

СТАТИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ НА ОБОРУДОВАНИИ «ФУГРО» (FUGRO)

ШОКАЛЬСКИЙ М.Ю.

Ведущий инженер-геолог ООО «Геоинжсервис»

ВАНЬКОВ Д.А.

Ведущий специалист ООО «Геоинжсервис»,
канд. геол.-минерал. наук

Ключевые слова: статическое зондирование, полевые методы исследования, «Фугро».

Аннотация: в статье анализируется опыт проведения статического зондирования на оборудовании компании «Фугро» (Fugro). Рассматриваются современные возможности полевых методов изучения грунтов на базе установки статического зондирования.

Key words: Cone Penetration Testing, in situ testing, Fugro.

Abstract: an experience of Cone Penetration Testing using state-of-art Fugro equipments is analyzed. Modern features of in situ testing on the basis of CPT unit are considered.



Некоторые типы конусов, производимых компанией «Фугро» (Fugro)

Применение полевых методов в изысканиях повышает точность и достоверность инженерно-геологической оценки площадки строительства. В изыскательской практике широко используются штамповые испытания, прессиометрия, статическое и динамическое зондирование, испытания крыльчаткой. Каждый из методов имеет свою область применения, свои плюсы и минусы, свои ограничения в использовании. В зависимости от сложности исследований и стоимости оборудования также меняется и стоимость их проведения. В предлагаемой статье рассматривается многолетний опыт применения наиболее универсального и распространенного метода — статического зондирования — с использованием оборудования, созданного голландской компанией «Фугро» (Fugro).

Решаемые задачи

Статическое зондирование позволяет оперативно и качественно решать широкий комплекс задач — от выделения инженерно-геологических элементов (ИГЭ) до расчета параметров свойств грунта и несущей способности свай. Зондирование всегда выполняется в комплексе с бурением скважин для отбора образцов нарушенного и ненарушенного сложения с последующими лабораторными исследованиями. Если отбор образцов грунта и проведение лабораторных работ позволяют охарактеризовать профиль грунта в точках отбора образцов, а полученные в отдельных точках свойства грунта экстраполировать на весь массив (в соответствии с делением на ИГЭ), то статическое зондирование позволяет получать непрерывные данные в каждой точке разреза грунта. При ежесекундной частоте считывания данных параметры зондирования (лобовое сопротивление конусу, трение по муфте и дополнительные параметры) считываются через каждые 2 см. Это позволяет получить большой массив данных, полностью характеризующий разрез грунта в точке зондирования, что является основным преимуществом статического зондирования перед бурением и другими полевыми методами.

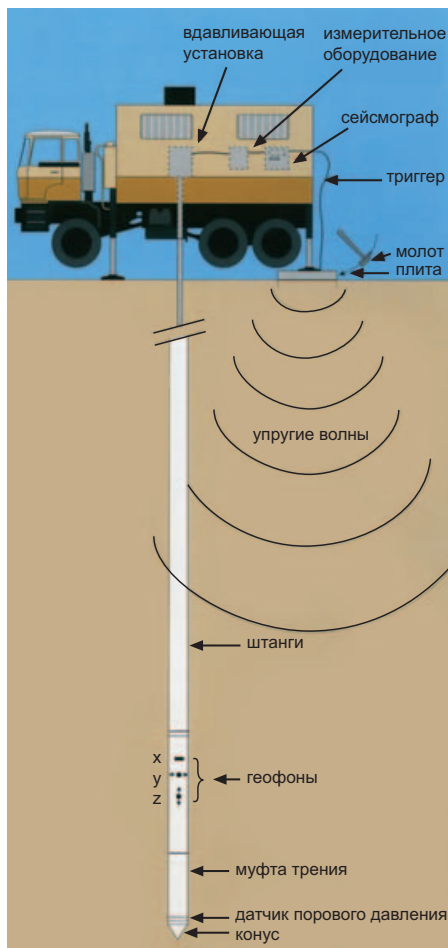


Схема сейсмостатического зондирования

Данные статического зондирования с подобным разрешением и подобной точностью целесообразно использовать для предварительного выделения ИГЭ, планирования отбора образцов грунта, расчетов его нормативных показателей.

