

их в исходном портландцементе. Накопление сульфатов происходит в результате взаимодействия составляющих цементный камень с солями, содержащимися в воде и, прежде всего, это соли магния. Накопление сульфатов также может быть обусловлено различной плотностью цементного камня и, если плотность бетона высока, диффузия солей замедляется. Соли магния (сульфаты) реагируют с гидроксидом кальция в поверхностном слое, а полученный гидроксид магния, осаждается в поверхностном слое, создавая мембрану, через которую сульфат - ионы диффундируют вглубь бетона. Таким образом, количество сульфат-ионов в глубине конструкции растет, возможен и обратный процесс выхода сульфат-иона в раствор.

В лабораторных условиях проводились испытания бетонных образцов размерами 5×5×5, приготовленных на основе напрягающего цемента состава: портландцемент марки М500 Д0 (75%), метакалин (13%), гипс (12%), вода (33,5%), согласно Рекомендации по способам защиты бетона в условиях сульфатной коррозии. Данная методика предназначена для ускоренного определения коррозионной стойкости бетона в средах, характеризующихся сульфатной агрессивностью с концентрацией сульфат-ионов не более 2000 мг/л. Метод основан на сравнении скорости поглощения агрессивных ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) испытываемым бетоном и особо плотным бетоном повышенной сульфатостойкости приготовленным из портландцемента по ТУ 21-21-10-80. Испытания образцов проводились в сроки, соответствующие 1, 3, 6 неделям. По окончании испытаний нами строилась кривая поглощения бетоном сульфатных ионов во времени и сравнивалась с эталонной кривой.

Обработка полученных результатов на данном этапе позволила считать исследуемый бетон сульфатостойким и использовать для изготовления конструкций, работающих в сульфатных средах с концентрацией ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  не более 2000 мг/л, поскольку кривая поглощения находится на диаграмме ниже эталонной кривой.

#### **Список цитированных источников**

1. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин [и др.]. – М. : Стройиздат, 1980. – 536с.
2. Баженов, Ю.М. Технология бетона./ Ю.М. Баженов. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2003. – 499с.
3. Сулименко, Л.М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе./ Л.М. Сулименко. – М.: Высшая школа, 2000 – 302с.
4. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества /А.В. Волженский. – М: Стройиздат,1986 – 463с.

УДК 624.155.154; 620.9

**Томашев И.Г.**

**Научный руководитель: доцент Юськович Г.И.**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РУБАШЕК ПРИ ЗАБИВКЕ СВАЙ**

Одним из технологических приемов, позволяющих снизить энергозатраты при погружении свай в грунт, является применение обмазок и оболочек для покрытия их поверхности, соприкасающейся с грунтом.

При погружении забивкой свая испытывает лобовое сопротивление грунта разрушению породы острием наконечника и сопротивление сдвигу (трению)

по боковой поверхности ствола. Доля сопротивления трению может достигать 30-50 % от общего сопротивления погружению. Поэтому использование в этих случаях в качестве обмазок материалов, обладающих способностью к тиксотропным изменениям и низкими сопротивлениями сдвигу, приводит к ускорению погружения свай и снижению при этом затрат энергии.

Весьма перспективными, на наш взгляд, в строительстве являются: использование обмазок из синтетических смол и глиняных паст; гидроподмыв; широкое внедрение ударно-вращательного, раздельного, электроосмотического и электрогидравлического способов погружения свай.

Очевидно, не менее целесообразным и эффективным видится также изменение конструктивных параметров свай, и особенно - выполнение оптимальной формы и угла заострения наконечника и режущих профилей, а также достижение совершенства конструкции стволов свай.

Практика показывает, что использование обмазок повышает стоимость погружения свай (для лучшей ориентации стоимость приведена в текущих ценах на 1 мая 2016 г.) соответственно на 43; 357; 987 и 1954 тыс. руб. (бentonитовая глина, полиакриламид, жидкое стекло, эпоксидная смола), но при этом энергоёмкость погружения может быть снижена до 30%, что даёт экономический эффект до 42...63 млн руб. на сваю, на столько же процентов может быть повышена несущая способность, уменьшено число деформированных свай.

Согласно последним исследованиям, в качестве обмазок могут применяться карбамидные, фурфуроланилиновые, полиакриламидные и эпоксидные смолы, а также тиксотродные пасты. Существует ряд модификаций карбамидных смол, однако наибольшее практическое применение получили смолы, образующиеся при обычной температуре из мочевины и формальдегида или фурфурола (смола МФ-17).

