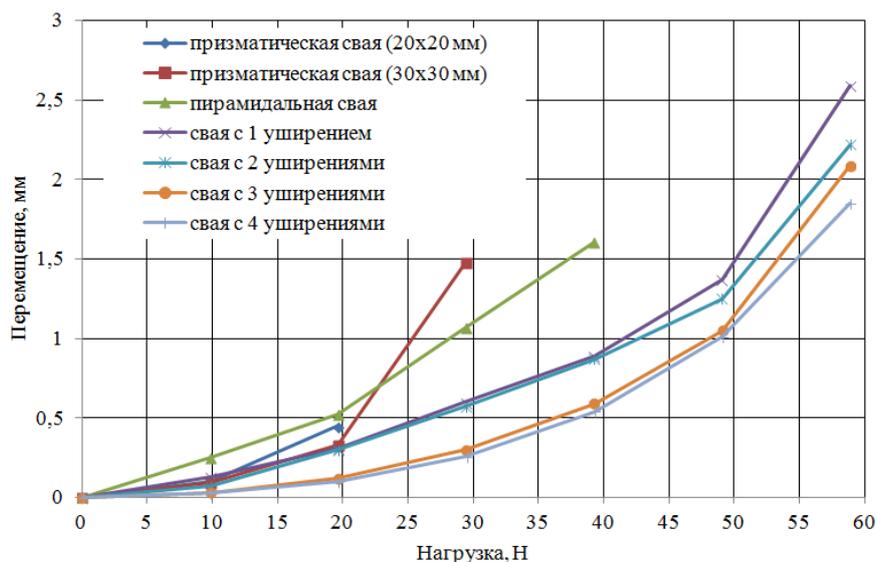


Рисунок 4 – Зависимость вертикального перемещения малых моделей свай от статической выдергивающей нагрузки

выше, чем у моделей свай с уширениями. Поэтому несущая способность указанных контрольных свай несколько превышает несущую способность опытных свай.

Результаты испытаний, относящиеся к полунатурным сваям и представленные в таблице 2, описываются следующей зависимостью:

$$K_{gp}^k = jn^2 + dn + f, \quad (1)$$

где j, d, f - параметры, принимаемые по таблице 3; n - количество уширений в свае.

На основе зависимости (1) можно получить следующую формулу для определения несущей способности сваи с уширениями при действии горизонтальной нагрузки и перемещении ее головы на 10 мм

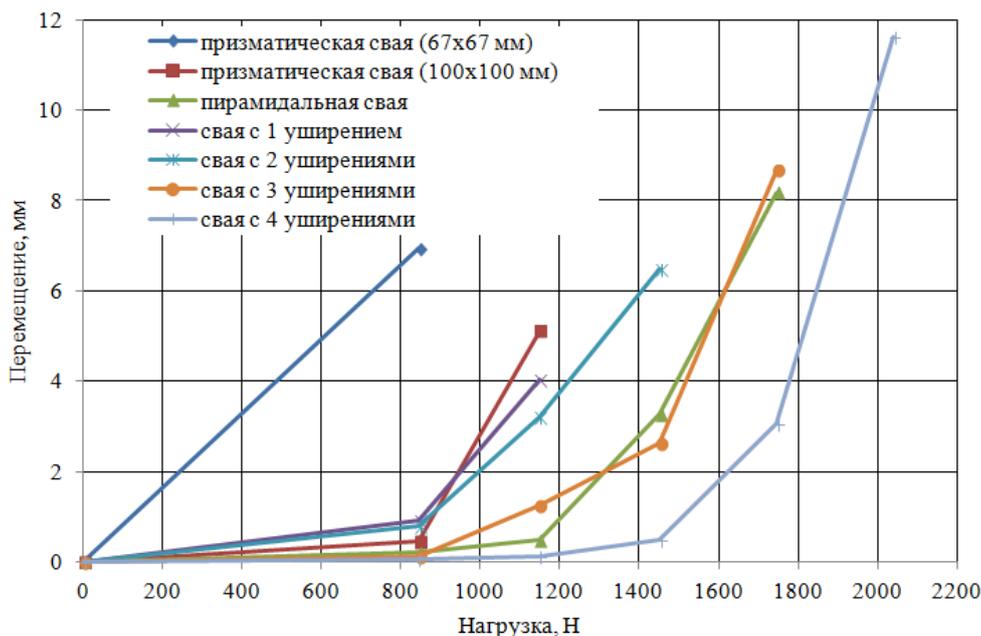


Рисунок 5 – Зависимость вертикального перемещения крупных моделей свай от статической выдергивающей нагрузки

