

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ОПОР МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

В последнее время специалистам ООО «Нормативно-Испытательный Центр «Мосты» (далее – НИЦ «Мосты») все чаще приходится решать вопросы обеспечения качества строительства свайных фундаментов опор мостовых сооружений. Такие вопросы, возникающие практически у всех, кто работает по этому направлению, в основном связаны с расхождениями в трактовке требований различных нормативных документов, по которым ведется проектирование и строительство фундаментов опор мостов.

Подобные ситуации провоцируют конфликты между подрядной, проектной и надзорной организациями, что в итоге приводит к остановке строительства и серьезным финансовым потерям подрядчика. Поэтому важно разъяснить всем участникам строительного процесса необходимость проведения научно-технического сопровождения строительства фундаментов опор мостов. Также важно конкретизировать требования нормативных документов, по которым следует выполнять контроль качества.

Научно-техническое сопровождение строительства свайных фундаментов опор мостовых сооружений четко регламентировано Сводом Правил СП 46.13330 2012 «Мосты и трубы», руководителем разработки которого являлся Эдуард Александрович Балючик, кандидат технических наук, бессменный заведующий лабораторией опор мостов ЦНИИС. К великому сожалению, нашего учителя и наставника больше нет с нами, однако этот талантливый ученый успел передать нам, его последователям, свой опыт – наряду с огромным багажом знаний по проектированию и строительству опор мостовых сооружений.

Согласно требованиям табл. 5 СП 46.13330-2012, в рамках научно-технического сопровождения строительства свайных фундамен-

тов опор мостов следует выполнять следующие основные виды работ:

- штамповые испытания грунта в основании буровых скважин;
- испытания свай статической вертикальной вдавливающей нагрузкой;
- исследования сплошности бетона буровых свай.

Для **штамповых испытаний грунта в основании буровых свай**

определяющими нормативными документами являются:

1. СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы», табл. 5 (не менее одного испытания на ростверк).
2. ГОСТ 5686-2020 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями».
3. «Руководство по методам полевых испытаний несущей способности свай и грунтов», ЦНИИС, 1979.

Испытания грунтов штампом в основании буровых скважин проводятся следующим образом: в пробуренную скважину опускается штамп (труба с заглушенным нижнем концом, диаметр которой, в зависимости от типов грунтов, составляет 325 или 273 мм),



Рис. 1. Оборудование для проведения штамповых испытаний

сверху на опорный столик штампа устанавливается домкрат, над ним монтируется наддомкратная балка, прикрепленная к обсадной трубе (рис. 1). Для измерения осадок штампа во время испытаний используются два прогибомера Максимова с точностью измерения 0,1 мм.

Цель штамповых испытаний грунта в пробуренной скважине состоит в определении **фактической несущей способности** грунта в основании буровой скважины.

Фактическая несущая способность грунта, прежде всего, нужна проектной организации для подтверждения принятых решений по конструкции фундамента строящейся опоры (количество свай в ростверке, их диаметр), а также окончательной отметки заложения будущего фундамента опоры моста. Зная несущую способность грунта, главный инженер проекта (ГИП) может вовремя внести изменения в проект. Если грунт несет меньше, чем заложено в проекте, ГИП может увеличить количество свай в ростверке, выполнить уширение концов свай, а также принять решение об изменении отметки заложения фундамента, остановившись на более прочном основании.

В дальнейшем при возведении опоры мостового сооружения, а также монтажа на ней пролетного строения и, конечно, в процессе эксплуатации сооружения под проектными нагрузками данная информация позволит избежать внештатных аварийных деформаций основания фундамента опоры.

Таким образом, целесообразность проведения штамповых испытаний грунта в основании буровой скважины не вызывает сомнений, и именно по этой причине штамповые испытания производят на первой пробуренной скважине будущего фундамента строящейся опоры. А поскольку проектная организация очень заинтересована в качественном результате, заключения по штамповым испытаниям

грунта рассматриваются ГИПами очень внимательно.

