

POUYA P.S., SHVEDOVSKY P.V., KLEBANYUK D.N. About some features of work and calculations of bored piles from concrete on the straining cement

In article the processes influencing formation of size of settlement resistance of soil on a side surface of bored piles from concrete on the straining cement are analysed.

The factors causing manifestation of shrinkable deformations, and leading to emergence in the soil massif of additional radial tension that has allowed to develop offers on improvement of methods of calculation of the bearing ability of bored piles from concrete on the straining cement and by that to realize the most important reserve of increase of their efficiency as in the field of a power material capacity, and specific cost are revealed.

УДК 624.155.33

Пойта П.С., Юськович Г.И., Юськович В.И., Ивасюк П.П., Томашов И.Г.

ПОГРУЖЕНИЕ МОДЕЛЕЙ СВАЙ С ПЕРЕМЕННЫМИ РАЗМЕРАМИ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ «РУБАШКАХ»

Введение. Одним из направлений снижения энергоемкости погружения свай и, в ряде случаев, увеличения их несущей способности является применение обмазок, в качестве которых могут быть использованы вода, глинистые суспензии, растворы силиката натрия, битумы, смолы – карбамидные, полиакриламидные, эпоксидные.

Сущность погружения свай в «рубашках» заключается в том, что в полость между грунтом и сваей, образующуюся в начальный период забивки, подается обмазочный материал (желательно твердеющая смесь). Обмазка, проникая в грунт, заполняет все возникающие пустоты, трещины, каверны и поры и увлекается вниз, образуя расжиженную, но вскоре уплотняющуюся (затвердевающую) с грунтом оболочку вокруг сваи. Обмазка до отверждения оказывает смазывающее действие, облегчая погружение, а затем увеличивает несущую способность свай. Свая как бы «клеивается» в грунт. В то же время комплексные исследования процесса погружения забивных свай в «рубашках» выполнены в недостаточном объеме, недостаточно конкретно определена область применения метода. Поэтому данная технология не находит широкого применения в практике строительства.

В этой связи разработка новых конструкций свай и энергосберегающих технологий их погружения является по-прежнему актуальной задачей.

Обмазки для энергосберегающих «рубашек». Известно, что от общего сопротивления погружению свай в грунт доля сопротивления трению может достигать 30...50%. Поэтому использование в этих целях в качестве обмазок материалов, обладающих высокими антифрикционными свойствами, способностью к тиксотропным изменениям и низкими сопротивлениями сдвигу, может привести к ускорению погружения свай и снижению затрат энергии на эту работу.

Наблюдения за процессом погружения свай показали, что в процессе забивки образуются и временно сохраняются вокруг свай полости значительных размеров. Глубина их может достигать 2,0 м, ширина у поверхности грунта – 15...20 мм, а в отдельных случаях (в маловлажных песчаных грунтах) до 50 мм.

При наличии полости несущая способность сваи оказывается ниже той, которая могла бы быть при плотном прилегании грунта по всей площади боковой поверхности ее ствола, то есть потенциальная несущая способность сваи выше, чем в действительности. Следовательно, восстановление сплошности структуры грунта в приствольном массиве путем заполнения дефектов тиксотропными и твердеющими материалами обеспечит увеличение несущей способности сваи наряду со снижением энергоемкости процесса ее установки в проектное положение.

В качестве обмазок могут применяться карбамидные, фурфуроланилиновые, полиакриламидные и эпоксидные смолы, а также

тиксотропные материалы.

Полимерная рубашка может быть выполнена из карбамидных смол. Существует ряд модификаций карбамидных смол, однако наибольшее практическое применение получили смолы, образующиеся при обычной температуре из мочевины и формальдегида или фурфурола (смолы МФ-17, МФС-1, М-60, М-70 и др.).

Карбамидные смолы являются полярными, что обуславливает их высокие адгезионные свойства. Они способны затвердевать при обычных температурах и превращаться в твердые неплавкие и нерастворимые гидрофобные полимерные продукты. В отвержденном состоянии мочевиноформальдегидные смолы обладают достаточно высокой прочностью на сжатие от 6 до 27МПа. При внесении в грунт эти смолы способны связывать влагу до 100% от массы грунта и придавать ему одновременно высокую механическую прочность и устойчивость.