Вид контрольной свай	Значения параметров для опытных свай с количеством уширений			Показатель аппроксимации R ²
	<i>j</i>	<i>d</i>	<i>f</i>	
Призматическая свая сечением 20×20 см	0,005	0,081	1,08	0,994
Призматическая свая сечением 30×30 см		0,047	0,735	0,993
Пирамидальная свая с сечением в верхней части 30×30 см и в нижней части 20×20 см		0,057	0,825	0,994

Таблица 3 – Параметры *j*, *d*, *f* в формуле (1)

$$F_{d,gp} = F_{d,gp}^k K_{gp}^k = F_d (jn^2 + dn + f), \quad (2)$$

где $F_{d,gp}^k$ - несущая способность (при действии горизонтальной нагрузки) призматической свай с размерами сечения 20×20 см или призматической свай с размерами сечения 30×30 см, либо пирамидальной свай с размерами в верхней части 30×30 см и в нижней части 20×20 см.

Результаты испытаний моделей свай на действие выдергивающей нагрузки представлены на рисунках 4 и 5, а также в таблицах 4 и 5.

Сравнительная оценка сопротивляемости моделей свай действию выдергивающей нагрузки выполнялась на основе коэффициента относительной эффективности моделей свай по выдергиванию K_v , принятому в виде отношения несущей способности опытной модели свай $F_{d,v}$ при действии выдергивающей статической нагрузки к аналогичному силовому параметру контрольной модели свай.