Важно понимать, что для качественного решения этих вопросов необходимо выполнение следующих условий:

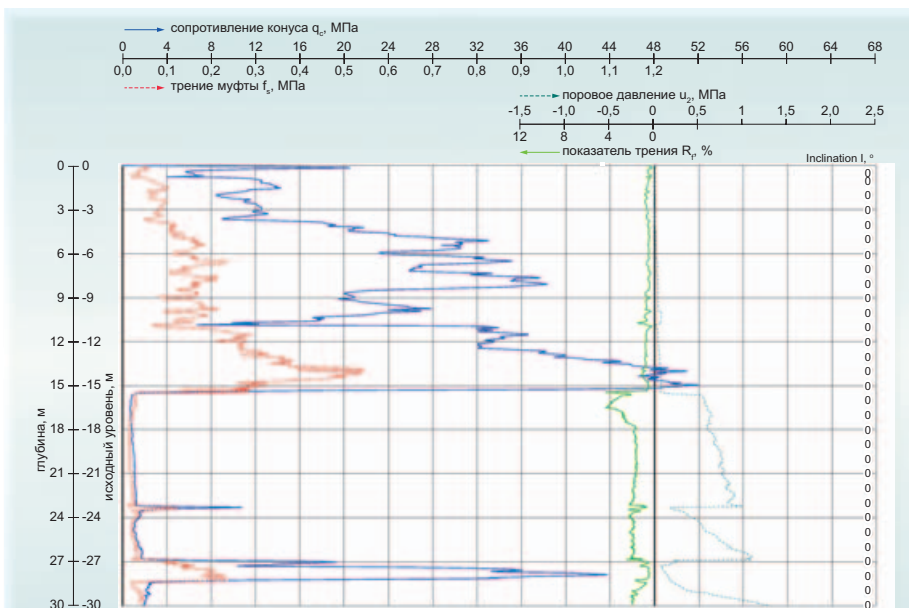
- измерительное оборудование должно обеспечивать требуемую точность и надежность, позволять снимать и записывать показания каждую секунду;
- конусы и штанги должны обладать высокой механической прочностью, чтобы выдерживать большие нагрузки во время вдавливания и извлечения оборудования (современное оборудование «Фугро» позволяет достичь уровня отказа 65–70 МПа и более);
- типовая установка на базе грузовика должна быть спроектирована особым образом для того, чтобы развивать усилие на вдавливание до 18–20 т. Чем глубже выполняется зондирование, тем больший объем данных анализируется и используется в построении модели грунта;
- контроль оператора за испытанием должен происходить в режиме реального времени (следует отметить, что в каждый конус встроено два на-



Установка статического зондирования ООО «Геоинжсервис»



Проведение сейсмического теста при сейсмостатическом зондировании



Пример данных статического зондирования. За слоем плотного песка следует глинистый грунт мягкопластичной консистенции

Дополнительные возможности исследований при статическом зондировании

- **Измерение порового давления.** Кроме непосредственного измерения порового давления в процессе испытания возможно проведение теста на рассеивание порового давления, по результатам которого можно оценить фильтрационные и консолидационные свойства грунта.
- **Выполнение сейсмических измерений.** Встроенные в конус геофоны обеспечивают регистрацию сейсмических волн, которые создаются специальным источником на поверхности или в соседней скважине. Сочетание статического зондирования и геофизического теста называется сейсмостатическим зондированием. Выполнение этого теста во много раз дешевле, чем проведение аналогичных геофизических работ.
- **Измерение электропроводности** грунта встроенными электродами.
- **Магнитометрия.** В Германии, к примеру, выполнение статического зондирования с магнитометрией является обязательным видом работ на площадке строительства. Связано это с большим количеством боеприпасов, оставшихся в земле со времен Второй мировой войны.
- **Проведение прессиометрии.** Прессиометрический модуль устанавливается непосредственно над конусом, а оборудование располагается в «кунге» установки статического зондирования.
- **Экологические исследования.** Для обнаружения загрязняющих веществ используется несколько типов зондов. Один из наиболее широко применяющихся — зонд для обнаружения углеводородов. Такое оборудование позволяет определить наличие загрязнителя и его тип. Комплект подобного оборудования, смонтированный на базе установки статического зондирования, позволяет в течение одного-двух дней оконтурить зону загрязнения, выявить направление распространения загрязнителя, спланировать места бурения скважин и глубины отбора грунта для лабораторных исследований с целью определения концентрации загрязнителя. Использование такого оборудования позволяет значительно снизить стоимость экологических работ, связанных с локализацией загрязняющих веществ.

