

О СТАБИЛЬНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (дискуссионный материал)

ПРИКЛОНСКИЙ В.В.

Внештатный сотрудник ОАО «Фундаментпроект»

prik121@yandex.ru

Аннотация

Данная статья публикуется в дискуссионном порядке. В ней ставится вопрос о том, почему различаются между собой данные статического зондирования, казалось бы, в однородных грунтах. Предполагается, что причинами этого могут быть отдельные факторы влияния на результаты полевых исследований грунтов и их интерпретацию. Предлагается изучать роль этих факторов и более тщательно учитывать их в нормативных документах и в практической работе для повышения точности и надежности получаемых данных

Ключевые слова

Факторы влияния; статическое зондирование; динамический фактор; стабильность показателей

Основная задача данной статьи - показать, как те или иные технические характеристики оборудования, действия операторов, природные явления и пр. могут оказать влияние на результаты статического зондирования.

Идеализированные представления о том, что в нормативных документах все предусмотрено, что за ними как за каменной стеной, к сожалению, не соответствуют действительности, и многие факторы, особенно не совсем явные, проходят мимо внимания ученых. Нормативные документы со временем меняются, отражая накопленный уровень опыта и знаний, но они не всегда могут все предусмотреть. Более всего об этом известно ученым, занятым разработкой стандартов. Думается, что излагаемый в статье материал будет полезен изыскателям, побуждая их к более осознанным действиям. Одновременно он будет полезен и проектировщикам, особенно в случаях возникновения у них сомнений по поводу качества результатов изысканий.

Статическое зондирование, освоение которого в инженерно-геологической практике началось в 1930-е годы и которое в СССР и развитых странах начали более активно использовать в 50-60-е годы прошлого века, в настоящее время получило широкое распространение во всем мире. Это объясняется тем, что при сравнительно небольших затратах и в сжатые сроки этим методом можно качественно и количественно оценить инженерные свойства грунта для использования при проектировании и строительстве зданий и сооружений. Еще одно важное преимущество статического зондирования заключается в высокой точности разделения геологической среды на отдельные инженерно-геологические элементы. Но наряду с явными достоинствами он имеет и серьезный недостаток, поскольку сам процесс зондирования **значительно** изменяет окружающую зонд среду, поэтому получаемые параметры характерны для несколько другого грунта по сравнению с тем, каким он был в своем первоначальном состоянии.

Если первоначально статическое зондирование преследовало цель получить некий обобщенный показатель, характеризующий прочность грунта и его способность противостоять нагрузкам, то по мере дальнейшего развития науки и практики выяснилось, что с его помощью можно с различной степенью достоверности решать и более широкие задачи по оценке ряда важных свойств грунта, таких, например, как плотность сложения песка, консистенция пылевато-глинистых отложений. Кроме того, оказалось возможным оценивать характеристики сжимаемости, деформируемости, прочности и многое другое, в том числе оценивать несущую способность свай. Правда, во всех случаях значения показателей этих свойств получаются опосредованно, через полевые показатели прочности.

Поначалу предполагалось, что унификация параметров зондирования приведет к тому, что интерпретация свойств грунта, полученных через полевые показатели прочности - сопротивление грунта под конусом и по боковой поверхности (q_c и f_s соответственно) - не окажется сложной задачей. Ождалось, что такая унификация приведет к идентичному интерпретированию данных во всех странах. Однако, к удивлению многих, этого не произошло - в большинстве государств, таких как Россия, страны Евросоюза, США, Китай, Япония и др., были разработаны свои региональные нормы по определению инженерных характеристик грунта, по которым форма интерпретации и сами характеристики порой значительно различаются. В этом случае возникает законный вопрос: почему на огромном пространстве России от Калининграда до Камчатки действуют одни закономерности, а рядом, с другой стороны от границы (например, в Прибалтике или Китае) - другие. Более того, теперь и в России на фоне ранее единой нормативной базы наряду с федеральными нормами стали появляться отдельные территориальные, например МГСН, ТСН и др. Многие объясняют это региональной спецификой грунтов, то есть видят причину различных форм интерпретации именно в территориальных особенностях оснований. Так или иначе, но, как отмечает М.С. Захаров [1], проблема интерпретации стоит по-прежнему злободневно и требует надежных решений. Более того, она со временем неизменно усложняется, требуя, в свою очередь, разработки и применения все более совершенных методов исследований и соответствующего оборудования. Однако Россия почти катастрофически отстала в производстве современной зондировочной техники. Даже устаревшая техника выпускается буквально единицами, в то время как в развитых странах Запада одних только моделей выпускаемых установок насчитываются сотни.