Для ускорения отверждения (поликонденсации) смолы применяют отвердители. Отвердителями смол являются органические кислоты (щавелевая) и неорганические (соляная, фосфорная и др.), некоторые соли (хлористый аммоний) и щелочные катализаторы (аммиак, пиридин). Время затвердевания смолы уменьшается с увеличением количества добавляемого отвердителя, а также с уменьшением влажности грунта, с увеличением начальной вязкости смолы, кислотности среды, температуры смолы и воздуха. Карбамидную смолу для обмазок предпочтительнее применять без этиленгликоля, повышающего её стоимость и замедляющего поликонденсацию. Время отверждения гелеобразующей смеси (раствора смолы и отвердителя) с грунтом составляет не менее 3...4 часов. Карбамидные (мочевиноформальдегидные) смолы являются самыми дешевыми смолами и обладают необходимыми для закрепления грунтов свойствами, поэтому из всех синтетических смол они получили наиболее широкое распространение.

Закрепленный карбамидными смолами грунт обладает высокой прочностью, водонепроницаемостью, морозостойкостью, эластичностью, устойчивостью против действия микроорганизмов.

Антисептическое действие смолам для деревянных свай можно придать добавлением пентахлорфеналата натрия или сулемы в количестве от 0,25...0,5 до 1% от массы смолы.

Эффективность забивки свай обычным способом и в полимерной «рубашке» из карбамидных смол сильно отличаются. Скорость погружения свай в «рубашке» почти в 2 раза выше, а несущая способность на 10...15% больше [2]. Кроме того, сохраняются оголовки свай, уменьшается износ дизель-молотов, экономится топливо, уменьшается шум и т.д. Эти же показатели подтверждаются и опытом работы многих строительных организаций. Установлено, что несущая способность забивных свай в полимерной «рубашке» длиной 6 м примерно такая же, как у обычных свай длиной 8 м. Общая экономия на работах

Юськович Георгий Иванович, к.т.н., доцент кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Юськович Виталий Иванович, к.т.н., зав кафедрой технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Ивасюк Петр Петрович, старший преподаватель кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Томашов Игорь Геннадьевич, старший преподаватель кафедры теоретической механики и сопротивления материалов Брестского государственного технического университета

Беларусь, БрГУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

нулевого цикла зависит от объекта строительства и инженерно-геологических условий, и как правило не менее 20%.

Фурфуроланилиновая смола (ФАС) образуется в результате поликонденсации анилина и фурфурола, взятых в соотношении по весу 1:2 в слабокислой или нейтральной средах. В качестве катализатора рекомендуется соляная кислота – 0,5% раствор HCl в количестве 1% от общего объема компонентов [2]. При кислой реакции грунта ($pH < 6,5$) добавка соляной кислоты или других ускорителей затвердевания (хлоридов железа, алюминия) не требуется. Для грунтов, имеющих щелочную реакцию ($pH > 7,5$), ФАС не рекомендуется.

Повышение эффективности процесса погружения свай достигается при использовании ФАС только в «горячем» состоянии [2]. «Горячее» состояние ФАС характеризуется температурой около 60–80°C в результате выделения тепла при взаимодействии составляющих ФАС компонентов. Примерно через 15...20 минут с момента перемешивания смола в кислой среде начинает густеть и по мере охлаждения густеет весьма интенсивно. Поэтому необходимо немедленное ее применение в качестве обмазки ствола свай в горячем и жидком состоянии.

В процессе погружения сваи горячий композит заполняет горизонтальные и вертикальные тонкие трещины в грунте у боковой поверхности сваи и пропитывает грунт на глубину 1...2 мм. Образованная таким путем структура грунта повышает несущую способность сваи.

Обмазка ФАС затрудняет погружение свай в песках из-за моментальной фильтрации горячей ФАС и быстрого последующего затвердевания [2]. Однако такие вопросы, как степень жесткости системы «корней» из ФАС и как долго во времени будет существовать такая система, еще не изучены.