Карбамидные (мочевиноформальдегидные) смолы получили свое название от одного из исходных продуктов для их получения - карбамида (мочевины). Эти смолы содержат в основном цепи макромолекул амидной группы. Существует ряд модификаций карбамидных смол, однако наибольшее практическое применение получили смолы, образующиеся при обычной температуре из мочевины и формальдегида или фурфурола.

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 отвердевшем состоянии мочевиноформальдегидные смолы обладают достаточно высокой прочностью на сжатие – от 6 до 27 МПа. При внесении в грунт эти смолы способны связывать влагу до 100 % от веса грунта и придавать ему одновременно высокую механическую прочность и устойчивость. Они образуются в результате поликонденсации мочевины с формальдегидом в присутствии катализатора. Наиболее распространенная карбамидная смола МФ-17 имеет белый или светло-коричневый вид, однородную вязкость и по массовому составу состоит: мочевины -100, формалин 40%-й – 270, аммиачная вода 25%-я-10, диэтиленгликоль 100%-й-50 частей.

Фурфуроланилиновая смола (ФАС) образуется в результате поликонденсации аммиака и фурфурола, взятых в соотношении 1:2, в слабокислой или нейтральных средах. В качестве катализатора используется соляная кислота. Анилин и фурфурол должны иметь определенные свойства, их реакция весьма сложна, протекает в несколько стадий, довольно быстро и с выделением тепла. При количестве ФАС более 8% от массы сухого грунта временное сопротивление грунтово-смоляной смеси составляет 8,2 МПа, в количестве 6%-

увеличивается до 12,6 МПа. По этой причине чрезмерный расход ФАС нежелателен. При использовании ФАС в качестве обмазок свай нужно помнить, что при смешении фурфурола с анилином процесс смолообразования и затвердевания в адсорбционных пленках частиц грунтов начинается быстрее и вследствие катализирующего действия протекает быстрее, чем на воздухе. Этому способствует повышение концентрации ионов в грунтовом растворе, содержание кислот в фурфуроле. В связи с возможностью кипения смолы в присутствии 0,5%-го раствора соляной кислоты в количестве 1% от общей массы обмазки время погружения свай при использовании ФАС должно быть минимальным, а наиболее эффективным способом погружения - вибропогружение свай. Добавление смолы в приямок, в который будет погружаться свая, лучше производить мелкими порциями.

При использовании полиакриламида (ПАА) в качестве обмазок свай его разбавляют водой до 1...2%-го раствора. ПАА получают полимеризацией в водном растворе акриламида под влиянием окислительно-восстановительных систем. При добавлении к водному раствору акриламида 0,5% пересульфата калия, 0,14 % 1 гидросульфата натрия и 0,25% триэтаполамина реакция заканчивается при 50-60 градусах за 12 часов. Путем обезвоживания раствора ПАА может быть получен более транспортабельный порошок белого цвета. ПАА промышленность выпускает в виде 8%-го водного раствора высокой вязкости или порошка, стоимость 1т KGiOposG P ценах 2016 г. составляет 5253228 тыс. руб. Порошок перед употреблением в течение 10-12 часов замачивается в воде и при энергичном перемешивании с помощью высокопроизводительных лопастных мешалок разбавляется горячей водой до необходимой концентрации. Степень проникновения в грунт ПАА невысока (обычно не более 3 мм). При длительном контакте с почвой ПАА теряет растворимость, что является важным фактором при обмазке свай.

В сухом полиакриламиде амидные и карбоксильные группы обеспечивают молекулярное взаимодействие за счет образования водородных связей цепочками. В водном растворе молекулы полиакриламида умеренно набухают. Так как степень гидролиза ПАА невелика, то он проявляет достаточно высокую клеящую способность. Стоимость одной тонны порошка ПАА в ценах 2016 г. составляла 5253228 тыс. руб.