России наряду с технологическим необходимо преодолеть и научное отставание, но при этом отказаться от слепого копирования зарубежного опыта. Наоборот, требуются очень выверенные подходы к созданию новой техники. Оно должно сопровождаться научным поиском, опираться на новейшие исследования и современные теоретические представления о физических процессах, сопровождающих зондирование. В этих усилиях Россия имеет определенное преимущество, так как может опираться на путь ошибок и достижений, пройденный западными странами.

Возвращаясь к проблемам интерпретации данных при испытаниях в разных условиях и использовании различных методов расчета, следует отметить, что классическим представлениям из области механики грунтов уделяется большое внимание, в то время как сами модели их поведения изучены очень слабо. Исследования до сих пор велись в основном на мелкомасштабных моделях в камеральных условиях. В то же время совершенно не учитывался и даже отвергался практический опыт специалистов, занятых на полевых работах. А ведь любые теоретические представления полноценны лишь когда опираются на опыт, особенно полученный в натуральных условиях. Одним из следствий такого опыта является представление о том, что неустойчивость и ненадежность результатов интерпретации в значительной степени связаны с нестабильностью данных, полученных при полевых измерениях. В этой связи, в свою очередь, часто закрадывается подозрение: а действительно ли исходные параметры, то есть полевые показатели прочности, в том или ином случае были получены в одинаковых условиях? Ведь в процесс измерений всегда неизбежно вторгаются как субъективные, так и объективные факторы, оказывающие влияние на их результаты. К первым относятся сложившиеся в каждой стране или даже регионе или изыскательской организации свои традиции проведения испытаний. На эти факторы можно воздействовать в ходе работ волевым путем. К объективным факторам относятся обстоятельства, которые в данных конкретных условиях изменить невозможно.

Ниже будут перечислены далеко не все факторы, влияющие на точность измерений, но влияние каждого из них в отдельности, не говоря уже о совокупном воздействии, может быть весьма значительным. В качестве наглядного примера можно привести такой факт. В 1950-х годах голландский ученый Де Беер, исследуя намывные пески побережья Голландии, параллельно выполнил ряд испытаний штампами и статическим зондированием. В результате он пришел к выводу, что модуль деформации песков можно определить, используя зависимость $E=kq_c$, где E - модуль деформации, q_c - лобовое сопротивление грунта внедрению конуса, k - эмпирический коэффициент, равный 1,5. Величина данного коэффициента резко отличается от тех значений,