Однако здесь возникает довольно любопытная проблема... Так, разработанная в соответствии с требованиями СП 46.13330.2012 и ГОСТ 5686-2020 и направленная нами на согласование программа штамповых испытаний зачастую возвращается проектной организацией или представителями технического надзора обратно (на доработку) – с целью привести ее текст в соответствие с требованиями ГОСТ 20276.1-2020 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости», поскольку, как следует из названия этого ГОСТа, штамповые испытания грунта необходимо проводить по нему. В то время как ГОСТ 5686-2020 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями», согласно названию, предназначен для испытания грунта сваями, а не штампом.

Современные проектировщики и представители технадзора совершенно забывают про СП 46.13330.2012, где дано четкое определение, что **штамповые испытания грунта в основании буровой скважины должны выполняться по ГОСТ 5686-2020 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями». И никакой ошибки здесь нет!**

На самом же деле все просто. Раз проектной организации необходимо знать фактическую несущую способность грунта в основании буровой скважины, то она определяется по методике, описанной в ГОСТ 5686-2020 и в Руководстве ЦНИИС.

Если выполнять штамповые испытания по ГОСТ 20276.1-2020, фактическую несущую способность грунта мы можем и не получить, так как допускается прекратить испытания при достижении проектной нагрузки, а по методике ГОСТ 5686-2020 и Руководства необходимо останавливать испытания грунта только после потери несущей способности последнего.

Кроме того, ГОСТ 20276.1-2020 требует определения модуля упругости грунта, который на практике никогда не совпадает с модулем упругости, указанным в том же геологическом изыскании, из-за чего проектировщики оказываются в замешательстве. Область применения ГОСТ 20276.1-2020 – это, прежде всего, геологические изыскания, проводимые на стадии проектирования; здесь же речь идет о научно-техническом сопровождении строительства, и руководствоваться ГОСТ 20276.1 на данном этапе нельзя.

Есть еще одна немаловажная проблема – некорректная информация в интернете. Если набрать в поисковой системе СП 46.13330.2012 и зайти на первый же сайт, в частности «Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов», то там, в табл. 5, как раз и содержится ссылка на ГОСТ 20276. Поэтому Своды Правил необходимо брать только с официального сайта Минстроя.

При испытаниях свай статической вертикальной вдавливающей нагрузкой определяющими нормативными документами являются:

1. СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы», табл. 5 (в соответствии с требованиями проекта, но не менее одного испытания на мост);
2. ГОСТ 5686-2020 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями».
3. СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты».

Как видно из названия «Грунты. Методы полевых испытаний сваями», ГОСТ 5686-2020 (на который ссылается СП 46.13330.2012) вполне информативно регламентирует работы по испытанию свай статической вертикальной вдавливающей нагрузкой.

Цель испытаний практически такая же, как и при штамповых испытаниях грунтов, – уточнение **фактической несущей способности** свай. Конечно, проектной организации желательно знать, сколько



Рис. 2. Система анкерных балок стенда для статических испытаний бурового столба диаметром 1,5 м вертикальной вдавливающей нагрузкой 1400 т

все-таки несет свая, изготовленная по ее проекту, чтобы избежать возможных проблем на стадии завершения строительства мостового сооружения или его эксплуатации под проектными нагрузками. Испытания свай статической вертикальной вдавливающей нагрузкой выполняют следующим образом: на сваю устанавливается домкрат, над ним монтируется обустройство для восприятия реактивных усилий. Это может быть система балок, закрепленных к анкерным сваям (рис. 2), либо грузовая платформа (рис. 3), либо комбинированная система (рис. 4). Для измерения осадок сваи используются прогибомеры Максимова с точностью измерения 0,1 мм.

При проведении статических испытаний свай приходится сталкиваться с рядом проблем:

1. Исчерпание несущей способности стенда. Такое случается, если стенд самостоятельно монтируется силами строительной организации из подручных средств, без проведения расчетов (рис. 5).



