

**Болдырев Г.Г.**

**РУКОВОДСТВО  
ПО ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ИСПЫТАНИЙ  
МЕТОДАМИ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Москва 2017

УДК 624.131

ББК 26.3

Б79

Б79

**Болдырев Г.Г.**

Руководство по интерпретации данных испытаний методами статического и динамического зондирования для геотехнического проектирования [Текст]: монография / Г.Г. Болдырев. – М.: ООО «Прондо», 2017. – 476 с.

**ISBN 978-5-60404-50-0-8**

Приведен обзор исследований свойств дисперсных немерзлых грунтов методами статического и динамического зондирования в нашей стране и за рубежом за последние десятилетия. Рассмотрены основные методы интерпретации данных зондирования с целью определения вида грунтов и их физико-механических свойств для геотехнического проектирования. Показаны возможности технологии комплексных инженерно-геологических исследований, включая проектирование оснований в процессе полевых испытаний грунтов.

Для сотрудников изыскательских и проектных организаций, бакалавров и магистров строительных и инженерно-геологических специальностей.

**ISBN 978-5-60404-50-0-8**

© ООО «Прондо», 2017  
© Болдырев Г.Г., 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

Глава 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПОНЯТИЯ.....	9
Введение.....	9
1.1. Область применения.....	9
1.2. Характеристика площадки инженерно-геологических изысканий.....	9
1.2.1. Методы зондирования.....	10
1.2.2. Специфические методы испытаний.....	11
1.2.3. Идеальная процедура проведения инженерно-геологических исследований.....	11
1.2.4. Конусный пенетрометр в качестве инструмента для зондирования.....	12
1.2.5. Общее описание метода испытаний.....	13
1.3. Интепретация данных испытаний.....	17
Глава 2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ.....	18
Введение.....	18
2.1. Стандартный комплект для испытаний.....	18
2.2. Конструкции электрических зондов.....	20
2.3. Измерение порового давления.....	21
2.4. Передача данных и кабельные системы.....	24
2.5. Штанги.....	24
2.6. Регистратор.....	25
2.7. ГИС и полевые координаты GPS.....	27
2.8. Измерение глубины пенетрации.....	27
2.9. Машины для статического зондирования.....	27
2.10. Тампонирование отверстий.....	30
2.11. Последние разработки.....	32
2.11.1. Зонды с беспроводной передачей данных измерений.....	32
2.11.2. Многофункциональные зонды.....	33
2.11.3. Зонды для офшорных исследований.....	33
Глава 3. ТЕХНОЛОГИЯ ИСПЫТАНИЙ.....	37
Введение.....	37
3.1. Изменяемые параметры.....	37
3.2. Процедуры калибровки зонда.....	41
3.2.1. Калибровка датчиков лобового сопротивления и сил трения.....	42
3.2.2. Калибровка датчика порового давления.....	44
3.3. Процедуры испытаний.....	48
3.3.1. Насыщение системы измерения порового давления.....	48
3.3.2. Процедура CPTU испытания.....	50
3.3.3. Процедура испытания на рассеивание порового давления.....	51
3.4. Требования к техническому обслуживанию для обеспечения качества.....	52
3.4.1. Проверка и повторная калибровка.....	52