которые в дальнейшем были получены другими исследователями в СССР и за рубежом. Можно, конечно, объяснить это специфическими особенностями грунтов Голландии, как многие и считают. Но с точки зрения автора, это явный пример влияния субъективной оценки, то есть человеческого фактора. Дело в том, что при зондировании песчаных грунтов вблизи наконечника зонда непрерывно происходят два сменяющие друг друга процесса - уплотнение и выпор грунта в сторону. Эти циклические процессы приводят к тому, что в течение короткого времени результаты измерений резко меняются от минимального до максимального. Причем эти изменения происходят столь стремительно, что записи показаний приборов могут выполняться по-разному - фиксированием максимальных, минимальных или промежуточных значений. Кроме того, теоретически возможен (но при визуальной оценке трудно осуществим на практике из-за того, что скорость реакции оператора не позволяет ему успевать следить за показаниями приборов) чисто механический вариант записи, ориентированный строго на определенную глубину. Если допустить, что в данном случае оператор стремился записывать максимальные значения, приуроченные к фиксированным глубинам, то все объясняется просто: коэффициент k занижен именно поэтому. Если бы оператор записывал минимальные или даже осредненные величины, то этот коэффициент был бы близок к общепринятым впоследствии значениям 2,5-3,0. Между прочим, вопрос о том, какие именно показания приборов должны учитываться - максимальные, минимальные или осредненные - до сих пор не решен, да, очевидно, он и не ставился на рассмотрение. По-видимому, для разной постановки задач столь же разными могут быть и ответы. Или другой пример - система подготовки штанг к работе. В одном случае за штангами обеспечен надлежащий уход: их резьба исправна, при хранении зачищается металлической щеткой, протирается ветошью. В другом случае - все наоборот: штанги имеют дефекты резьбы (вздутия, искривления, загрязнения). В результате оператору приходится при стыковке штанг обильно смазывать резьбу смазочным маслом, применять чрезмерные усилия при ее затяжке. В этих двух случаях будут получены разные результаты измерений бокового трения. В отличие от первого во втором случае боковое трение резко снизится, вплоть до перехода в отрицательную зону. То же самое может произойти, если не принять меры по водоотводу.

Большую группу влияния объединяет прежде всего то, в какой степени технические характеристики установки или действия оператора способствуют или, наоборот, препятствуют появлению динамических воздействий на зонд. По степени ограничений динамических воздействий на зонд благоприятно выделяются установки первого типа (раннего периода применения). Это разборные установки на низкой раме с расположением зонда вблизи центра масс, закрепляемые анкерными сваями в четырех точках, расположенных симметрично и равноудаленно от центра. В России это первые установки типа УЗК-1, УЗК-2, УЗК-3. В дальнейшем по мере технического развития и стремления к повышению производительности стали применяться мобильные установки на транспортных шасси С-832, С-979 (мобильный вариант), СП-59, СП-72 и др. В результате рама механизма значительно поднялась над уровнем земли, расположение точки зондирования сместилось (в большинстве случаев к задней оконечности автомобиля). Все это привело к значительному увеличению динамического воздействия на зонд. Использование анкеров (одного или двух) несколько ослабило эти воздействия, но из-за податливости основания под ними это отразилось лишь на первых метрах зондирования. Точно так же, но в разной степени влияют и другие факторы, порой довольно заурядные, например указанные ниже.

Количество привлеченных операторов. Обычно для работы на установках старого типа при визуальной записи принято привлекать двух операторов. Один из них занят управлением процессом погружения и фиксацией показаний одного из измерительных приборов, второй - фиксацией показаний других измерительных приборов и записью всех показаний в журнал измерений. Зачастую в целях экономии фонда оплаты труда администрация привлекает вместо двух операторов одного, который управляет процессом погружения, фиксирует и записывает показания измерительных приборов. Естественно, точность записанных результатов в этом случае снижается.

Использование оператором штатных технических средств для крепления анкеров установки. Часто бывает, что оператор, получив задание на проведение зондирования на фиксированную сравнительно небольшую глубину, решает сэкономить рабочее время и отказывается от закручивания анкеров установки, полагая, что в этом случае собственного веса установки будет достаточно для ее стабилизации. В результате даже при достижении требуемой глубины результаты измерений будут иными, так как на них повлияют возникшие дополнительные разбалансировочные динамические усилия, действующие на зонд.

Значение рельефа. Зачастую точка зондирования располагается на участке понижения рельефа. Если не принять меры к его предварительному выравниванию, то скапливающаяся там свободная вода будет подсасываться в пространство между зондом и окружающим грунтом и выполнять роль смазки.