Полиакриламид (ПАА) получают полимеризацией в водном растворе акриламида под влиянием окислительно-восстановительных систем.

Обмазка свай 2,5%-м раствором полиакриламида уменьшила работу на погружение свай в суглинках в 1,74 раза. Однако спустя 1,5 месяца не было установлено проявление вяжущих свойств композиции и ее распределения в грунте [2]. Вероятно, для полимеризации ПАА с суглинком требуется более длительное время. Опыты с применением ПАА свидетельствуют о том, что 0,5%-й раствор ПАА уменьшает работу по погружению свай в песчано-глинистый грунт на 27%, при этом через 6 суток несущая способность свай увеличилась на 27,4%. Влияние обмазки ПАА в разных грунтах на несущую способность свай также не изучено.

Эпоксидные смолы свое название получили по эпоксидной группе, входящей в их состав и обладающей высокой реакционной способностью. В качестве отвердителей эпоксидных смол при обычной температуре используют различные алифатические амины.

В зависимости от типа отвердителя жизнеспособность эпоксидной смолы колеблется от нескольких минут до нескольких часов. С целью уменьшения хрупкости эпоксидные смолы пластифицируют различными веществами.

В качестве обмазок свай рекомендуется следующий состав (в мас.ч.): эпоксидная смола Э-40 – 10, дибутилфталат (пластификатор) – 5...7, полиэтилен-полиамин (отвердитель) – 1,5...2 [2]. После перемешивания компонентов вязкость смолы постепенно возрастает, и через 2–2,5 часа она затвердевает. Обмазка из эпоксидной смолы облегчает погружение моделей деревянных свай в каолин и со временем все больше закрепляет грунт. Недостатком эпоксидных

смол является их токсичность и высокая стоимость.

Действие обмазок из эпоксидной смолы еще недостаточно изучено.

Жидкое стекло, или коллоидный раствор силиката натрия ($Na_2O \cdot nSiO_2 + mH_2O$), характеризуется плотностью 1,36...1,50 г/см³, вязкостью при 20°C 40...50 МПа·с. Главной характеристикой раствора силиката натрия, определяющей его состав, является силикатный модуль (отношение числа грамм-молекул кремнезема (SiO_2) к числу грамм-молекул оксида натрия (Na_2O)). Материал отличается способностью смешиваться с водой и в любых соотношениях. В результате вязкость разбавленного жидкого стекла сильно снижается, а проницаемость возрастает. Для работ по силикатизации грунтов рекомендуется использовать растворы силиката натрия с силикатным модулем не ниже 2,7. Жидкое стекло твердеет на воздухе под воздействием углекислого газа, а также хлористого кальция, кремнефтористого натрия и других веществ.

Производственные опыты показали, что при использовании жидкого стекла для обмазки свай трудоемкость работ по погружению свай в глинисто-песчаный грунт уменьшается на 18%. Применение жидкого стекла для обмазки свай, при погружении свай и для закрепления грунта вокруг свай еще мало изучено и представляет собой перспективную область исследования.

Выполнены исследования энергозатрат при погружении свай с применением глинистых суспензий, жидкого стекла и отходов моторного масла.

Глинистые суспензии с коагуляционными связями обладают тиксотропными свойствами, которые выражаются в переходе геля в золь при механическом воздействии и обратно после прекращения воздействия. Их приготовление может производиться из обычных местных комовых глин и из специальных глинопорошков заводского изготовления, а также из бентонитовых глин в виде глины-сырца или глинопорошка.

Обычные жирные комовые глины в их естественном состоянии в большинстве случаев пригодны для приготовления суспензий тиксотропных «рубашек». Бентонитовые глины встречаются редко и имеются только в некоторых месторождениях, поэтому являются дефицитными.

При наличии в глине небольшого количества песчаных частиц размером более 2 мм их необходимо удалять в процессе приготовления глинистой суспензии.

Для приготовления качественных глинистых суспензий из жирных небентонитовых или бентонитовых глин следует применять натриевые глины ввиду их большей растворимости (пептизации) в воде и возможности получения из них весьма стабильных суспензий с хорошими фильтрационными (малой водоотдачей и тонкой глинистой коркой) и тиксотропными свойствами.