Глава 4. ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ .....	54
Введение.....	54
4.1. Влияние неравенства площади .....	54
4.2. Влияние положения датчика порового давления, размер, тип и насыщенность .....	55
4.3. Температурные эффекты .....	60
4.4. Измерения отрицательных сил трения.....	60
4.5. Наклон .....	61
4.6. Смещение силы трения на муфте .....	61
4.7. Нормализация напряжений .....	62
4.8. Оценка данных измерений .....	64
4.9. Неопределенность данных измерений .....	65
4.9.1. Надежность СРТ-испытаний .....	68
4.9.2. Статистический анализ повторяемости СРТ-данных.....	69
4.9.3. Предварительная обработка СРТ-данных.....	70
4.9.4. Функция предельного состояния .....	72
4.9.5. Калибровка на основе надежности.....	74
4.10. Представление данных .....	74
Глава 5. ИСПЫТАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИМ ЗОНДОМ.....	75
Введение.....	75
5.1. Методология .....	76
5.2. Оборудование .....	76
5.2.1. Сейсмометр/акселерометр.....	77
5.2.2. Ударная балка .....	78
5.2.3. Молот.....	79
5.2.4. Оборудование для регистрации данных .....	79
5.2.5. Триггер .....	80
5.2.6. Множественные сейсмометры.....	80
5.2.7. Ориентация зонда.....	82
5.3. Процедура испытания.....	82
5.4. Анализ данных измерений .....	82
Глава 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРАТИГРАФИИ.....	88
6.1. Факторы, влияющие на интерпретацию .....	88
6.1.1. Конструкция зонда .....	88
6.1.2. Грунтовые условия.....	88
6.1.2.1. Напряжения от собственного веса грунта .....	88
6.1.2.2. Сжимаемость .....	88
6.1.2.3. Цементация и возраст .....	89
6.1.2.4. Размер частиц .....	89
6.1.2.5. Скорость пенетрации .....	89
6.1.2.6. Граница слоя грунта и толщина слоя .....	96
6.1.2.7. Эффект дренирования.....	98
6.2. Классификация и интерпретация стратиграфии грунтов.....	98
6.2.1 Визуальная классификация .....	98
6.2.1.1. Оценка профиля лобового сопротивления .....	98

6.2.1.2	Оценка профиля коэффициента трения .....	99
6.2.1.3.	Оценка профиля порового давления .....	101
6.2.1.4.	Оценка диссипации порового давления.....	102
6.2.1.5.	Выделение тонких слоев .....	111
6.2.2.	Компьютеризованная классификация .....	113
6.2.2.1.	Классификация типов поведения.....	113
6.2.2.2.	Классификация нормализованного типа поведения.....	116
6.2.2.3.	Классификация по типу поведения в унифицированном и нормализованном виде.....	119
6.2.2.4.	Содержание мелкой фракции.....	122
6.2.2.5.	Параметр состояния из классификации унифицированного поведения грунта .....	123
6.2.2.6.	Корреляции СРТ-SPT .....	125
6.2.2.7.	Отечественная классификация.....	129
6.3.	Интерпретация режима грунтовых вод.....	130
6.3.1.	Равновесное поровое давление – поверхность грунтовых вод.....	130
6.3.2.	Гидравлические градиенты .....	131
	Заключение .....	137
Глава 7.	ОЦЕНКА СВОЙСТВ ГРУНТОВ .....	138
	Введение.....	138
7.1.	Предыстория современных корреляций .....	139
7.2.	Степень плотности и удельный вес грунтов.....	141
7.3.	Оценка начального напряженного состояния.....	152
7.3.1.	Корреляции для OCR и $\sigma'_p$ .....	156
7.3.2.	OCR, $\sigma'_{vo}$ и нетто лобовое сопротивление.....	157
7.3.3.	OCR и недренированная прочность .....	161
7.3.4.	OCR, $\sigma'_p$ и поровое давление .....	164
7.3.5.	Давление предварительного уплотнения и скорость поперечных волн .....	166
7.4.	Оценка механических свойств .....	166
7.4.1.	Прочность грунтов.....	166
7.4.1.1.	Методы оценки прочности .....	167
7.4.1.2.	Недренированная прочность .....	181
7.4.2.	Чувствительность глинистых грунтов .....	190
7.4.3.	Сжимаемость грунтов.....	190
7.4.3.1.	Модули деформации песчаных грунтов.....	195
7.4.3.2.	Модули деформации глинистых грунтах.....	198
7.4.3.3.	Коэффициенты сжимаемости.....	208
7.4.3.4.	Корреляционные зависимости, предложенные в России .....	209
7.4.3.5.	Упругий модуль сдвига.....	215
7.4.4.	Определение параметров прочности и деформируемости с использованием таблиц .....	226
7.4.5.	Коэффициент первичной консолидации .....	226
7.4.6.	Коэффициент фильтрации.....	234