правленных инклинометра, позволяющих записывать угол отклонения конуса, что необходимо как для возможной коррекции глубины внедрения конуса, так и для снижения риска его слома на камне);

- должна существовать налаженная система контроля качества (состояние каждого конуса физически и

электронно проверяется перед тестом и после его выполнения, а результаты проверки прикладываются к каждому отчету).

Дополнительные возможности

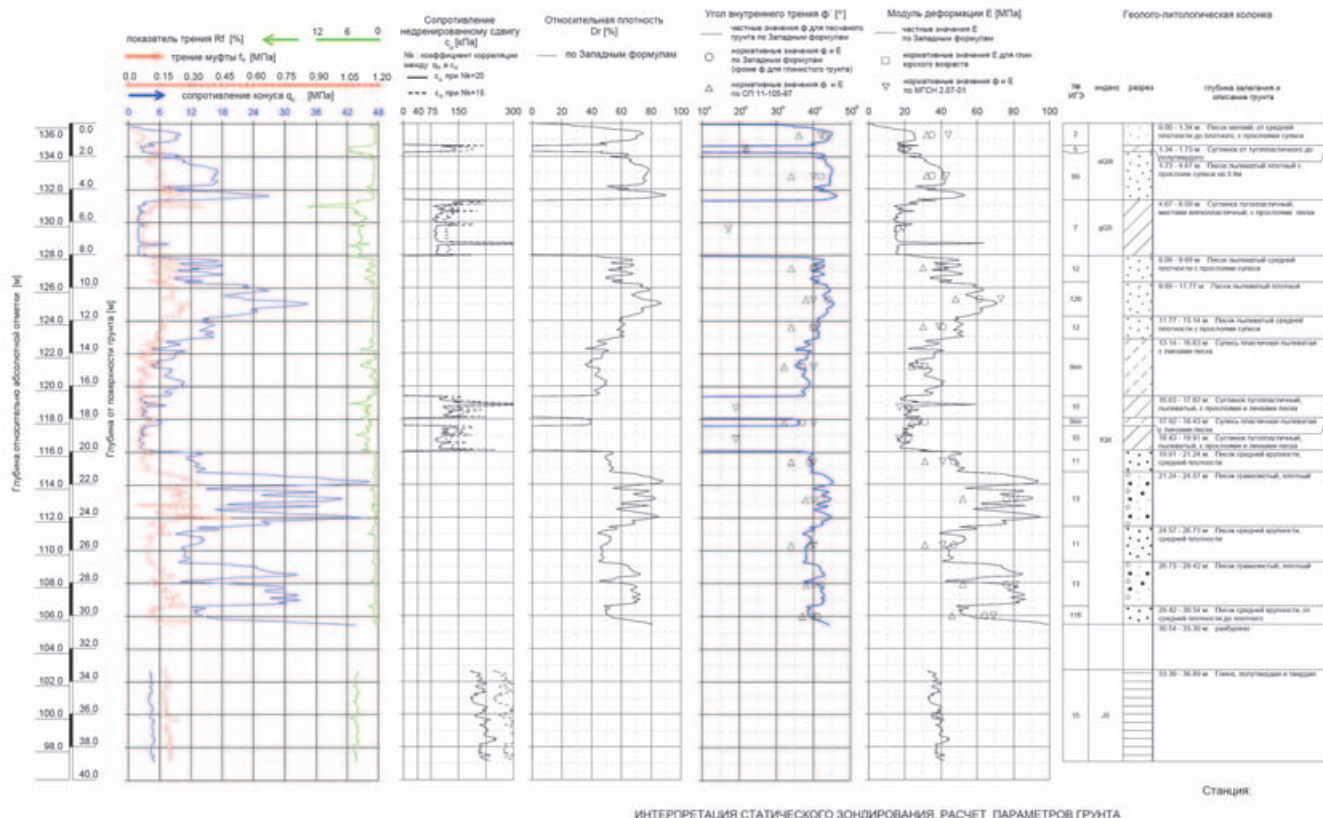
Одновременно с проведением статического зондирования могут выполняться дополнительные измерения, ко-

торые возможны благодаря особым датчикам, встраиваемым в конус, или специальным измерительным модулям, устанавливаемым непосредственно над конусом (см. *Дополнительные возможности...*).