Расстояние до ближайших горных выработок. Допустимое расстояние от точки зондирования до геологических скважин в нормативных документах принято равным 3 м. На самом деле на практике часто бывает так, что места бурения скважин недостаточно хорошо «закрепляются» маркерами. Поэтому штанги часто уводят в сторону скважины, что приводит к соответствующим искажениям в показаниях приборов, которые, как правило, потом истолковываются неверно. Чтобы этого не происходило, рекомендуется в нормативных документах более строго регламентировать обязательность маркировки и очередность проведения работ (при преимущественной первоочередности статического зондирования) с использованием различного оборудования.

Факторы влияния многочисленны и многообразны. Например, даже погода и рельеф могут влиять на результаты зондирования: сильный порывистый ветер вызовет дополнительную горизонтальную вибрацию; наличие дождевой воды в котловане приведет к просадке брусьев под аутригерами, изменив тем самым выставленное первоначально вертикальное положение зонда; неровный рельеф заставит по-разному выставлять высоту аутригеров, в результате чего будут неодинаково блокироваться рессоры, а значит, возникнут дополнительные горизонтальные и вертикальные вибрации, вызванные разбалансированной установки.

Работа в зимнее время не позволяет, как правило, хорошо выровнять площадку работ. К тому же в зимнее время увеличивается гибкость штанг установки, поскольку требуется предварительное подбуривание мерзлого слоя. И хорошо, если в этом случае выставляется кондуктор, что не всегда бывает. Впрочем, его применение мало спасает положение, поскольку если возникает вибрация зонда, то она передается и на направляющую трубу - кондуктор. Грунт вокруг него разрушается, что влияет на жесткость закрепления кондуктора и, в свою очередь, увеличивает горизонтальные перемещения штанг зонда. Применение же кондуктора с внутренним диаметром, незначительно превышающим диаметр зонда, вызывает защемление штанг и дополнительное боковое трение. Использование анкера с проходной полостью для зонда на начальном этапе несколько стабилизирует положение установки, однако с ростом глубины вибрация платформы все же передается на анкер и он разбалтывается в грунте.

В борьбе за производительность труда вслед за стационарными разборными установками появились новые мобильные, закрепляемые на транспортном шасси. В результате возникли условия для проявления новых факторов влияния. Это нашло выражение прежде всего в том, что возникли динамические усилия, вызванные дисбалансом масс и появлением в штангах изгибающих переменных моментов. Как правило, зондирующее звено устанавливалось в задней оконечности автомобиля, к тому же на достаточно гибких высоких мачтах. Особо следует указать на негативное влияние рессор автомобиля. Рессоры и амортизаторы частично поглощают и консервируют энергию возникающих механических колебаний, снижают их амплитуду и вновь передают ее на зонд, трансформируя в высокочастотные колебания. О какой стабильности показаний приборов можно говорить, например, при использовании установки С-832? В монографии [3] на стр. 64 приведено фото этой установки в процессе работы. Она не оборудована аутригерами, стабилизация ее положения обеспечивается только двумя анкерными сваями, а значит, дана на откуп операторам, которые могут их недостаточно завернуть или, наоборот, перекрутить, встретив включения, и тем самым ослабить грунт. Кроме того, при использовании

анкерных свай стабилизация и устойчивость установки поставлена в зависимость от жесткости грунтов основания анкерных свай. Установка платформы автомобиля на аутригеры, казалось бы, снижает негативное влияние рессор, выключает их из работы. Но это далеко не всегда так, поскольку, если не вывешивать колеса (а для большинства легких и средних установок старого типа их не вывешивают и применяют только для выравнивания платформы), то это приводит к ограничению перемещения платформы вниз, но не ограничивает ее перемещение вверх. В результате динамические нагрузки на платформу усиливаются за счет включения в работу рессор, а постепенная просадка брусьев, установленных под аутригеры, еще больше их усиливает.