7.5. Проблемные грунты.....	238
7.6. Гидрогеологические условия .....	239
Глава 8. ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ.....	240
8.1. Корреляции СРТ–SPT .....	240
8.2. Фундаменты мелкого заложения на песчаном основании .....	241
8.2.1. Несущая способность .....	241
8.2.2. Упругая осадка .....	248
8.3. Фундаменты мелкого заложения на глинистом основании.....	255
8.3.1. Несущая способность .....	255
8.3.2. Упругая осадка .....	256
8.3.3. Осадка консолидации.....	258
8.4. Фундаменты глубокого заложения .....	258
8.4.1. Сваи в песке .....	261
8.4.2. Сваи в глинистых грунтах .....	262
8.4.3. Сваи стойки и сваи с ограниченным перемещением.....	263
8.4.4. Методы проектирования свай из СРТ-данных .....	263
8.4.4.1. Метод LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chausees).....	263
8.4.4.2. Европейский метод .....	266
8.4.4.3. Метод Шмертманна .....	268
8.4.4.4. Отечественные методы.....	270
8.4.5. Коэффициенты надежности .....	275
8.4.6. Осадки свай.....	276
8.4.7. Отрицательное трение .....	276
Глава 9. ОЦЕНКА РАЗЖИЖАЕМОСТИ ГРУНТОВ .....	277
Введение.....	277
9.1. Исходные предпосылки к анализу потенциала грунтов к разжижению .....	279
9.2. Оценка чувствительности к разжижению.....	281
9.3. Процедура оценки способности грунтов к разжижению .....	284
9.3.1. Оценка устойчивости к разжижению.....	284
9.3.2. Определение коэффициента циклического напряжения .....	285
9.3.3. Определение коэффициента циклического сопротивления.....	287
9.3.3.1. Определение CRR методом динамической пенетрации.....	287
9.3.3.2. Определение CRR методом статической пенетрации .....	294
9.3.4. Упрощенная процедура оценки потенциала разжижения.....	297
9.3.5. Оценка потенциала разжижения на основе скорости поперечных волн .....	298
9.4. Эффект мелких глинистых частиц .....	300
9.5. Корректировки для различных магнитуд землетрясений и уровня напряжения .....	301
9.6. Использование $q_c/N$ зависимостей.....	301
9.7. Пример оценки способности грунтов к разжижению .....	301
Глава 10. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УЛУЧШЕНИЯ ГРУНТА .....	304
10.1. Факторы, влияющие на СРТ-данные.....	306

10.2. Контроль уплотнения.....	308
10.3. Улучшение грунта путем предварительной загрузки или поэтапного строительства .....	308
10.4. Практические примеры контроля качества изменения природных свойств грунтов .....	309
Глава 11. КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ .....	316
Введение.....	316
11.1. Технические средства .....	317
11.2. Программные средства .....	317
11.3. Оценка требуемого количества выработок .....	320
11.3.1. Процедура вычислений.....	320
Заключение .....	326
Глава 12. ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ .....	327
12.1. Некоторые программы обработки данных.....	327
12.2. Программа Geotek Field.....	330
Глава 13. ДИНАМИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ГРУНТОВ .....	333
Введение.....	333
13.1. История развития метода динамического зондирования .....	333
13.2. Пенетрация и зондирование.....	340
13.3. Зондирование грунтов пробоотборником .....	341
13.3.1. Процедура испытаний .....	342
13.3.2. Определение скорректированного значения количества ударов молотом.....	345
13.3.3. Калибровка энергии молота .....	350
13.4. Зондирование конусным пенетрометром.....	354
13.4.1. Определение сопротивления грунта зондированию.....	358
13.5. Применение легких пенетрометров .....	359
13.5.1. Процедура испытаний .....	360
13.6. Корреляция между динамическими методами испытаний .....	364
13.7. Интерпретация результатов SPT-испытаний .....	365
13.7.1. Угол внутреннего трения.....	366
13.7.2. Степень плотности песчаных грунтов .....	371
13.7.3. Упругий модуль деформации.....	372
13.7.4. Компрессионный модуль деформации.....	374
13.7.5. Недренированная прочность.....	375
13.7.6. СBR и упругие модули грунтовых материалов.....	377
13.7.7. Определение характеристик грунтов через скорость зондирования.....	379
13.7.8. Скорость поперечных волн .....	380
13.8. Интерпретация результатов динамических испытаний коническим пенетрометром.....	383
13.9. Определение несущей способности свай.....	384