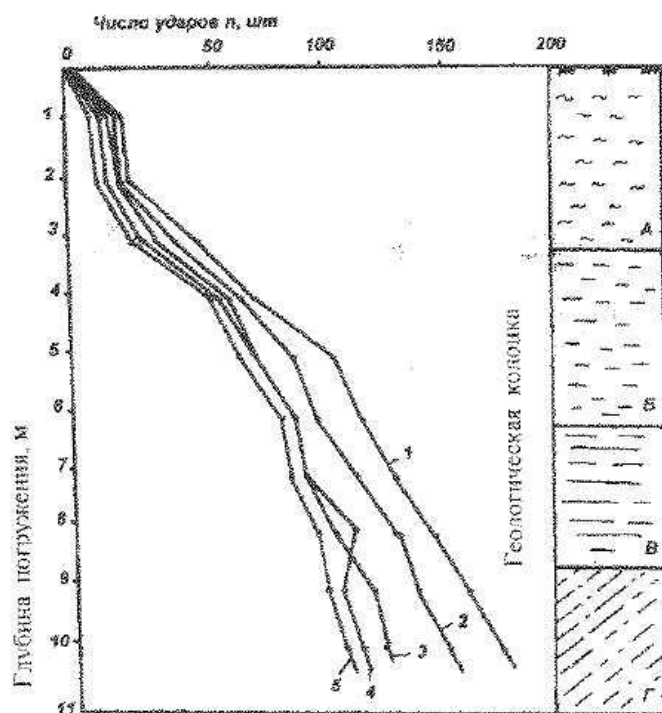
Эпоксидные смолы (ЭС) более распространены в строительстве. В их состав входит эпоксидная группа, обладающая высокой реакционной способностью. Большинство промышленных смол для изготовления клеевых композиций производится из эпихлоргидрина и дифенилолпропана. В качестве отвердителей ЭС при обычных температурах используют различные алифатические амины. В зависимости от типа отвердителя твердение ЭС колеблется от нескольких минут до нескольких часов. Количество отвердителя оказывает большое влияние на прочность клеевых соединений. Введение сверх меры отвердителя (более 1:7... 1:10) от массы смолы с пластификатором снижает прочность и повышает хрупкость ЭС. Для уменьшения хрупкости в их состав вводят пластификатор-дибутилфталат. В качестве обмазок свай рекомендуется следующий состав в массовых частях: смола (Э-40)-10, пластификатор (дибутилфталат) - 5...7, отвердитель (полиэтилен палиамин) - 1,5...2. После перемешивания этих материалов смола имеет незагустевшее состояние медно-желтого (золотистого) цвета. С течением времени вязкость смолы возрастает и через 3...6 часов она затвердевает, приобретая при этом

белесый цвет с желтоватым оттенком. Полностью исчезает прозрачность. Недостатком ЭС является их токсичность и высокая стоимость.

Тиксотропные глинистые растворы и суспензии чаще всего приготавливаются из бентонитовых глин, поставляемых на стройплощадку в виде порошка или комьев. При их отсутствии могут использоваться "местные" глины. Однако они должны содержать не менее 10% глинистых частиц размером менее  $10^{-4}$  мм, не менее 30% глинистых частиц размером менее  $5 \cdot 10^{-3}$  мм, 10% песчаных частиц размером 0,05...1 мм, иметь набухание не менее 25% и влажность на границе раскатывания не более 25%. Растворимые в воде глины обладают наиболее выраженными тиксотропными свойствами, которые заключаются в способности загустевать при спокойном состоянии и вновь становиться жидкими и подвижными от перемешивания, встряхивания, удара, вибрации и других механических воздействий.

При использовании "местных" глин применяют механическую (вибропомол, перемешивание в растворомешалках, прокачка через диспергаторы, гидратация - предварительное замачивание водой) и химическую (замена ионов кальция на ионы натрия или введения солей натрия по специальной методике) обработки. Для приготовления глинистых растворов применяют гидравлический смеситель СПП-70, турбинный РН-750 или растворосмеситель-диспергатор. Вид и число добавок подбирают для каждого вида глин. Глинистые растворы и эмульсии лучше всего заливать в приямок, в который будет забиваться свая, и по мере необходимости добавлять порциями.

При проведении экспериментальных исследований в производственных условиях энергоемкость погружения обмазанных свай сечением 300x300 мм и длиной 12 м, всегда оказывается более низкой по сравнению с чистыми сваями (рис. 1).