Таким образом, мы видим многообразие факторов влияния, причем их не всегда можно предусмотреть. Как, например, можно предусмотреть прохождение тяжелого грузового состава по находящейся вблизи железной дороге или внезапное появление на строительной площадке техники, работа которой сопровождается вибрацией. А ведь это тоже влияющие факторы.

Практика применения статического зондирования раз за разом показывает значительную нестабильность результатов измерений не только в пределах одного инженерно-геологического элемента (ИГЭ), но и в расположенных рядом друг с другом точках. Обычно это принято объяснять неоднородностью грунта. Основываясь на собственном опыте изучения зондирования грунтов в массиве, В.И. Ферронский [4, с. 217] замечал: «Полученные экспериментальные данные о распределении свойств грунта в массиве свидетельствуют о том, что в природных условиях практически отсутствуют однородные толщи грунтов». Многие ученые придерживаются того же мнения и поэтому не удивляются, встречая, например, значительный разброс предельных сопротивлений при натурных испытаниях свай и статическом зондировании (рис. 1 [3, с. 286]), хотя следовало бы задуматься о том, как в пределах одного ИГЭ и в соседних точках разница между максимальным и минимальным значениями может достигать 300%.

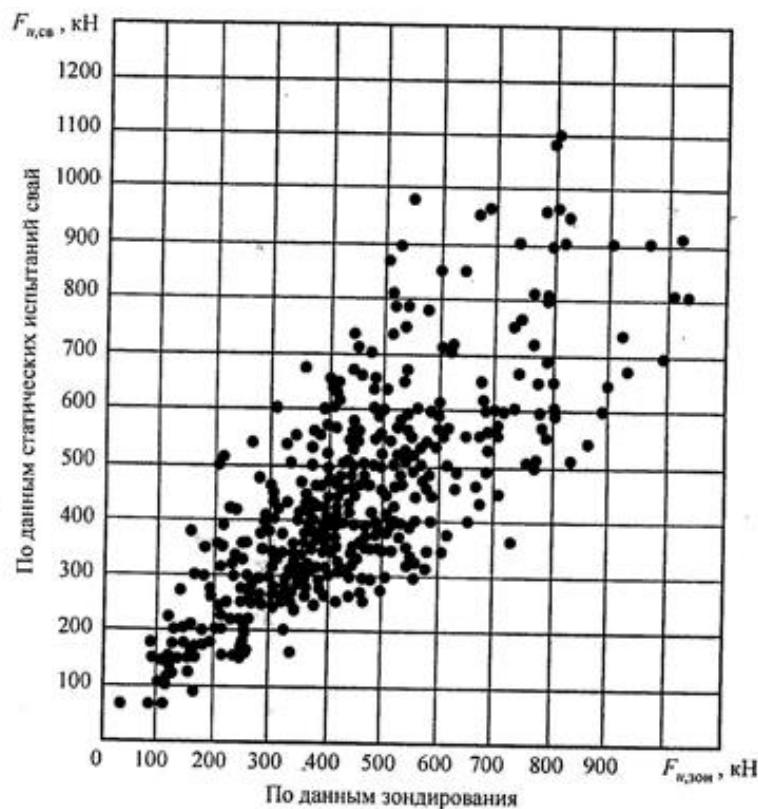


Рис. 1. Сравнение предельных сопротивлений свай, определенных расчетом согласно СНиП 2.02.03-85 по данным зондирования установкой С-832, имеющей зонд второго типа ($F_{u,zon}$), с предельными сопротивлениями, определенными путем статических испытаний натурных свай ($F_{u,cs}$) [3, с. 286]