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	388
Часть 1. Статическое зондирование .....	388
Часть 2. Динамическое зондирование.....	410
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	416
Приложение 1 .....	416
Приложение 2 .....	423
Приложение 3 .....	445



## Глава 12. ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

### 12.1. Некоторые программы обработки данных

Прежде чем какие-либо данные будут интерпретироваться с помощью компьютерной программы, они должны сначала тщательно анализироваться и, при необходимости, редактироваться в соответствии с разделом 4.2. Затем данные должны быть построены (раздел 4.3) и визуально интерпретированы (раздел 6.2.1), поэтому Оператор может ознакомиться с общими характеристиками площадки изысканий и профилями, включая режим подземных вод (раздел 6.3). Затем данные могут быть введены в программу для интерпретации.

Известно несколько программ для сбора и интерпретации данных статического и динамического зондирования. Программы подобного типа разрабатываются с середины 1980-х годов. Наиболее известными и применяемыми сегодня являются следующие (<http://www.ggsd.com>).

1. *СРeT-IT* (<http://www.geologismiki.gr/>) – программное обеспечение для интерпретации данных СРТУ. СРeT-IT было разработано в сотрудничестве с Gregg Drilling & Testing Inc., ведущей компанией по исследованию свойств грунтов методом статического зондирования, и профессором Питером Робертсоном. Главная цель программы заключалась в том, чтобы автоматизировать определение характеристик грунтов с использованием опубликованных различными исследователями корреляционных зависимостей после того, как они были протестированы и признаны полезными. СРeT-IT принимает данные статического зондирования и выполняет базовую интерпретацию с точки зрения поведения типа грунта (SBT) и определение различных геотехнических параметров грунтов с использованием известных опубликованных корреляций, основанные на всестороннем обзоре Лунна, Робертсона и Пауэлла (Lunne et al., 1997), а также недавние обновления профессора Робертсона (Robertson & Cabal, 2012). Интерпретации представлены только в качестве руководства по геотехническому использованию и должны быть тщательно проанализированы и уточнены перед использованием для целей проектирования.

2. *Static Probing, Dynamic Probing* (<http://www.geostru.com>). Эти две программы позволяют обрабатывать данные статического (СРТ, СРТУ) и динамического (SPT) зондирования грунтов, соответственно.

Static Probing записывает, представляет и анализирует данные измерений механическим, электрическим и пьезондами. Литологическая и стратиграфическая интерпретация осуществляется в пользовательских шагах с точностью до сантиметров с использованием стандартного метода Шмертмана (Schmertmann, 1978). Также могут использоваться методы Робертсона (Robertson & Campanella 1983), Дугласа-Олсена (Douglas & Olsen, 1981), в которых данные могут быть необязательно нормированы на  $q_c$  и  $f_s$ . Диаграммы лобового сопротивления и сил трения постепенно изменяются в ответ на ввод пользователем показаний. Оцениваемые параметры включают: угол внутреннего трения; степень плотности; напряжения от собственного веса грунта; эквивалентное значение  $N$  из СРТ-испытаний; модуль сдвига; недренированную прочность; коэффициент фильтрации; коэффициент консолидации; компрессионный модуль деформации; модуль упругости ( $E_{25} - E_{50}$ ); потенциал разжижения. Стратиграфическая интерпретация может выполняться автоматически или с помощью пользователя. Можно рассчитать параметры несущей способности, как для фундаментов мелкого, так и фундаментов глубокого заложения. Любая индивидуальная стратиграфия СРТ может быть экспортирована в другие программы GeoStru (например, Slope). Пользовательские наборы СРТ могут использоваться в сочетании с модулями GeoStru для создания полного инженерно-геологического разреза. Отчеты могут редактироваться в предварительном просмотре, распечатываться или экспортироваться в любой текстовый процессор в формате RTF. Экспорт графического вывода в DXF или BMP. Предварительный просмотр

графического вывода с перемещением, калибровкой, обрезкой, масштабированием, добавлением текста и заголовками перед печатью, S.I. единицы измерения. Файл справки HTM и файл в формате PDF. Языки интерфейса: английский, итальянский, испанский.