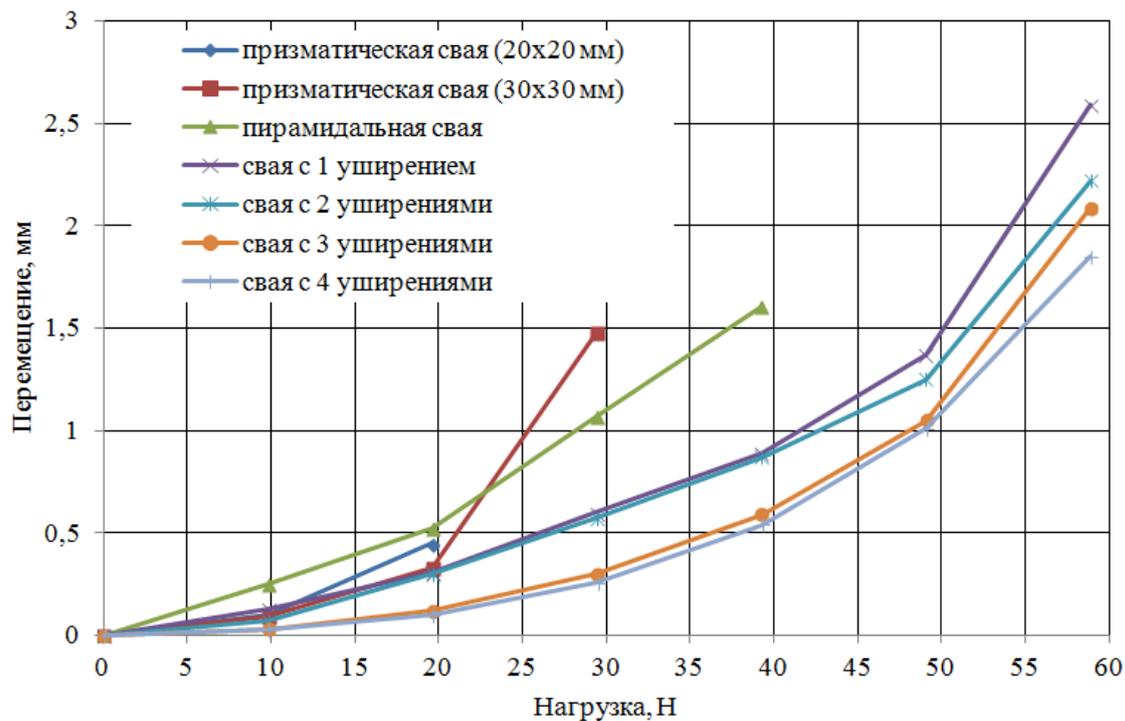


Рисунок 4 – Зависимость вертикального перемещения малых моделей свай от статической выдергивающей нагрузки

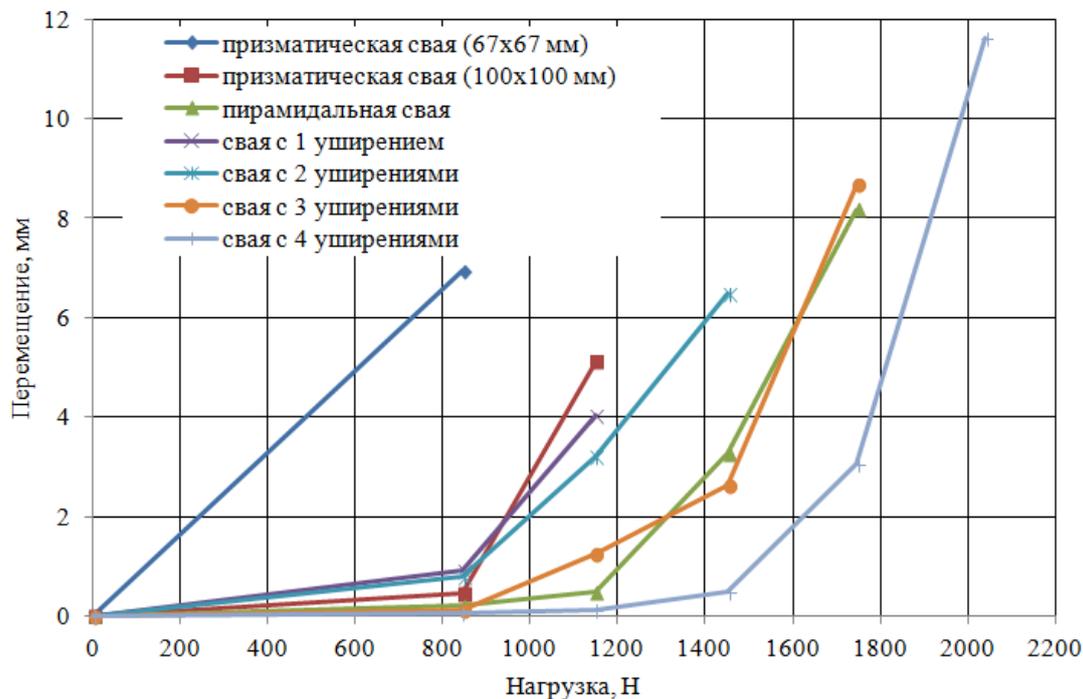


Рисунок 5 – Зависимость вертикального перемещения крупных моделей свай от статической выдергивающей нагрузки

Таблица 4 – Значения несущей способности моделей свай при действии выдергивающей нагрузки

Вид модели сваи	Несущая способность моделей свай при выдергивающей нагрузке, $F_{d,v}$, Н	
	малых моделей	крупных моделей
с 1 уширением	49,05	1148
с 2 уширениями	53,96	1452
с 3 уширениями	58,86	1746
с 4 уширениями	63,77	2040
призматическая (20×20 мм)	19,62	844
призматическая (30×30 мм)	29,43	1148
пирамидальная	39,24	1746