Рис. 3. Грузовая платформа для статических испытаний забивной сваи сечением 40x40 см вертикальной вдавливающей нагрузкой 175 т



Рис. 4. Комбинированная система для статических испытаний бурового столба диаметром 1,5 м вертикальной вдавливающей нагрузкой 2700 т

2. Невозможность заанкерить испытательный стенд (ГИП забыл рассчитать рабочую арматуру в буровой свае на испытательные нагрузки – заложил слишком маленький диаметр). Конечно, можно дополнительно сделать пригруз, но и этого бывает недостаточно.

Если проблема с некачественным стендом в итоге решается на месте, то вторая проблема может быть решена только альтернативными методами – РДИ или ЭЛДИ.

Еще одним видом работ по научно-техническому сопровождению является **определение сплошности бетона буровых свай**.

Сплошность бетона – это показатель качества укладки бетонной

смеси, характеризующий непрерывность материала и отсутствие аномальных зон (шлама, пустот и т. д.).

Нарушение сплошности при бетонировании приводит к снижению несущей способности буровых свай фундаментов опор мостовых сооружений и способности воспринимать значительные горизонтальные и вертикальные нагрузки.

При исследовании сплошности бетона буровых свай, как и всегда при научно-техническом сопровождении строительства фундаментов опор мостов, следует руководствоваться в первую очередь требованиями СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы». В документе говорится, что исследу-

дование сплошности бетона свай осуществляется неразрушающим ультразвуковым методом, а при невозможности (например, когда забиты каналы-трубки или их нет совсем) – сейсмоакустическим методом контроля.

Исследование сплошности бетона свай фундаментов опор мостов ультразвуковым методом, прежде всего, регламентировано Руководством по контролю сплошности бетона буровых столбов и конструкций типа «стена в грунте» с помощью прибора «Бетон-Х1» (ЦНИИС, 2002), и, конечно, ГОСТ 17624-2012 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности».

Принцип ультразвукового контроля заключается в распространении ультразвуковых волн через исследуемую среду. При возникновении препятствия волна его либо обходит, что увеличивает время прохождения, либо совсем затухает – и приборы фиксируют разрыв.

Для проведения ультразвукового контроля в арматурный каркас буровой сваи заранее закладываются каналы прозвучивания, представляющие собой металлические трубы. Через семь суток после бетонирования трубы заполняются водой и в них попарно опускаются излучатель и приемник ультразвукового излучения.

Для получения наиболее полной и достоверной информации таких каналов в свае должно быть четыре, и располагаться они должны в диаметральных плоскостях. В крайнем случае допускается устройство в свае двух каналов, но иногда свая изготавливается с тремя каналами (рис. 6), что категорически недопустимо, поскольку при проведении ультразвукового контроля не захватывается центр сваи. Но и это не регламентировано правовыми документами.

Для ультразвукового контроля используются различные приборы: Pulsar, «Бетон», Shum и др.