Нестабильность показаний приборов явно прослеживалась и в специальных исследованиях, когда сопоставлялись результаты зондирования в точках, удаленных друг от друга всего на 1-2 м. На диаграмме рассеяния, представленной на рис. 2 [3, с. 172], разброс минимальных и максимальных значений полевых показателей прочности в смежных точках также достигает 250-300%. И это, судя по индексу трения, происходит в пылевато-глинистых грунтах, как правило, отличающихся наибольшей стабильностью своих характеристик. Автор работы [3] признается, что разброс значений оказался значительно большим, чем можно было бы ожидать. Следует подчеркнуть, что эти исследования были достаточно корректными. Они проводились с использованием одних и тех же конуса, установки, базовой машины одной и той же бригадой операторов в условиях одинакового однородного рельефа. Можно лишь предполагать, насколько большим оказался бы разброс, если бы упомянутые условия не были выполнены. Кстати, в той же работе упоминаются столь же уникальные параллельные сопоставления результатов зондирования тремя различными установками, выполненного на различных по генезису и литологии площадках. На каждой площадке размером 2×3 м было по 30 точек зондирования. К сожалению, ни таблиц, ни диаграмм рассеяния ни для одной из площадок в книге [3] не приводится. Вероятно, результаты сопоставления были совершенно загадочными для руководителей исследований, поэтому они решили их не публиковать, о чем, конечно, можно сожалеть, поскольку это, безусловно, весьма ценные сведения. Отдельные же сравнения осредненных значений в данном случае малоинтересны, поскольку они затушевывают истинную картину физических процессов в грунте. Кроме того, как показывает опыт, такие сравнения обычно тенденциозны, поскольку над исследователями всегда довлеет дилемма, каким образом оправдать затраченные средства, если ожидаемый результат не выявлен должным образом.

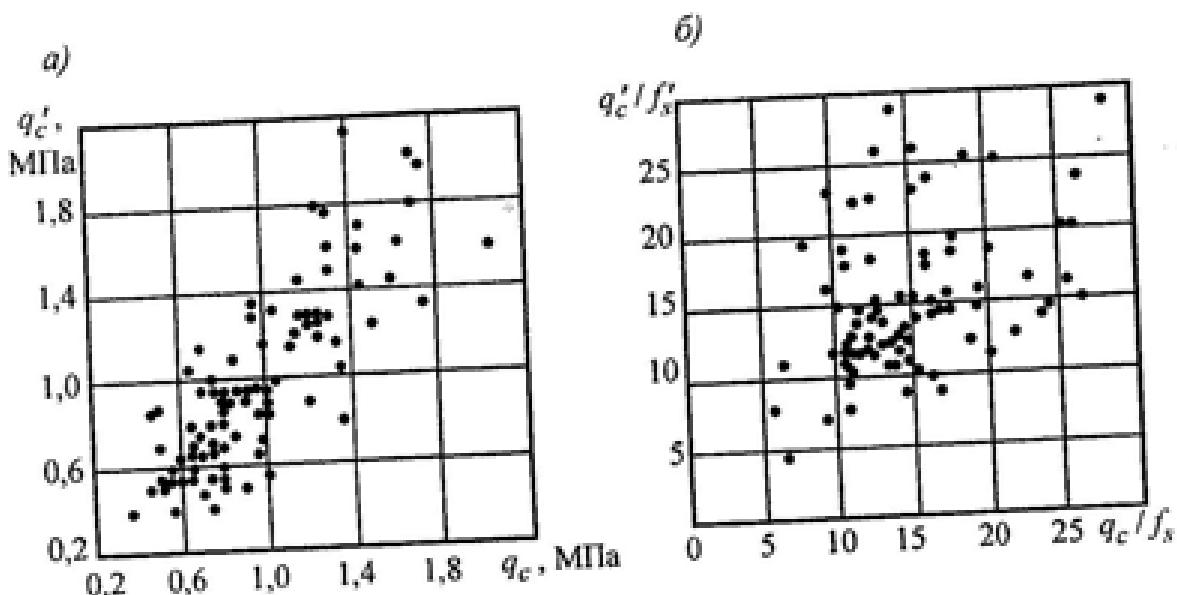


Рис. 2. Диаграммы рассеяния, полученные при сопоставлении результатов зондирования в двух соседних точках, отстоящих друг от друга на 1-2 м, на одинаковой глубине: а - при сравнении сопротивлений под конусом (q_c и q'_c); б - при сравнении индексов трения (q_c/f_s и q'_c/f'_s) [3, с. 172]

Самым удивительным оказывается, что во всех случаях наблюдаемого разброса полевых показателей прочности или производных от них величин, объясняемых якобы неоднородностью грунта, эта **неоднородность не подтверждается результатами других исследований, прежде всего лабораторных испытаний**. Несмотря на это, интерес к данному факту обычно не возникает и разумных объяснений ему не приводится.