Таблица 5 – Значения коэффициентов относительной эффективности по выдергиванию

Коэффициенты относительной эффективности по выдергиванию		Значения коэффициентов для опытных моделей свай с количеством уширений			
		1	2	3	4
малых моделей	K_{v1}^m	2,5	2,75	3,0	3,25
	K_{v2}^m	1,67	1,83	2,0	2,17
	K_{v3}^m	1,25	1,38	1,5	1,63
крупных моделей	K_{v1}^k	1,36	1,72	2,07	2,42
	K_{v2}^k	1,0	1,26	1,52	1,78
	K_{v3}^k	0,66	0,83	1,0	1,17

Примечание: $K_{v1}^m, K_{v2}^m, K_{v3}^m$ - коэффициенты, относящиеся, соответственно, к малым моделям сваи призматической формы с размерами сечения 20×20 мм, сваи призматической формы с размерами сечения 30×30 мм и сваи пирамидальной формы; $K_{v1}^k, K_{v2}^k, K_{v3}^k$ - то же, соответственно, к крупным моделям тех же свай.

Из таблицы 4 следует, что в испытаниях с малыми моделями несущая способность опытных свай при действии выдергивающей нагрузки превышает несущую способность контрольных свай в 1,25-3,25 раза. В испытаниях с крупными моделями превышение несущей способности опытных свай над контрольными сваями имело место:

- для призматической сваи с размерами сечения 20×20 см (с учетом масштаба моделирования) в 1,36-2,42 раза;
- для призматической сваи с размерами сечения 30×30 см (с учетом масштаба моделирования) в 1,26-1,78 раза относительно свай с 2-4 уширениями;
- для пирамидальной сваи в 1,17 раза относительно сваи с 4 уширениями.

В остальных случаях несущая способность опытных свай несколько ниже, чем несущая способность контрольных свай. Влияние количества уширений на несущую способность опытных свай проявляется как в исследованиях с малыми моделями, так и в исследованиях с крупными моделями (таблица 4).

Выявленное различие в поведении малых и крупных моделей свай при действии выдергивающей нагрузки свидетельствует о том, что в более идеализированных условиях, т.е. в лабораторных условиях, преимущества свай с уширениями по сравнению с рассматриваемыми сваями проявляются в полной мере. Полевые условия испытаний крупных моделей более близки к условиям погружения и работы натуральных свай на строительной площадке. Поэтому неполное, по нашему мнению, проявление преимуществ свай с уширениями в полевых условиях (в основном относительно пирамидальной сваи), в большей степени происходит за счет естественной неоднородности свойств грунтовой толщи. Учитывая, что неоднородность грунтов по свойствам является их природной закономерностью, для выработки практических рекомендаций наибольший интерес представляют результаты полевых исследований.

Результаты испытаний, относящиеся к полунатурным сваям и представленные в таблице 5, описываются следующей зависимостью

$$K_v^k = tn + l, \quad (3)$$

где t, l - параметры, принимаемые по таблице 6; n - тоже, что и в формуле (1).

Таблица 6 – Параметры t, l в формуле (3)

Вид контрольной сваи	Значения параметров для опытных свай с количеством уширений		Показатель аппроксимации R^2
	t	l	
Призматическая свая сечением 20×20 см	0,353	1,01	1,0
Призматическая свая сечением 30×30 см	0,26	0,74	
Пирамидальная свая с сечением в верхней части 30×30 см и в нижней части 20×20 см	0,17	0,49	

На основе зависимости (3) можно получить следующую формулу для определения несущей способности сваи с уширениями при действии выдергивающей нагрузки

$$F_{d,v} = F_{d,v}^k K_v^k = F_{d,v}^k (n + l), \quad (4)$$

где $F_{d,v}^k$ - несущая способность (при действии выдергивающей нагрузки) призматической сваи с размерами сечения 20×20 см или призматической сваи с размерами сечения 30×30 см, либо пирамидальной сваи с размерами в верхней части 30×30 см и в нижней части 20×20 см.

Несущая способность сваи при действии выдергивающей статической нагрузки устанавливается в соответствии с требованиями МСП 5.01-101-2003 [11].