После проведения контроля строятся графики зависимости скорости



Рис. 5. Разрушение анкерных балок стенда для статических испытаний забивной сваи

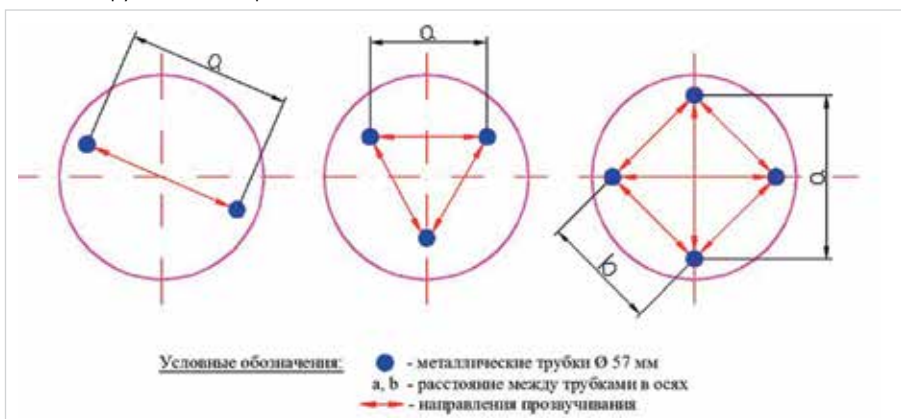


Рис. 6. Схемы расположения каналов прозвучивания

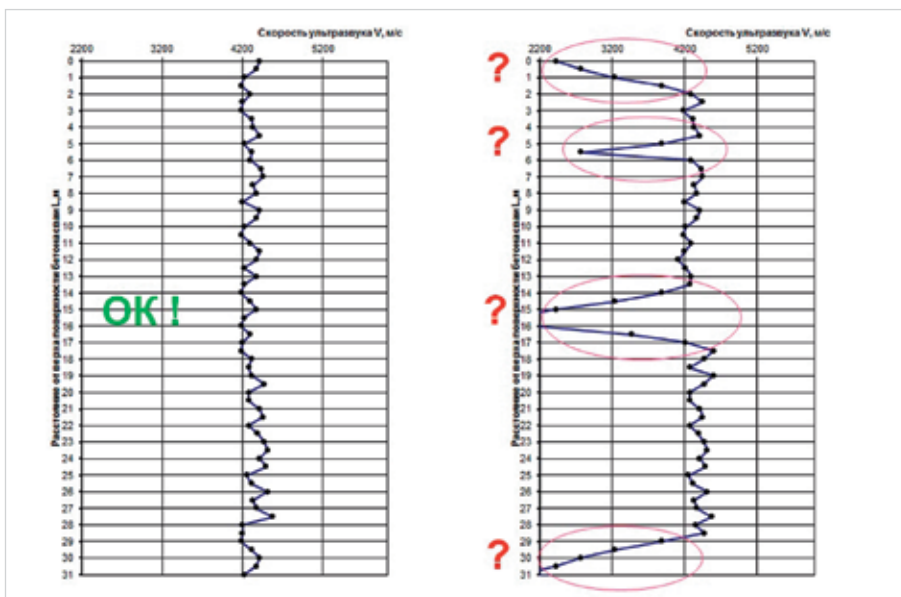


Рис. 7. Примеры графиков зависимости «скорость – высота сваи»

сти распространения ультразвука по высоте сваи. В случае появления дефектов, то график выглядит таким образом (рис. 7).

На рис. 8 показана свая, дефект в которой был обнаружен ультразвуковым методом. При откопке сваи обнаружился вывал грунта



Рис. 8. Брак, допущенный при бетонировании сваи

на 2/3 площади сечения сваи и на высоту более 1,5 м.

К сожалению, в последнее время подобное встречается нередко. При выполнении такого вида исследований также возникают проблемы:

1. В нормах отсутствует значение критической скорости ультразвука. Если измеренные значения скорости ультразвука в свае выше критической скорости, то качество бетона буровой сваи гарантировано, и наоборот. (До сих пор никто не проводил целенаправленных исследований критической скорости, поэтому в различных организациях она разная).

2. Некоторые проектировщики имеют ложное убеждение, связанное с тем, что на основании исследований сплошности бетона ультразвуковым методом можно получить прочность бетона по стволу сваи! Такое заблуждение возникает обычно у тех, кто не привык углубляться в изучение нормативных документов и чье знакомство с ГОСТ 17624-2012 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности» носит поверхностный характер, ограничиваясь графиком универсальной зависимости скорости ультразвука от прочности. А по этому «чудо-

графику» прочность бетона сваи никогда не будет соответствовать проекту! Тут на помощь снова приходит СП 46.13330.2012, где сказано, что прочность бетона определяется по ГОСТ 10181-2014 по образцам-кубам.

Итак, результаты ультразвуковых исследований сплошности бетона не дают возможности определить прочность бетона, так как для этого не хватает некоторых данных, которые могут быть получены при выполнении требований того самого ГОСТ 17624-2012 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности». Но его никто не читает. В соответствии с этим ГОСТ, сначала необходимо выполнить прозвучивание кубиков или кернов бетона соответствующей сваи, потом раздавить их на прессе, после чего переходить к прочности. К сожалению, в реальности сделать это не удастся, поскольку после семи суток, когда проводится исследование сплошности, все кубики обычно уже раздавлены.