Не менее целесообразным и эффективным видится также изменение конструктивных параметров свай, например, профилирование боковой поверхности ствола.

Экспериментальные исследования. Для выполнения экспериментальных исследований на основании [1, 3] были приняты модели четырех типов свай, а именно: модель традиционной призматической сваи (тип 1); модель сваи со скосом ствола от наконечника к оголовку (тип 2) [3] и два типа моделей свай с профилированной боковой поверхностью ствола (рис. 1).

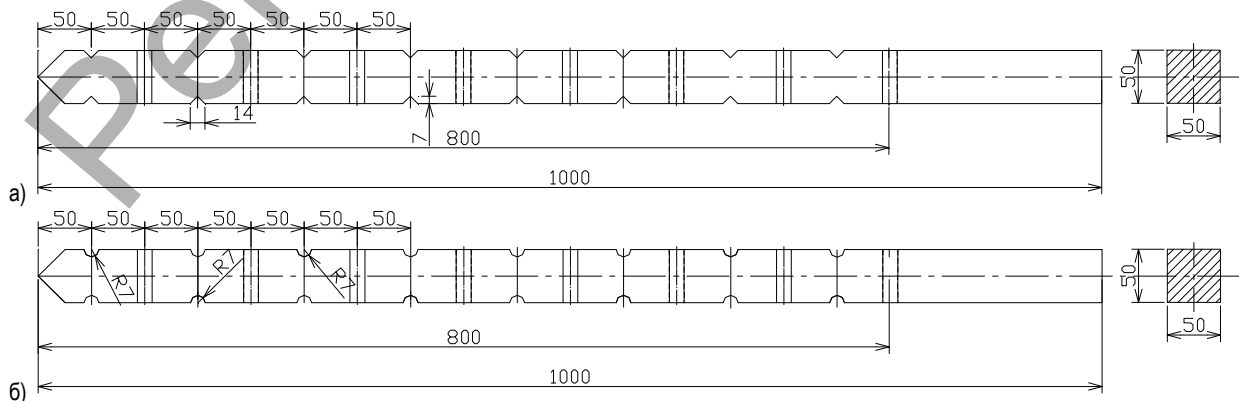


Рис. 1. Конструктивные решения моделей свай: а) тип 3; б) тип 4

Таблица 1. Количество ударов груза при погружении моделей свай без обмазок

Глубина погружения моделей свай (h), м	Среднее количество ударов груза ($N_{ср.}$, шт.) для моделей			
	тип 1	тип 2	тип 3	тип 4
0... 0,1	9,0	6,7	7,0	7,0
0,1... 0,2	14,0	11,7	10,7	12,0
0,2... 0,3	17,0	11,0	12,7	16,7
0,3... 0,4	18,7	11,3	14,7	16,3
0,4... 0,5	25,7	11,7	17,7	20,3
0,5... 0,6	31,0	14,7	23,0	25,7
0,6... 0,7	31,7	20,0	28,0	32,0
0,7... 0,8	35,3	23,0	34,3	38,7

Таблица 2. Энергозатраты при погружении моделей свай типа 1...4

Тип модели сваи	Вес ударного груза (mg), кН	Высота падения груза (h), м	Число ударов ($N_{ср.}$), шт. Затраты энергии (\mathcal{E}), кДж при погружении на глубину, м							
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1	0,05	1,0	9,0	2,3	40,0	58,7	84,4	45,4	147,1	182,4
			0,45	1,15	2,0	2,94	4,22	5,77	7,36	9,12
2	0,05	1,0	6,7	18,4	29,4	40,7	52,4	67,1	87,1	110,1
			0,34	0,92	1,47	2,04	2,62	3,34	4,36	5,54
3	0,05	1,0	7,0	17,7	30,4	45,1	62,8	85,8	113,8	148,1
			0,35	0,89	1,52	2,26	3,14	4,29	5,69	7,41
4	0,05	1,0	7,0	19,0	35,7	52,0	72,3	98,0	130,0	168,7
			0,35	0,95	1,79	2,6	3,62	4,90	6,5	8,44