Dynamic Probing записывает, представляет и анализирует показания динамических пенетрометров любого типа, включая новое или настраиваемое оборудование. Программа содержит базу данных многочисленных корреляций, составленную из обширного обзора литературы. Программа позволяет: интерпретировать показания пенетрометра, чтобы получить профиль геотехнических параметров; архивировать показания по площадке изысканий и для автоматического расчета передаваемой реальной энергии, включая коррекцию крутящего момента и коэффициента корреляции с SPT; импортировать растровые изображения для облегчения позиционирования мест зондирования (после этого изображения удаляются); реализовать рекурсивный откат и повтор; обрабатывать данные мгновенно во время записи, получать значения  $N$  и  $p_d$  и их графическое отображение на экране компьютера. Программное обеспечение предлагает дискретные границы слоев и позволяет назначать растровые изображения или цвета для литологического кодирования. Для сыпучих и связных грунтов доступно несколько корреляций, позволяющих получить более точную «геотехническую калибровку» конкретной зоны испытаний. Возможен расчет несущей способности для различных типов фундаментов (ленточные, плитные или столбчатые), расчет осадки, проектирование свай и оценка потенциала разжижения в зонах, подверженных воздействию сейсмических сил. Полученная стратиграфическая колонка может быть экспортирована в другие программы GeoStru (например, Slope, LoadCap, Pile-MP). Определенные пользователем наборы мест зондирования могут использоваться в сочетании с программами GeoStru «Разрез» для создания полного инженерно-геологического разреза. Отчеты могут редактироваться с предварительным просмотром, распечатываться или экспортироваться в любой текстовый процессор в формате RTF. Экспорт графического вывода в DXF или BMP. Предварительный просмотр графического вывода с перемещением, калибровкой, обрезкой, масштабированием, добавлением текста и заголовками перед печатью, S.I. единицы измерения. Файл справки HTM и файл в формате PDF. Языки интерфейса: английский, итальянский, испанский.

### 3. NovoCPT и NovoSPT (<http://www.novotechsoftware.com>).

Компьютерная программа NovoCPT предназначена для обработки данных испытаний грунтов методом статического зондирования и последующей интерпретации обработанных данных для исследования поведения грунтов и оценки их физико-механических свойств. Программа использует базу корреляции методов из более чем 35 уравнений для оценки физических и механических характеристик грунтов. Выполняет анализ способности грунтов к разжижению, расчет осадки и несущей способности оснований фундаментов мелкого заложения, несущей способности свай.

NovoSPT предназначена для обработки данных динамического зондирования (SPT/DCPT) и оценки более 20 геотехнических параметров грунтов на основе более 120 корреляционных уравнений, извлеченных из 30 геотехнических книг и статей. Следующие функции являются частью встроенных возможностей: все поправочные коэффициенты, включая длину штанги, энергию, метод отбора проб и диаметр скважины, глубину и т.д.; коррекция для грунтовых вод; график  $N_{60}$  и  $N_{1(60)}$  с глубиной; все вычисления могут быть сохранены в \*.spt-файлы и могут перезагружаться; импорт данных SPT/DCPT из файлов программы gINT (<http://www.file-extension.info/downloads/gint>); классификация типа поведения для всех грунтов; оценка потенциала разжижения (CSR); корреляция с другими свойствами грунтов, включая  $I_D$ ,  $E$ ,  $V_s$ ,  $G_{max}$ ,  $E_{PMT}$ ,  $c_u$ ,  $m_v$  и другие; формирование отчета и печать результатов; построение графика  $N_{60}$  с глубиной; построение графика рассеяния для каждого коррелированного параметра на основе разных методов; построение всех методов корреляции для параметра грунта на одном графике для сравнения методов; импорт данных SPT и данных слоев грунта из текстовых файлов (\*.txt); экспорт всех таблиц и графиков в формат MS Excel и изображений; стандартное руководство пользователя (Справка) с описательными инструкциями по использованию программного обеспечения. Функция «Кросс-корреляция с глубиной» позволяет пользователю отображать изменение конкретного параметра грунта вдоль глубины скважины на основе некоторых методов корреляции для упрощения сравнения коррелированных значений по глубине.