Практический опыт и приведенные примеры свидетельствуют, что **нестабильность результатов измерений и основанных на них расчетов кроется не в неоднородности грунта и не в несовершенстве методов расчета, а в факторах влияния случайного, периодического,**

климатического, технологического характера, в отличительных особенностях конструктивных решений установок. В этой связи неудачными, хотя, безусловно, и имеющими некоторое основание, кажутся выводы, что «полученные корреляционные зависимости при обработке результатов полевых испытаний грунтов имеют региональный характер» [2]. Такие выводы уводят от учета действительных (а не мнимых) факторов влияния. Если бы в Москву в полном составе вместе с собственной техникой переехали специалисты, например, из Питера или Стокгольма, то региональные зависимости для Москвы изменились бы. Поэтому всегда следует осознавать, что **любые полевые оценки на нынешнем уровне наших знаний пока еще отражают не только свойства грунта, но и сложившийся уровень техники, профессиональных навыков и организации труда.** При их изменениях поменяются и корреляционные соотношения для того же самого региона.

О региональном характере интерпретационных связей говорится не впервые. Это следует из результатов ряда зарубежных и отечественных исследований. Например, профессор М.С. Захаров высказывает мнение, что интерпретационные процедуры требуют всестороннего рассмотрения геологических условий региона [1]. Когда упоминаются модели интерпретации, всегда возникает ощущение формального подхода к данной теме, выражающегося в непоколебимой вере в незыблемость и всестороннее совершенство стандартов по зондированию, в то, что полевые характеристики зондирования всегда адекватно отражают геологическую среду. Эта слепая вера порождает другое заблуждение, высказанное тем же автором: «Ни один из полевых методов исследования строения грунтовых массивов, состояния и свойств грунтов не дает такой разносторонней и комплексной информации, которая позволяет понять и объяснить неоднородность геологической среды». Между тем само зондирование как чрезвычайно чувствительный механический метод порождает ложные представления о такой неоднородности.

Из перечисленных выше факторов постоянно присутствуют и оказывают наиболее значимое воздействие на результаты зондирования те из них, в результате влияния которых в штангах и конусе зонда возникают усилия¹, которые не вписываются в теоретическую концепцию самого метода зондирования (поэтому они долгое время оказывались вне внимания). Этот вывод следует из прямых и косвенных наблюдений за некоторыми объективными фактами, а именно:

- из опыта непосредственных наблюдений за скачкообразными стремительно меняющимися показаниями измерительных приборов, позволяющих отслеживать эти показания в режиме реального времени;
- из характерных очертаний графиков зондирования, на которых прослеживается незакономерное поведение грунта;
- из сопоставления фактической и расчетной (по данным зондирования) несущей способности свай;
- из аналитической оценки результатов исследований, приведенных в трудах [3, 4] и др. ;
- из субъективных оценок (опытный оператор или просто внимательный наблюдатель при проведении работ может точно оценить степень вибрации зонда по своим непосредственным ощущениям);
- из наблюдений за лентой самописца, но не при стандартном масштабе записи, когда виброколебания скрываются, а при увеличении скорости подачи ленты, то есть при укрупнении масштаба до уровня, при котором они могут быть выделены достаточно четко и надежно;

¹ Здесь имеются в виду динамические усилия. Будем в дальнейшем называть всю группу связанных с ними факторов термином «динамический фактор».

- из результатов множества других аналитических наблюдений, часть которых будет приведена в следующей публикации.