Обсуждение результатов и рекомендации. Представленные формулы (2) и (4) позволяют устанавливать несущую способность свай с уширениями через несущую способность одной из традиционных свай, широко используемых в строительной практике. Данные формулы рекомендуется использовать при проектировании свайных фундаментов из свай с уширениями ствола. При вариантном проектировании с применением призматических (или пирамидальных) свай и свай с уширениями ствола расчеты предлагается производить с соблюдением следующих условий:

- форма сечения призматической (пирамидальной) сваи должна быть квадратной;
- размеры сторон сечения призматической сваи должны соответствовать размерам сечения призматической части сваи с уширениями или быть в 1,5 раза больше;
- размеры сторон сечения пирамидальной сваи с нижней части должны соответствовать размерам призматической части сваи с уширениями, а размеры в верхней части в 1,5 раза выше;
- длина и глубина погружения призматической (пирамидальной) сваи и сваи с уширениями ствола должны быть одинаковыми.

Заключение. В заключение следует отметить, что при выполнении указанных условий использование формул, предложенных для определения несущей способности свай с уширениями, позволит обеспечить их рациональное проектирование, а следовательно, и применение под опоры зданий и сооружений, в том числе и под опоры гидротехнических сооружений.

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: Тараз университеті, 2014. – 146 с.
- 2 Kupchikova N.V., Kurbatskiy E.N. Analytical method used to calculate pile foundations with the widening up on a horizontal static impact, International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2017), Chelyabinsk, Russian Federation, 2017. Vol. 262. P. 1-7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/262/1/012102>
- 3 Isaev V.I., Maltsev A.V., Karpov A.A. Comparative evaluation of bearing capacity of a short driven pyramidal-prismatic pile using mathematical models, Procedia Engineering. 2016. Vol. 153. P. 223-227. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.106>
- 4 Kupchikova N.V. Numerical researches of the work of the pile with end spherical broadening as part of the pile group, Construction and reconstruction. 2019. Vol. 6(86). P. 3-9. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2019-86-6-3-9>
- 5 Бекбасаров И.И., Атенев Е.И. Способ определения несущей способности свай с плоскими пирамидальными уширениями ствола. Патент на полезную модель РК №4387. – Астана, 2019. – 2 с.
- 6 Бекбасаров И.И., Атенев Е.И. О несущей способности свай с плоскими уширениями ствола // Материалы МНП конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития строительных конструкций: инновации, модернизация и энергоэффективность в строительстве», посвященной году Узбекистана в Казахстане. – Алматы: КазГАСА, 2018. – С. 123-128.
- 7 Бекбасаров И.И., Атенев Е.И. Сравнительная оценка несущей способности свай с разной продольной формой // Материалы XIII МНК молодых ученых «Инновационное развитие и востребованность науки в современном Казахстане», том II. – Тараз: Таразуниверситеті, 2019. – С. 24-25.
- 8 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.
- 9 Бекбасаров И.И., Байтемиров М.Н., Атенев Е.И., Шаншабаев Н.А. Об экспериментальном оборудовании для забивки и испытаний крупномасштабных моделей свай в полевых условиях // Механика и технологии. Научный журнал. – 2019. – №4. – С. 134-141.
- 10 ГОСТ 5686-2012 Грунты. Методы полевых испытаний сваями. Межгосударственный стандарт. – М.: Стандартинформ, 2014. – 47 с.
- 11 МСП 5.01-101-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов. – Астана, 2007. – 109 с.

И.И. Бекбасаров, Е.И. Атенев

М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз, Қазақстан

Дiңгегi кеңейтiлген қадалар модельдерiнiң горизонталды және вертикалды суыру жүктемелерге қарсы әрекет етуi

Аңдатпа. Дiңгегi кеңейтiлген қадалар модельдерiн горизонталды және вертикалды суырып жүктеме-леу әрекеттерiн зертханалық және далалық жағдайларда жүргiзiлген зерттеу нәтижелерiнде баяндалған.