4. GEO-TEC A (<http://www.interstudio.net/>) позволяет полностью обработать на месте исследованный статические и динамические испытания в соответствии с методами Шмертона, Дугласа-Олсена и многих других. Предлагаемые методы интерпретации могут быть изменены пользователем и полностью документированы. Наиболее подходящий метод может быть выбран по отношению к полевым испытаниям и данным лабораторных испытаний. После определения вышеуказанных данных программа автоматически определяет физико-механические характеристики грунтов с возможностью интерактивного управления пользователем. Данные зондирования можно разделить на группы, после чего программа отображает полную стратиграфию типа грунта, недренарованную прочность, угол внутреннего трения, удельный вес, силы сцепления и др. Стратиграфия может быть экспортирована в GEO-TEC C для анализа архивных материалов и других программ с использованием электронных таблиц. Языки интерфейса: английский и итальянский.

5. CPT-pro (<http://www.geosoft.com.pl/>) является модульной программой для анализа, интерпретации и представления данных СРТ-зондирования. Модуль «Интерпретация» позволяет манипулировать файлами данных, отображать результаты зондирования и интерпретацию. Особенности включают: 100 каналов; подавление нулей; устранение нерепрезентативных измерений; корректировку вертикальных смещений; склеивание данных с двух отдельных зондирований; вычисление  $\sigma_{vo}$ ,  $q_p$ ,  $R_p$ ,  $B_q$ ,  $F_r$  и средних значений; создание журналов зондирования с графиками отдельных параметров и интерпретированных профилей с геологическими символами; переменные шкалы; пользовательские шаблоны данных зондирования; параметры графиков для настройки паспорта зондирования; последовательную интерпретацию периодического режима; пакетную печать; прямое считывание отдельных параметров из графиков; классификацию грунтов (Robertson et al., 1986, 1990); интерпретацию индекса плотности (Jamiolkowski, 1985 и Lancelotta, 1993), коэффициент бокового давления  $K_o$  в глинистых грунтах (Kulhawy & Mayne, 1990) и в песчаных грунтах (Mayne, 1992), компрессионный модуль деформации в глинистых грунтах (Kulhawy & Mayne, 1990) и в песчаных грунтах (Lunne & Christophersen, 1983); корреляцию результатов SPT с вычислением  $N_{60}$  (Robertson, 1986). Включает CPT-Explorer с браузером эскизов, инструментами для создания структуры проекта и для управления файлами. Модуль Editor позволяет пользователю вводить данные исследования, такие как журналы скважин с данными лабораторных испытаний или динамического зондирования, которые могут быть описаны и напечатаны, как для журналов зондирования. Модуль поперечного разреза позволяет подготовить инженерно-геологический разрез, включая СРТ-зондирование, интерпретированные журналы зондирования, пьезометры и другие данные исследований. Каждое местоположение исследования может быть представлено в виде геологического профиля с соответствующими символами и (или) с графиком любого параметра зондирования или интерпретируемого параметра. Разрезы могут быть проведены через любую выработку или спроектированы из выбранного коридора. Модуль Project Manager предоставляет информацию о типе СРТ-испытаний и измеренных параметрах во всех файлах данных СРТ и используется для редактирования данных заголовка. Модуль Sample Data Base содержит информацию об образцах грунта, включая их описания и результаты испытаний. Эта информация может быть отражена на записях и разрезах СРТ. Журналы и разрезы могут быть настроены с логотипом, аннотированы на любом языке и экспортированы как файлы WMF или EMF. Все измерения, как глубины, так и уменьшенные уровни, даются в метрах или футах. Регулируются верхняя и нижняя оси. Доступен импорт и экспорт данных в форматах GEF, Dutch и AGS, расширенные процедуры импорта/экспорта формата AGS с преобразованием геологических и условных кодов. Дополнительный редактор формул позволяет использовать функции интерпретации, определенные пользователем. Модуль «Карта» интегрируется с модулями «Проводник» и «Интерпретация» и обеспечивает отображение мест испытаний, импорт, редактирование, создание и экспорт карт в формате DXF и экспорт в форматах BMP, EMF и JPG.