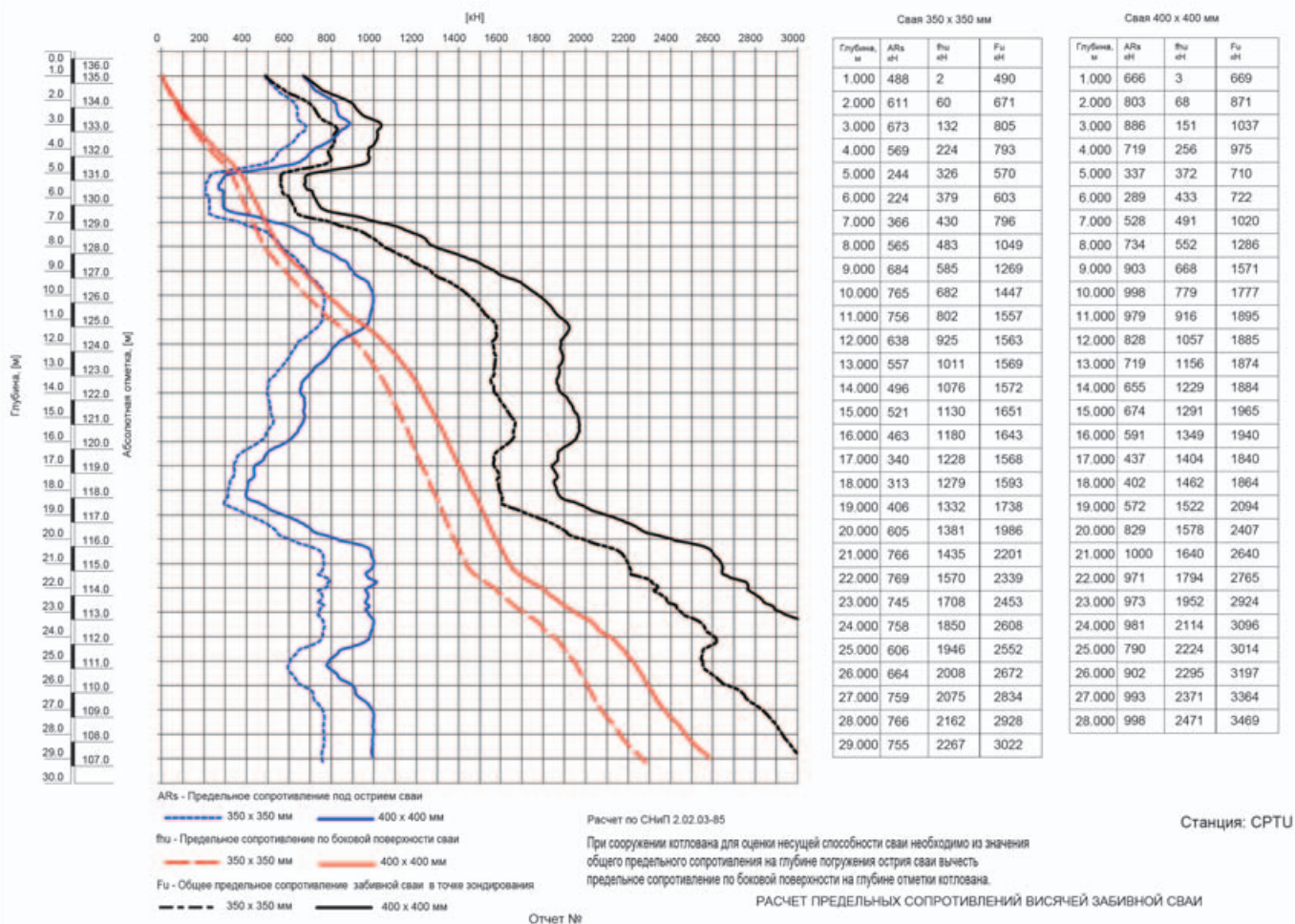
На территории Российской Федерации наиболее часто выполняются работы, связанные с дополнительными измерениями порового давления и осуществлением сейсмостатического зондирования. Возможность использования метода статического зондирования как базового для проведения дополнительных измерений позволяет добиться оптимальных технико-экономических результатов. С учетом того, что предварительные результаты зондирования доступны, как правило, непосредственно после окончания тестирования, то задержки, связанные с традиционными методами выполнения работ, практически исключаются.