Следующий метод, по которому можно определить сплошность бетона сваи, – **сейсмоакустический**. Руководящими документами по применению этого метода являются:

1. СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы».
2. «Технологический регламент по применению неразрушающего экспресс-контроля сплошности бетона свай методом «Соник», ЦНИИС, 2002.
3. ASTM D 5882-00 «Standard Test Method for Low Strain Integrity Testing of Piles» (Стандартный метод испытаний с малыми деформациями для определения работоспособности свай).

В основе метода лежит распространение акустической волны в свае за счет серии последовательных ударных воздействий, прикладываемых в различных точках оголовка сваи.

Для возбуждения импульсов, проходящих по стволу сваи, выполняется не менее 15–20 ударных воздействий в каждой точке (используется специальное устройство в виде пластмассового молотка с контролем качества каждого регистрируемого сигнала на компьютере, рис. 9).

Результаты измерений после обработки на ПК по специальной программе представляются в виде рефлектограмм, по результатам анализа которых делается заключение о сплошности бетона сваи и ее длине.



Рис. 9. Оборудование Sonic PET, установленное на оголовке сваи

Данный метод, конечно, более грубый: с его помощью сложно обнаружить небольшие дефекты, но он, если нет возможности проведения исследований сплошности бетона ультразвуковым методом, остается единственным неразрушающим методом, который, выручая нас, определяет серьезные дефекты.

В завершении отметим, что специалисты НИЦ «Мосты» являются

разработчиками СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы» Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91 и осуществляют научно-техническое сопровождение строительства свайных фундаментов опор мостовых сооружений на протяжении двух десятков лет.



ООО «Нормативно-Испытательный Центр Мосты»
127282, Москва, Чермянский проезд, д. 7, офис 3512
тел./факс +7 (499) 476 79 72
nic-mosty@mail.ru, www.nic-mosty.ru

Литература

1. СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы». Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91.
2. СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты». Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.
3. ГОСТ 5686-2020 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями».
4. ГОСТ 17624-2012 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности».
5. ГОСТ 20276.1-2020 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости».
6. «Руководство по методам полевых испытаний несущей способности свай и грунтов», ЦНИИС, 1979.
7. Руководство по контролю сплошности бетона буровых столбов и конструкций типа «стена в грунте» с помощью прибора «БЕТОН-Х1», ЦНИИС, 2002 г.
8. «Технологический регламент по применению неразрушающего экспресс-контроля сплошности бетона свай методом «Соник», ЦНИИС, 2002.
9. ASTM D 5882-00 «Standard Test Method for Low Strain Integrity Testing of Piles» (Стандартный метод испытаний с малыми деформациями для определения работоспособности свай).

На сегодняшний день в организации имеется два штампа собственной конструкции (длиной по 50 м) в заводском исполнении, которые используются для проведения штамповых испытаний грунта. Кроме того, мы имеем огромный набор мощных металлических балок для испытательных стенов и приличный ассортимент всевозможного гидравлического оборудования для проведения испытания свай и буровых столбов статической вдавливающей вертикальной нагрузкой до 3000 т и более.

Сотрудники НИЦ «Мосты» являются выходцами из АО «ЦНИИС», двух его топовых лабораторий: лаборатории испытания мостов и лаборатории опор мостовых сооружений. На сегодняшний день Нормативно-Испытательный Центр «Мосты», продолжая развивать эти и другие направления, осуществляет научно-техническое сопровождение проектирования и строительства мостов во всех регионах нашей страны.

А.А. Сергеев,
канд. техн. наук,
генеральный директор
ООО «Нормативно-
Испытательный Центр «Мосты»;
Е.А. Казеннов, канд. техн. наук,
технический директор
НИЦ «Мосты»,
С.А. Лок,
заведующий лабораторией
железобетонных пролетных
строений и опор мостов
НИЦ «Мосты»