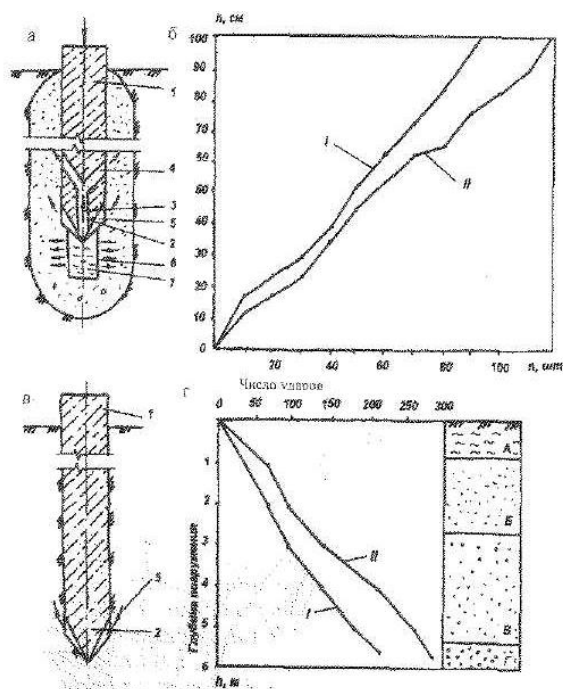


- 1 - необмазанные контрольные сваи; 2 - сваи, обмазанные жидким стеклом;  
 3 - сваи, обмазанные 0,5%-м раствором ПАА; 4 - сваи, обмазанные бентонитовой пастой, 5 - сваи, обмазанные эпоксидной смолой; А - насыпной грунт;  
 Б - плотные слои, В - мягкопластичные глины; Г - тугопластичный валунный суглинок

**Рисунок 1 – Данные по погружению длинных железобетонных свай.**

**Усредненные графики погружений свай, обмазанных разными реагентами**

Анализируя графики, можно отметить, что сваи с обмазками погружаются быстрее чистых, с меньшими затратами энергии, что заметно как по отдельным отказам, так и по общему количеству ударов, затраченных на их забивку. При этом оказалось, что энергоемкость (работа) погружения свай, обмазанных жидким стеклом, уменьшилась на 18%, раствором ПАА - до 27%, бентонитовой пастой - до 32 % и эпоксидной смолой - на 35%. Через шесть суток оказалось, что при обмазке жидким стеклом несущая способность свай не повысилась, в то время как обмазка бентонитовой пастой, раствором ПАА и ЭС обусловили ее увеличение соответственно на 24,8%; 27,4% и 23,7%.



1 - ствол; 2 - наконечник; 3 - система каналов; 4 - выходные отверстия каналов; 5 – пазы, 6 - скважина; 7- закрепляющий (силикатный) раствор;  
I - с пазами; II - без пазов; А - насыпной грунт; Б, В, Г- мелко-, средне- и крупнозернистый песчаный грунт

**Рисунок 2 – Самосмазывающаяся конструкция забивной сваи с пазами и каналами (а), с пазами (в) и графики зависимости глубины погружения  $h$  от числа ударов груза (б, г)**

Аналогичные данные, но с большим эффектом, получены в бывшей ГДР, где глинистая суспензия и цементный раствор подавались в зазор между свай, имеющей выступы на боковой поверхности ствола, и грунтом. В результате энергоемкость погружения снизилась в среднем в 3...4 раза, хотя и уменьшилась несущая способность обмазанных свай на 33...44%. Очевидно, свою роль в этом случае оказывает наличие выступов по боковой поверхности ствола, которые при погружении сваи с обмазкой в грунт снижают сопротивление сдвигу на 33...44%, а в процессе работы на столько же процентов уменьшают несущую способность свай по грунту основания.

Использование обмазок из синтетических смол и глинистых паст для погружения свай требует определенных, хотя и небольших, денежных и материальных затрат на производство работ. По этой причине в некоторых случаях (при погружении в лидерные скважины, водонасыщенные и болотистые грун-

ты) может оказаться более целесообразным применение самосмазывающейся конструкции сваи заводской готовности, позволяющей, кроме снижения энергоемкости погружения, в определенных условиях (при погружении в лидерные скважины) дополнительно закреплять грунт специальными растворами (рис. 2).

Забивная свая (рис. 2, а) содержит ствол с наконечником и систему каналов, расположенных в нижней части ствола. В наконечнике предусмотрены дополнительные выходы к наружной боковой поверхности ствола. На наружной боковой поверхности наконечника в направлении от острия к стволу выполнены продольные углубления - пазы.

При забивке сваи непосредственно в грунт (без устройства лидерных скважин) выполнение системы каналов не обязательно. При производстве работ сваю погружают в лидерную скважину, заполненную на  $1/2...2/3$  высоты закрепляющим в грунт раствором (жидким стеклом), или забивают непосредственно в грунт. За счет возможности прохождения раствора по каналам и пазам происходит смазка боковой поверхности ствола раствором, так как в этом случае свая обладает меньшим коэффициентом трения о грунт и испытывает меньшее сопротивление погружению, что облегчает ее забивку в грунт и требует меньших энергетических затрат. Помимо этого, раствор под действием повышенного давления проникает по порам и трещинам в грунт основания и после затвердевания цементирует его, значительно повышая прочность и несущую способность основания.