Обработка и использование данных

Очень важно не только получить данные, но и правильно их обработать и представить. Чем сложнее и технологичнее оборудование, тем больший объем информации необходимо проанализировать и тем более сложные процедуры обработки данных используются. В своей работе по обработке, интерпретации и подготовке графических приложений специалисты ООО



Примеры представления данных в отчете с помощью программы GEODIN



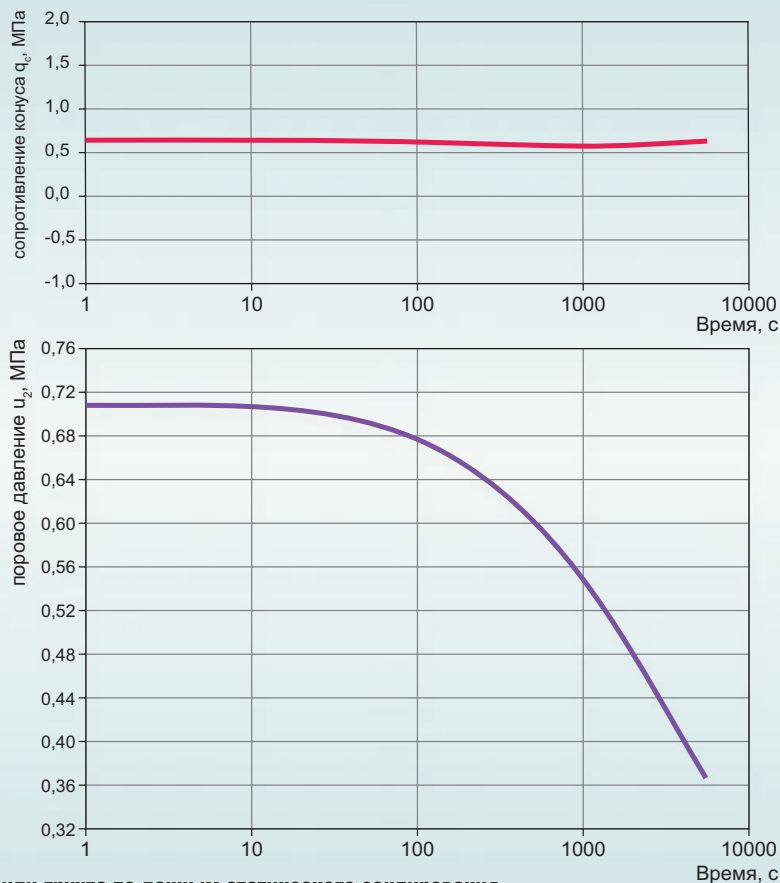
Примеры представления данных в отчете с помощью программы GEODIN

«Геоинжсервис» используют программы UNIPLOT (Нидерланды) и GEODIN (Германия).