6. CPT Tools (<http://www.datgel.com/>) является надстройкой для gINT для упрощения обработки и интерпретации данных СРТУ-испытаний и испытаний на рассеяние порового давления. Основные особенности: определяемые пользователем единицы измерения; импорт файлов данных СРТ в многочисленные стандартные и подходящие форматы; смена фильтра; вычисление производных параме-

тров; корреляции типа поведения грунта; более 65 предварительно сконфигурированных корреляций и определяемых пользователем формул корреляции; динамические определяемые пользователем отчеты журнала и графиков; определяемые пользователем цвета линий, типы, шкалы и количество основных разделов; анализ рассеяния порового давления; данные сейсмического зонда; журналы сравнения, показывающие два идентификатора PointID с пользовательским выбором параметров; инструмент коррекции данных – позволяет корректировать измеренные данные после их импорта; поддержка доступа к базам данных Access и SQL Server (требуется GINT Professional Plus); многопоточный расчет.

## 12.2. Программа Geotek Field

*Geotek Field* – программное обеспечение для интерпретации данных статической (CPT, CPTU, SCPTU) и динамической (SPT – зондирование пробоотборником и DCPT – зондирование конусом) пенетрации. Программа Geotek Field разработана в ООО «НПП Геотек», ведущей компанией России по производству приборов для лабораторных и полевых испытаний грунтов, под руководством профессора Болдырева Г.Г.

Структурная схема программы показана на рис. 12.1. Подробное описание программы и ее функций приведено в «Руководстве пользователя».

Geotek Field принимает данные CPT, CPTU, SCPTU, SPT, DCPT испытаний и выполняет базовую интерпретацию с точки зрения поведения типа грунтов (SBT, Robertson & Cabal 2015), определяет различные физические и механические характеристики грунтов и выполняет расчет оснований зданий и сооружений в соответствии с требованиями Еврокода 7, СП 47.13330–2012, СП 22.13330–2011, СП 24.13330–2011, ГОСТ 19912–2010.

Корреляционные уравнения, включенные в Geotek Field, основаны на всестороннем обзоре и включают многочисленные зарубежные исследования различных авторов и компаний (см. список литературы).

Корреляционные уравнения представлены только в качестве руководства по геотехническому использованию и должны быть тщательно проанализированы и скорректированы для местных отложений грунтов. Значения полученных характеристик грунтов являются оценочными и должны быть уточнены путем проведения соответствующих лабораторных испытаний грунтов.

Программа включает ряд баз данных и методологий, среди которых:

- знания о статическом и динамическом оборудовании для испытаний грунтов в полевых условиях и средство добавления любых новых;
- данные и методологии для сопоставления результатов испытаний для получения более значимых геотехнических параметров, которые характеризуют свойства грунта;
- библиотеки образцов текстуры для представления типов грунтов в стратиграфических моделях, которые пользователь может изменить или добавить;
- оценка степени неопределенности инженерно-геологических условий с выбором оптимального количества точек зондирования путем расчета осадки и крена проектируемого здания.

Geotek Field – удобная, ориентированная на МЕНЮ программа для CPT, CPTU, SCPTU и SPT, DCPT сбора и обработки данных испытаний:

- ввод и редактирование данных об оборудовании, заказчике и подрядчике, наименование места испытаний, шифр объекта;
- ввод данных о проектируемом объекте: тип фундамента; размеры: ширина и длина; давление под подошвой фундамента; глубина заложения фундамента;
- пользователь может вводить, просматривать, изменять и сохранять как входные, так и выходные форматы файлов в единицах СИ измерений;
- растровые изображения ситуационного плана могут быть импортированы для облегчения назначения мест зондирования и при необходимости удалены. Окончательный результат может быть заархивирован в комплекте с любым наложением растрового изображения для последующего повторного использования или формирования части базы данных испытаний в конкретном районе изысканий;