Таблица 3. Количество ударов груза при погружении моделей свай с обмазкой ствола глиняной эмульсией

Глубина погружения моделей свай (h), м	Среднее количество ударов груза ($N_{ср.}$, шт.) для моделей			
	тип 1	тип 2	тип 3	тип 4
0,1... 0,2	16,0	14,7	18,0	15,7
0,2... 0,3	16,0	15,3	19,0	15,0
0,3... 0,4	14,7	16,7	19,7	16,3
0,4... 0,5	12,7	17,3	21,7	17,3
0,5... 0,6	13,3	20,7	25,0	21,0
0,6... 0,7	16,3	24,7	31,0	27,0
0,7... 0,8	20,3	25,3	35,3	34,0

Модель профилированной сваи типа 3 характеризуется поперечными вырезами треугольной формы по боковым поверхностям сваи, расположенными на смежных плоскостях в шахматном порядке, выполненных с шагом 50 мм. Глубина насечек составляет 5 мм, а их ширина по плоскости грани – 10 мм. Модель профилированной сваи типа 4 изготовлена с поперечными вырезами прямоугольной формы по боковым поверхностям сваи, выполненными как и у моделей типа 3 с шагом 50 мм и размерами $b \times h = 10 \times 5$ мм. Методика и условия проведения экспериментальных исследований аналогичны [3].

Результаты исследований оценивались на основании сравнения количества ударов скользящего по штанге груза массой 5 кг (высота сбрасывания 1 м) на каждые 0,1 м погружения модели.

Экспериментальные данные погружения моделей свай типов 1-4 в песчаный грунт без обмазок (контрольный эксперимент) приведены в таблице 1, а ходограммы их погружения отражены на рисунке 2.

Энергоемкость погружения моделей свай типов 1...4 без обмазок и графики зависимости энергозатрат от глубины их погружения представлены в таблице 2 и рисунке 3.

Экспериментальные данные погружения моделей свай (типы 1-4) в песчаный грунт с обмазкой ствола глиняной эмульсией приведены в таблице 3, а ходограммы их погружения отражены на рисунке 4.

Энергоемкость погружения моделей свай типов 1...4 с обмазкой ствола глиняной эмульсией и графики зависимости энергозатрат от глубины их погружения модели представлены в таблице 4 и на рисунке 5.

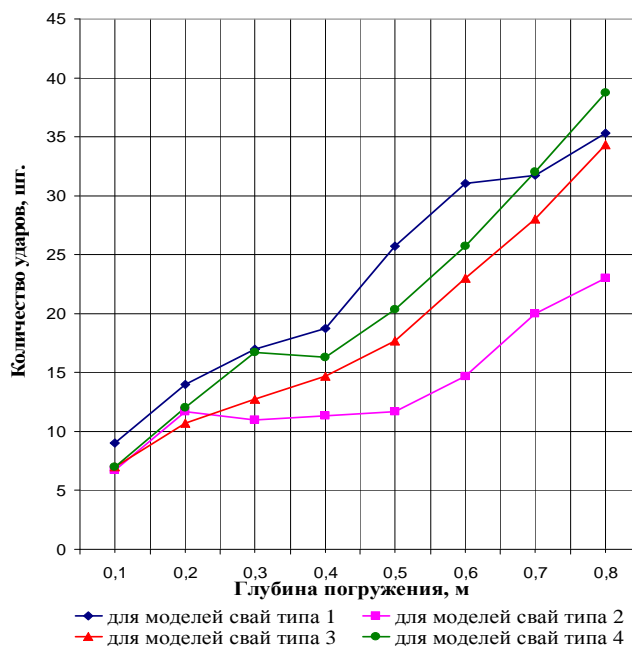


Рис. 2. Ходограммы погружения моделей свай без обмазок

Таблица 4. Энергозатраты при погружении моделей свай типа 1...4 с обмазкой ствола глиняной эмульсией