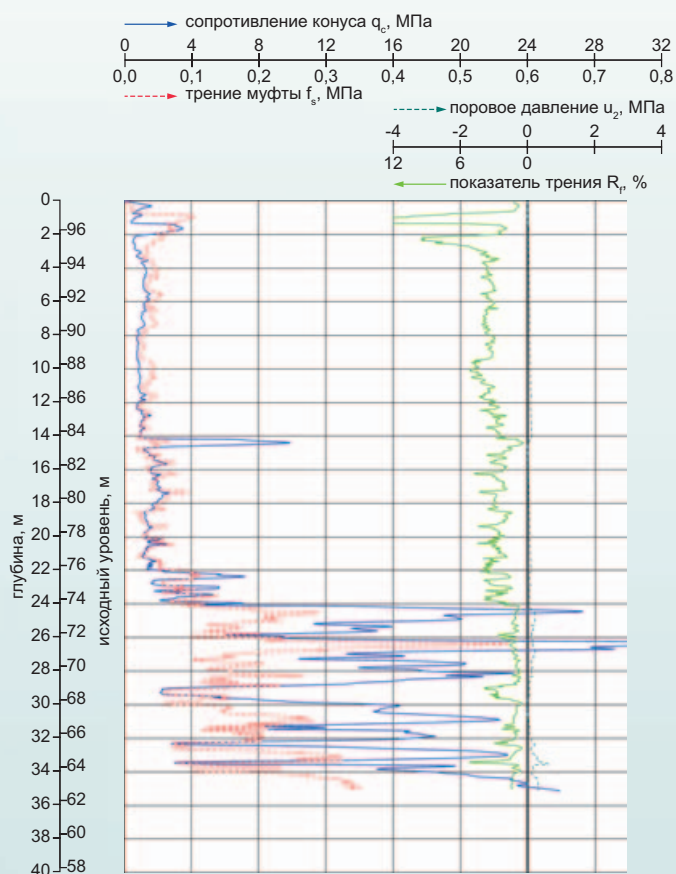
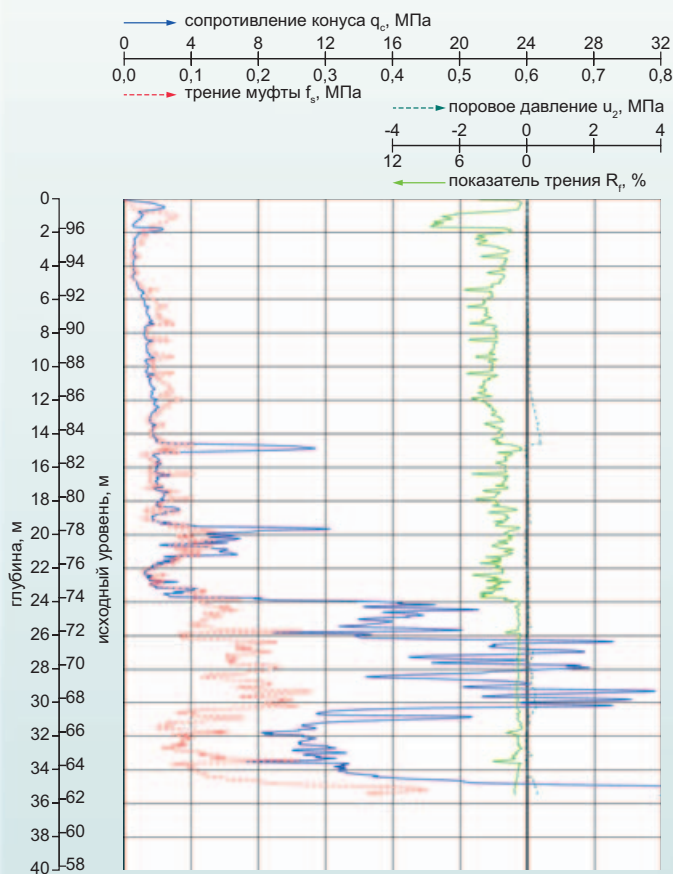
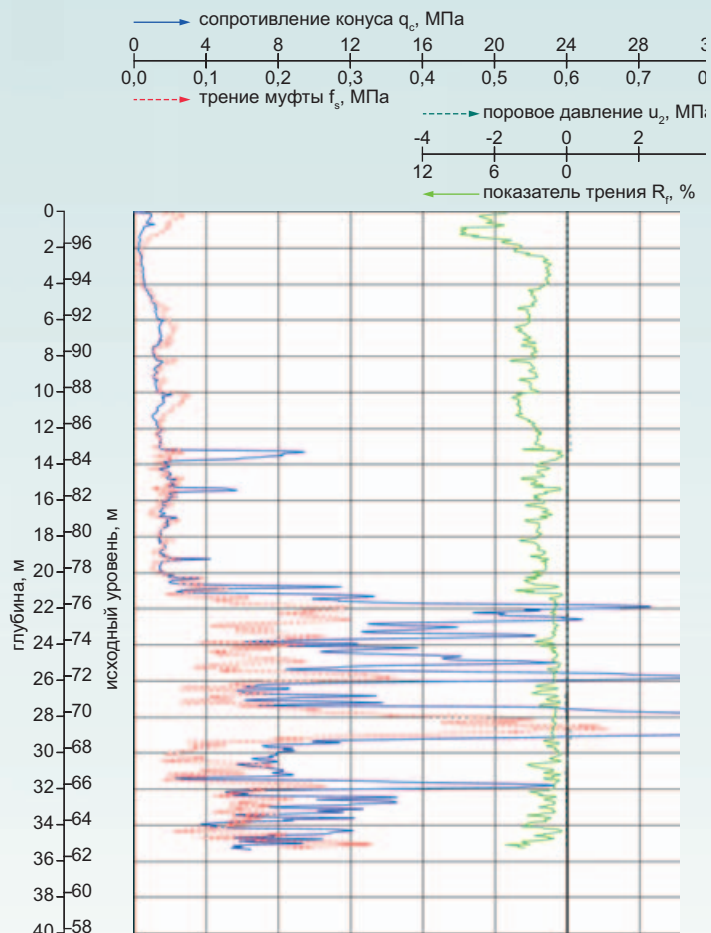
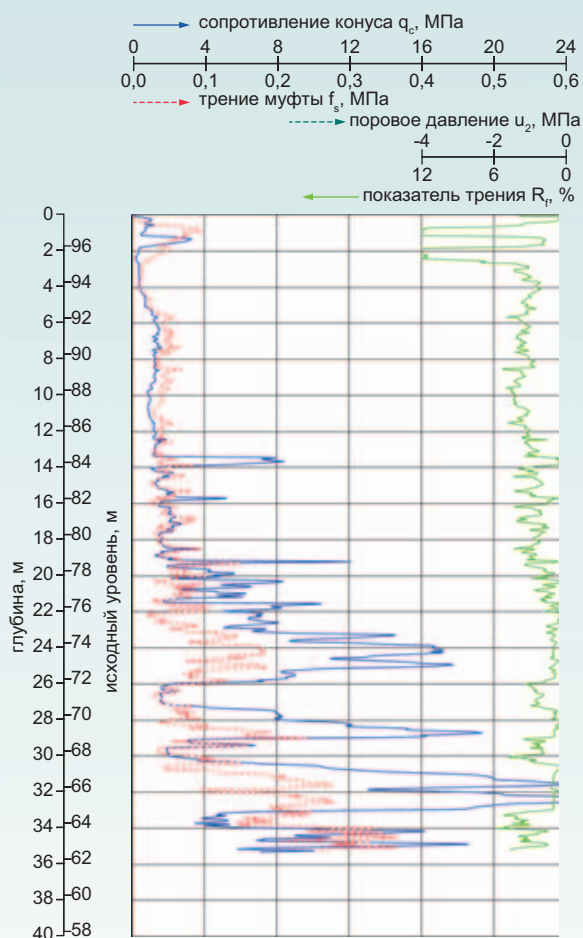
Программа Uniplot позволяет осуществить обработку данных, проверить их качество, внести дополнительные параметры, провести интерпретацию грунта и распечатать готовые графики в различных форматах.