Призмалық және пирамидалық дәстүрлі қадалармен салыстырғанда діңгегі кеңейтілген қадалардың жүк көтергіш қабілеті кеңейтілген бөліктер санына байланысты артық болатындығы және кем түсетіндігі анықталды. Діңгегі кеңейтілген қадалардың горизонталдық жүктемелеу әсеріне қарсылық күші призмалық және пирамидалық қадалармен салыстырғанда 1,04-1,76 рет (зертханалық зерттеулерде) және 1,05-1,48 рет (далалық сынақ жағдайында) артық болатындығы белгілі болды. Қада модельдерін суырып жүктемелеу кезінде жаңа қадалардың дәстүрлі қадалармен салыстырғанда тиісінше 1,25-3,25 және 1,17-2,42 рет тиімді екенін көрсетті. Әсіресе кеңейтілген 3-4 бөліктері бар қадалардың аталған жүктемелер бойынша артықшылықтары басым болды. Зерттеу нәтижесінде діңгегі кеңейтілген қадалардың жүк көтеру қабілетін призмалық және пирамидалық қадалардың аталған көрсеткіштері арқылы анықтауға мүмкіндік беретін корреляциялық тәуелділіктер ұсынылды. Алынған тәуелділіктер қадалардың кеңейтілген бөліктер санын ескере отырып, мәндері далалық зерттеу нәтижелері бойынша анықталған қадалардың тиімділік коэффициенттері арқылы есептеулер жүргізуге мүмкіндік береді. Формулаларды ғимараттар мен құрылымдардың қадалы іргетастарының құрамында діңгегі кеңейтілген қадаларды нұсқалық жобалау кезеңінде пайдалануға кеңес беріледі.

Түйін сөздер: Модель, қада, кеңейтулер, жүктеме, жүк көтеру қабілеті, коэффициент, корреляциялық тәуелділік.

I.I. Bekbasarov, Y.I. Atenov

M.Kh. Dulati Taraz State University, Taraz, Kazakhstan

Resistance of broadened pile models for horizontal and pulling loads

Abstract: The results of laboratory and field tests of pile models with shaft broadening are presented under the influence of horizontal and pulling loads. It has been revealed that compared with traditional piles of prismatic and pyramidal shapes, the piles with shaft broadening have both large and lower bearing capacity, depending on the amount of broadening. Under horizontal loads, the resistance of pile models with a broadening of 1.04-1.76 times (in laboratory experiments) and 1.05-1.48 times (in field tests) exceeded the similar strength parameter of prismatic and pyramidal piles. The action of tensile loads on the pile models revealed the resistance of piles with broadening, respectively, 1.25-3.25 and 1.17-2.42 times more effective than traditional piles. Piles with 3-4 extensions have great advantages in bearing capacity under the influence of these loads. Based on the results of the study, correlation dependencies are proposed that allow determining the bearing capacity of piles with expansion due to the bearing capacity of piles of prismatic and pyramidal forms. The obtained dependences allow us to carry out calculations taking into account the number of broadening in piles due to the efficiency factors of piles, the values of which are established according to the results of field tests of semi-natural piles. Equations are recommended to be used at the stage of variant design of piles with broadening as part of the pile foundations of buildings and structures.

Keywords: Model, pile, broadening, load, bearing capacity, coefficient, correlation dependence.

References

- 1 Bekbasarov I.I., Isakov G.I., Amanbai A. Ocenka vliyaniya parametrov svaj I shtampov na ih pogruzhaemost' I nesushchuyu sposobnost' fundamentnyh konstrukcij [Evaluation of the influence of piles and dies parameters on their immersion and the bearing capacity of the foundation structures] (Taraz University, Taraz, 2014, 146 p.) [in Russian].
- 2 Kupchikova N.V., Kurbatskiy E.N. Analytical method used to calculate pile foundations with the widening up on a horizontal static impact, International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2017), Chelyabinsk, Russian Federation, 2017. Vol. 262. P. 1-7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/262/1/012102>
- 3 Isaev V.I., Maltsev A.V., Karpov A.A. Comparative evaluation of bearing capacity of a short driven

pyramidal-prismatic pile using mathematical models, Procedia Engineering. 2016. Vol. 153. P. 223-227. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.106>