Тип модели свай	Вес ударного груза (m_g), кН	Высота падения груза (h), м	Число ударов (n_{cp}), шт. Затраты энергии (\mathcal{E}), кДж							
			при погружении на глубину, м							
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1	0,05	1,0	-	$\frac{16,0}{0,8}$	$\frac{32,0}{1,60}$	$\frac{46,7}{2,34}$	$\frac{59,4}{2,97}$	$\frac{73,0}{3,65}$	$\frac{89,3}{4,47}$	$\frac{109,6}{3,48}$
2	0,05	1,0	-	$\frac{14,7}{0,74}$	$\frac{30,0}{1,5}$	$\frac{46,7}{2,34}$	$\frac{64,0}{3,20}$	$\frac{84,7}{4,24}$	$\frac{109,4}{5,47}$	$\frac{134,7}{6,74}$
3	0,05	1,0	-	$\frac{18,0}{0,90}$	$\frac{37,0}{1,85}$	$\frac{56,7}{2,84}$	$\frac{78,4}{3,92}$	$\frac{103,4}{5,17}$	$\frac{134,4}{6,72}$	$\frac{169,7}{8,49}$
4	0,05	1,0	-	$\frac{15,7}{0,79}$	$\frac{30,7}{1,54}$	$\frac{47,0}{2,35}$	$\frac{64,3}{3,22}$	$\frac{85,3}{4,27}$	$\frac{112,3}{5,62}$	$\frac{146,3}{7,32}$

Таблица 5. Количество ударов груза при погружении моделей свай с обмазкой ствола отработкой моторного масла

Глубина погружения моделей свай (h), м	Среднее количество ударов груза (n_{cp} , шт.) для моделей			
	тип 1	тип 2	тип 3	тип 4
0,1... 0,2	21,7	16,7	22,0	19,7
0,2... 0,3	23,0	18,0	20,7	19,3
0,3... 0,4	23,3	17,3	27,7	20,0
0,4... 0,5	28,7	20,7	16,3	22,0
0,5... 0,6	35,7	23,0	16,3	27,7
0,6... 0,7	44,7	23,3	18,3	41,0
0,7... 0,8	54,0	27,3	33,0	52,3