Как показали многочисленные экспериментальные исследования, забивка свай может быть успешно применена как в обычных, так и слабых болотистых и водонасыщенных грунтах без устройства в них лидерных скважин, а также без выполнения системы каналов в нижней части ствола. Проведенные в различных грунтовых условиях (с изменяющимися грунтовыми характеристиками - видом, влажностью и плотностью) опыты на моделях свай показали стабильные результаты – более низкую энергоемкость погружения по сравнению с призматическими моделями без пазов и каналов. Результаты одного из опытов, выполненного на двух моделях свай сечением 5,0х5,0 м, длиной 1 м, с пазами и без пазов на боковой поверхности наконечника в песчаном грунте влажностью  $W=18\%$ , плотностью 1,85 г/см<sup>3</sup> при массе ударного грунта  $m=2$  кг, представлены на рис. 2, б.

Аналогичные результаты получены в производственных условиях г. Пинска на мелко- и среднезернистых песчаных грунтах естественной влажности и плотности. Испытывались обычные призматические сваи сечением 300х300 мм длиной 6 м и такие же сваи с пазами (рис. 2, в). Результаты опытов приведены на рис. 2, в. Обладая простотой конструкции, забивная свая только за счет наличия пазов на боковой поверхности наконечника обеспечивает снижение энергоемкости погружения примерно на 20%. Остальные же технико-экономические показатели, характерные для свай заводского изготовления, при прочих равных условиях, одинаковы как для свай с пазами, так и без пазов. Исследования по несущей способности свай проводились ИСиА Госстроя Беларуси и были получены положительные результаты. С целью облегчения погружения свай в несвязные (песчаные) и малосвязные (суглинистые и глинистые) фунты, а также при относительно большой глубине погружения и недостаточной погружающей способности (мощности) сваебойного или вибропогружающего механизма эффективно применение подмыва грунта под сваями.

Способ применим в том случае, если это не может вызвать просадки расположенных по соседству зданий и сооружений.

#### **Список цитированных источников**

1. Чернюк, В.П. Технология строительства в особых условиях / В.П. Чернюк, В.Н. Пчелин, Н.А. Сташевская. – Брест: Издательство БрГТУ, 2005. – 132 с.

2. Юськович, Г.И. Погружение свай в энергосберегающих рубашках: материалы научно-технической конференции, посвященной 30-летию университета / Г.И. Юськович, И.Г. Томашев. – Брест, 1996. Часть 1. – С. 209.

3. Юськович, Г.И. Энергосберегающие технологии в свайном фундаменте / Г.И. Юськович, В.И. Юськович, И.Г. Томашев, А.И. Веремейчик // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: материалы научного семинара, Брест, 25 марта 2016 г. – С. 39 – 44.

УДК 667.636.25

**Тур А.В.**

*Научный руководитель: зав. кафедрой, к.т.н., доцент Э.А. Тур*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКРИЛОВОГО И СИЛИКОНОВОГО ПЛЁНКООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РЕЦЕПТУР ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ ЭКОЛОГИЧНЫХ ФАСАДНЫХ КРАСОК**

Основным направлением развития современного строительства является повышение технологичности и качества вновь возводимых объектов.

В связи с крайне неблагоприятной экологической ситуацией все большее значение для окраски фасадов зданий приобретают водно-дисперсионные (ВД) лакокрасочные материалы (ЛКМ), производство и применение которых не связано с использованием токсичных и пожароопасных органических веществ. К их основным преимуществам относятся низкая токсичность, быстрое высыхание, возможность окрашивать влажные поверхности и проводить окрасочные работы при повышенной влажности воздуха. Применение таких материалов позволяет исключить использование токсичных и пожароопасных растворителей, которые при отверждении ЛКМ безвозвратно испаряются в атмосферу. Кроме того, при работе с этими материалами снижаются требования к охране труда, пожаро- и взрывоопасность окрасочных работ, не требуется применение оборудования для производства и нанесения во взрывозащищенном исполнении. Таким образом, использование водно-дисперсионных ЛКМ приводит не только к экономии на себестоимости безвозвратно теряемых растворителей, но и позволяет делать процесс окрашивания безвредным и пожаробезопасным.

Все ЛКМ, предназначенные для отделки фасадов, относятся к защитно-декоративным покрытиям. Они должны соответствовать современным стандартам не только по цвету, структуре, блеску, но и быть атмосферостойкими, устойчивыми к различного рода загрязнениям, выдерживать определенные механические нагрузки, а также быть экологически безопасными, долговечными и ремонтпригодными. ЛКМ должны легко и равномерно наноситься, быстро сохнуть и быть привлекательными для потребителя по стоимости.

При разработке новых ЛКМ следует руководствоваться тем, что краска и окрашиваемая поверхность с точки зрения физических и химических свойств должны быть совместимы друг с другом. Для каждого фасадного строительного материала требуется соответствующая краска. Если, например, на дышащую