4 Kupchikova N.V. Numerical researches of the work of the pile with end spherical broadening as part of the pile group, Construction and reconstruction. 2019. Vol. 6(86). P. 3-9. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2019-86-6-3-9>

5 Bekbasarov I.I., Atenov Y.I. Sposob opredeleniya nesushchej sposobnosti visyachej zabivnoj svai s ploskimi piramidal'nymi ushireniami stvola. Patent na poleznuyu model' RK №4387. [A method for determining the bearing capacity of a driven pile with flat pyramidal broadening of the shaft. Patent for utility model of the Republic of Kazakhstan No. 4387] (Astana, 2019, 2 p.) [in Russian].

6 Bekbasarov I.I., Atenov Y.I. O nesushchej sposobnosti zabivnyh svaj s ploskimi ushireniami stvola [About the bearing capacity of driven piles with flat broadening of the shaft], Materialy MNP konferencii «Aktual'nye problemy perspektivy razvitiya stroitel'nyh konstrukcij: innovacii, modernizaciya i energoeffektivnost' v stroitel'stve», posvyashchennoj godu Uzbekistana v Kazahstane [Proceedings of the conference "Actual problems and prospects for the development of building structures: innovation, modernization and energy efficiency in construction", dedicated to the year of Uzbekistan in Kazakhstan] (KazGASA, Almaty, Kazakhstan, 2018, P.123-128) [in Russian].

7 Bekbasarov I.I., Atenov Y.I. Sravnitel'naya ocenka nesushchej sposobnosti svaj s raznoj prodol'noj formoj [A comparative assessment of the bearing capacity of piles with different longitudinal shapes], Materialy XIII MNK molodyh uchenyh «Innovacionnoe razvitiye i vostrebovannost' nauki v sovremennom Kazahstane», tom II [Proceedings of the 13th conference of young scientists «Innovative development and the demand for science in modern Kazakhstan», Volume II] (Taraz University, Taraz, Kazakhstan, 2019, P.24-25) [in Russian].

8 Bekbasarov I.I., Atenov Y.I., Shanshabayev N.A. O laboratornom oborudovanii dlya zabivki i ispytanij modelej svaj [About laboratory equipment for driving and testing pile models], Mechanics and Technologies. 4(66), 125-133 (2019). [in Russian].

9 Bekbasarov I.I., Baytemirov M.N., Atenov Y.I., Shanshabayev N.A. Ob ekperimental'nom oborudovanii dlya zabivki i ispytanij krupnomasshtabnyh modelej svaj v polevyh usloviyah [On experimental equipment for driving and testing large-scale models of piles in the field site], Mechanics and Technologies. 4(66), 134-141 (2019). [in Russian].

10 GOST 5686-2012 Grunty. Metody polevyh ispytanij svayami. Mezghosudarstvennyj standart [Soils. Field test methods by piles. Interstate standard] (Standartinform, Moscow, 2014, 47 p.) [in Russian].

11 MSP 5.01-101-2003 Proektirovanie i ustrojstvo svajnyh fundamentov [Design and construction of pile foundations] (Astana, 2007, 109 p.) [in Russian].

Сведения об авторах:

Бекбасаров И.И. – доктор технических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией инженерного профиля «Наноинженерные методы исследований им. А.С.Ахметова», Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, ул. Толе би, 60, Тараз, Казахстан.

Атенов Е.И. – докторант (PhD) специальности «Гидротехническое строительство и сооружения», Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, ул. Толе би, 60, Тараз, Казахстан.

Bekbasarov I.I. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Research Laboratory of Engineering Profile «Nano-engineering research methods A.S. Akhmetov», M.Kh. Dulati Taraz State University, Tole Bi str.60, Taraz, Kazakhstan.

Atenov Y.I. – PhD student of the specialty «Hydro technical construction and structures», M.Kh. Dulati Taraz State University, Tole Bi str.60, Taraz, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 15.06.19.