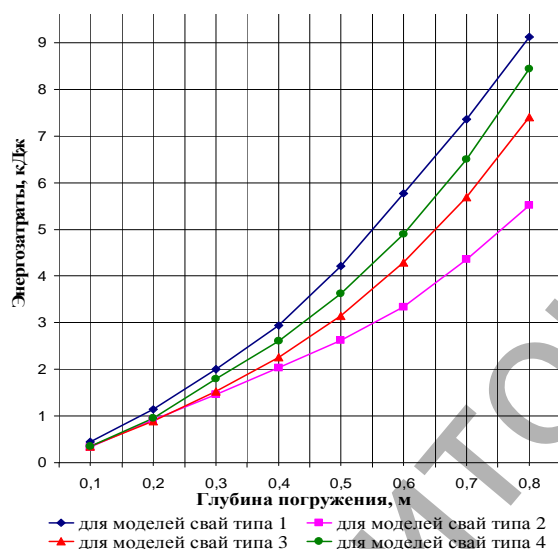


Рис. 3. Энергозатраты погружения моделей свай без обмазок

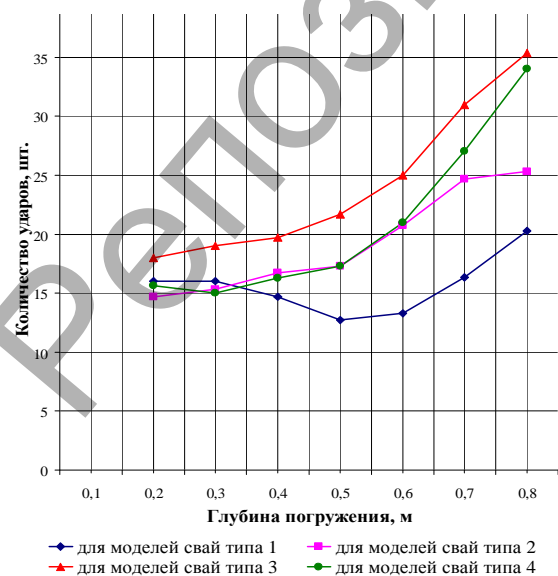


Рис. 4. Ходограммы погружения моделей свай с обмазкой ствола глиняной эмульсией

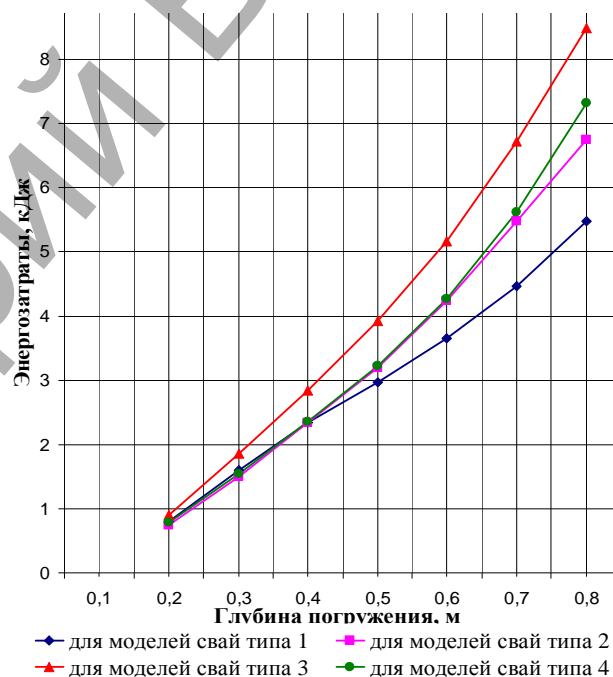


Рис. 5. Энергозатраты погружения моделей свай (тип 1-4) с обмазкой ствола глиняной эмульсией

Экспериментальные данные погружения моделей свай (типы 1-4) в песчаный грунт с обмазкой ствола отработкой моторного масла приведены в таблице 5, а ходограммы их погружения отражены на рисунке 6.

Энергоемкость погружения моделей свай типов 1...4 с обмазкой ствола отработкой моторного масла и графики зависимости энергозатрат от глубины их погружения модели представлены в таблице 6 и на рисунке 7.

Заключение. Анализ энергоемкости погружения моделей свай с обмазками показывает, что вид примененных обмазок и конструктивное исполнение ствола забивных свай оказывают существенное влияние на энергоемкость погружения. По сравнению с традиционной призматической свайей с меньшими энергозатратами погружаются модели свай со скосом ствола, а модели профилированных свай (тип 3 и тип 4) погружаются с большими затратами энергии

Таблица 6. Энергозатраты при погружении моделей свай типа 1...4 с обмазкой ствола отработкой моторного масла

Тип модели сваи	Вес ударного груза (m_g), кН	Высота падения груза (h), м	Число ударов (n_{cp}), шт. Затраты энергии (\mathcal{E}), кДж							
			при погружении на глубину, м							
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1	0,05	1,0	-	21,7 1,09	44,7 2,24	68,0 3,40	96,7 4,84	132,4 6,62	177,1 8,86	231,1 11,56
2	0,05	1,0	-	16,7 0,84	34,7 1,74	52,0 2,6	72,7 3,64	95,7 4,79	119,0 5,95	146,3 7,32
3	0,05	1,0	-	22,0 1,10	42,7 2,14	70,4 3,52	86,7 4,34	103,0 5,15	121,3 6,07	184,3 7,72
4	0,05	1,0	-	19,7 0,99	39,0 1,95	59,0 2,95	81,0 4,05	108,7 5,44	149,7 7,49	202,0 10,10