Интерпретация грунта проводится на основе сопоставления отношения трения к лобовому сопротивлению и значений лобового сопротивления с учетом влияния порового давления и глубины залегания грунта. На основе деления на типы грунта применяются различные формулы для подсчета характеристик грунта, выполняется расчет несущей способности свай.

Окончательные результаты расчетов вносятся в базу данных программы GEODIN, с помощью которой создаются графические приложения, позволяющие комбинировать различные наборы данных для максимальной наглядности. Все полученные значения можно легко сопоставить друг с другом и оценить изменчивость свойств грунтов в каждой точке статического зондирования.



Профили грунта по данным статического зондирования



Результаты теста по рассеиванию порового давления

Закключение

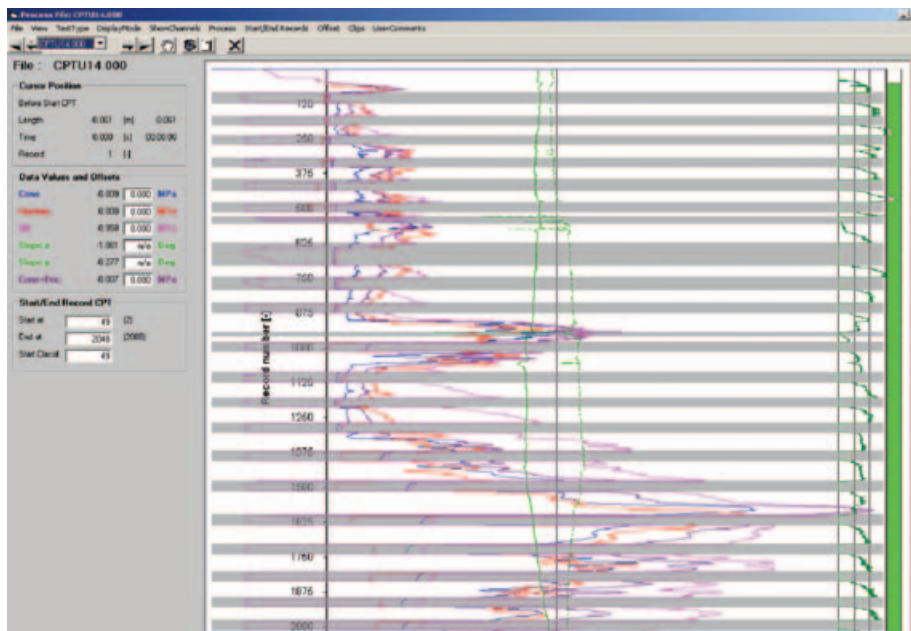
Как и любой метод, статическое зондирование имеет свои ограничения, которые связаны, как правило, с типом грунта. Не везде возможно провести тестирование, не всегда возможно достичь проектной глубины. Но в подавляющем большинстве случаев применение статического зондирования возможно и даже желательно.