В последнее время ведущие производители оборудования, такие как компании «Фугро», «Технотест» и др., разрабатывая новые конструкции и пытаясь добиться погружения зонда на максимально возможную глубину, одновременно предпринимают усилия по снижению возможной динамической нагрузки на зонд, объясняя это, по-видимому, стремлением предотвратить его поломку. С этой целью они увеличивают вес установки, исключают влияние рессор, полностью вывешивая ее на аутригеры, отказываются от применения анкеров, размещают ось зонда вблизи центра масс. В стремлении избавиться от вредного влияния усилий, вызванных разбалансированной массой, фирма «Фугро» в последнее время даже стала выпускать установки с балластными емкостями, предназначеными для еще более тщательной балансировки установки. Благодаря этому устраняются если не все, то многие из перечисленных выше факторов влияния (естественно, кроме тех, которые носят системный характер). В журнале «Инженерные изыскания» № 8 за 2009 г. был опубликован ряд статей, посвященных опыту применения установок «Фугро». К сожалению, там не приведены сведения об их эксплуатационных качествах, о том, насколько они соответствуют заявленным характеристикам, о количестве и характере их отказов, об издержках их содержания. Между тем установки подобного типа в случае их широкого использования позволяют добиться хоть какого-то единства в методике и условиях применения метода статического зондирования, столь важных именно в таком особенно чувствительном методе исследований. В перспективе можно ожидать, что для объектов особо серьезного назначения международные стандарты примут рекомендации по использованию установок именно такого рода в качестве обязательных.

Наряду с указанным оборудованием останется, конечно, ниша и для легких и средних установок в тех случаях, когда доставка тяжелых механизмов затруднена из-за удаленности и труднодоступности территорий изысканий, когда работы ведутся в условиях стесненности и труднодоступности объектов городской и промышленной инфраструктуры. Однако даже при работе с использованием установок «Фугро» современного типа полностью не исключена возможность появления непредвиденных факторов влияния, например, если во время зондирования прошел дождь и появились динамические усилия, вызванные изменениями уровня плоскости платформы вследствие просадки аутригеров, опирающихся на недостаточно плотные внезапно увлажненные грунты. Большое значение имеет сохранение неизменной вертикальности зонда вдоль всей длины зондировочной скважины, что, конечно, является весьма трудной задачей. Ведь если зонд встретит на пути достаточно крупное включение, то вызванное этим отклонение приведет не только к его изгибу, но и, как следствие, к появлению дополнительных динамических усилий. Таким образом, даже при исключительной однородности грунта результаты зондирования будут отличаться от таковых в соседней точке, в которой зонд не коснется таких включений.

До сих пор речь шла о причинах нестабильности результатов зондирования, в основном эпизодических, природного или рукотворного характера. Наряду с ними есть и постоянно действующие факторы влияния, собственно, и определяющие статическое зондирование как физический процесс взаимодействия зонда с грунтовой средой. Таким фактором (точнее, основным механизмом, определяющим суть и содержание статического зондирования) являются **механические колебания зонда системного характера, являющиеся неотъемлемым компонентом самого метода как такового** и потому ставящие под сомнение определение данного вида зондирования как статического. Этот механизм будет подробно рассмотрен в следующей публикации.

Список литературы

1. Захаров М.С. Статическое зондирование в инженерных изысканиях // Стройпрофи. 2012. № 6. URL: <http://stroy-profi.info/archive/11118>.

2. Каширский В.И. Зарубежный опыт статического зондирования // Инженерные изыскания. 2009. № 8. С. 28-36.
3. Рыжков И.Б., Исаев О.Н. Статическое зондирование грунтов: монография. М.: АСВ, 2010, 496 с.
4. Ферронский В.И. Пенетрационно-каротажные методы инженерно-геологических исследований: теория и практика применения. М.: Недра, 1969. 240 с.

Выходные данные: Журнал «Инженерные изыскания», №1/2014, С. 38-43