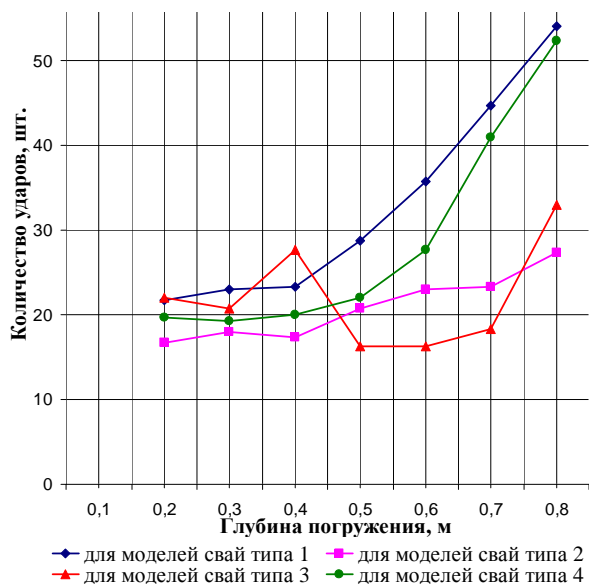


Рис. 6. Ходограммы погружения моделей свай с обмазкой ствола отработкой моторного масла

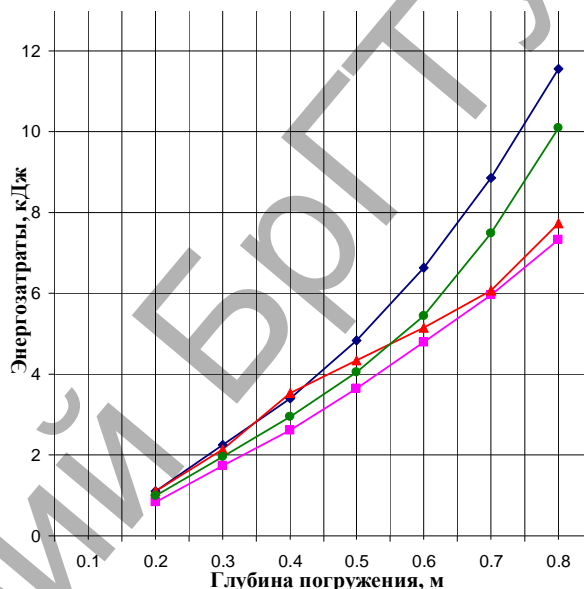


Рис. 7. Энергозатраты погружения моделей свай (тип 1-4) с обмазкой ствола отработкой моторного масла

по сравнению с моделями призматической сваи. Для облегчения погружения свай и повышения их несущей способности может быть рекомендовано применение твердеющих обмазочных растворов и эмульсий.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конструкции свай с усовершенствованными формами выполнения наконечника и стволов / В.П. Чернюк, П.С. Пойта // Расчет, проектирование и устройство свайных фундаментов. – Брест: Облтипография, 1998. – С. 138–140.

2. Мулюков, Э.И. Погружение свай в тиксотропных «рубашках». – М.: Стройиздат, 1988. – 264 с.
3. Пойта, П.С. Энергозатраты погружения моделей свай с переменными размерами поперечного сечения / П.С. Пойта, Г.И. Юськович, В.И. Юськович, П.П. Ивасюк // Вестник БрГТУ. – 2015. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология.

Материал поступил в редакцию 19.02.16

POYTA P.S., YUSKOVICH G.I., YUSKOVICH OF V.I., IVASYUK P.P., TOMASHOV I.G. Immersion of models of piles with variable sizes of cross section in energy saving "shirts"

Reduction of energy resources at immersion the zabivnykh of piles is reached due to application of a plastering and profiling of longitudinal section of a trunk. The experimental comparative assessment of power consumption of immersion of models of piles of various type of profiling of a side surface of a trunk of rather standard design is executed (with constant sizes of cross section on pile length). On the basis of experimental data it is established that in comparison with a traditional prismatic pile with smaller energy consumption models of piles with a trunk bevel plunge.

УДК 624. 155. 04

Чернюк В.П., Щербач В.П., Семенюк С.М.

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИНТОВЫХ ЛОПАСТЕЙ СВАЙ И АНКЕРОВ КАК КРУГЛЫХ ПЛАСТИН ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

Введение. Многие вопросы, связанные с проектированием круглых фундаментных плит, турбинных дисков, лопастей гидромашин,

Чернюк Владимир Петрович, к.т.н., доцент кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Семенюк Сергей Михайлович, к.т.н., доцент кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Щербач Валерий Петрович, доцент кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.