К сожалению, технологический уровень отечественного оборудования пока существенно отстает от западных аналогов. Именно это отставание и порождает скептическое отношение некоторых специалистов и к самому методу, и к его роли в изысканиях. Хотелось бы подчеркнуть основные положительные стороны СРТ:

- технологический уровень современного оборудования и встроенный аппаратный контроль качества позволяют полностью доверять полученному результату;
- применение тяжелых установок позволяет выполнять глубокое и очень глубокое зондирование;
- благодаря автоматизации установки и автоматической системе записи сигнала риск ошибки, связанной с человеческим фактором, снижен до минимума.

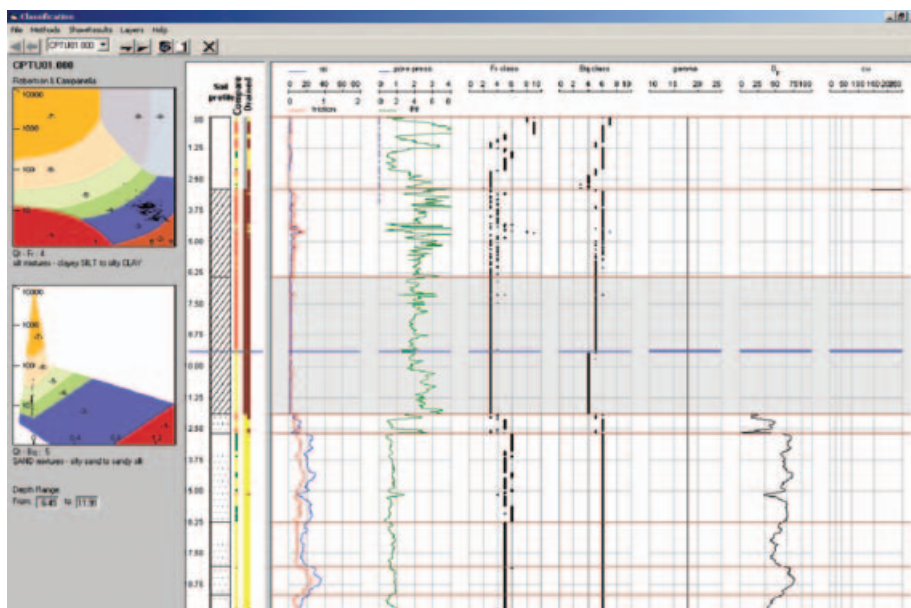
Точное современное измерительное оборудование, продуманная техника для его внедрения, система контроля качества и современные средства по обработке, интерпретации и предоставлению данных — залог высокого качества получаемых результатов. Применение современного оборудования позволяет значительно повысить изученность площадки строительства, снизить риски, связанные с грунтовыми условиями, и сроки проведения работ, так как установка «Фугро» (Fugro) способна выполнять до 150 погонных метров зондирования в день, а предварительные результаты доступны сразу после тестирования.

Напоследок отметим, что наш опыт взаимодействия с иностранными заказчиками изысканий свидетельствует о том, что возможность выполнения качественного статического зондирования, представление данных в привычной заказчику форме и с соблюдением «европейских» сроков выполнения работ существенно повышает конкурентоспособность компании. Это объясняется тем, что за рубежом статическому зондированию отводится гораздо большая роль, чем в России.



Обработка и интерпретация данных в программе UNIPLLOT

Обработка и интерпретация данных в программе UNIPLLOT



Обработка и интерпретация данных в программе UNIPLLOT