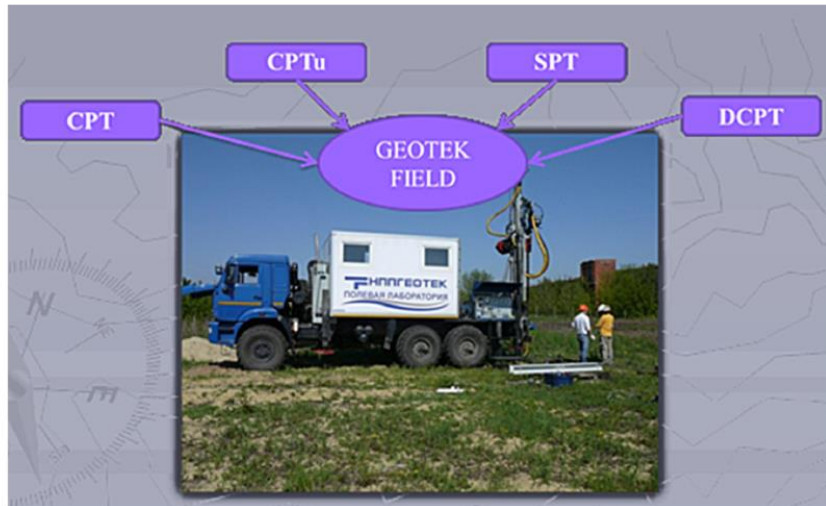


К вопросу использования информационных систем при изысканиях и проектировании оснований фундаментов зданий и сооружений

GEOTEK FIELD



РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ИСПЫТАНИЙ МЕТОДАМИ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В статье рассмотрена процедура создания цифровой инженерно-геологической модели (GBIM – Geotechnical Building Information Modelling). По мнению авторов, в общем случае цифровая модель строительного объекта должна включать не только конструкции, но и 3D модель основания с необходимым набором параметров грунтов. Подобное можно реализовать в виде следующей последовательности: 3D архитектура – Цифровая модель рельефа местности – 3D геотехника – 3D конструирование.

Как подчеркивается в статье, в случае использования численных решений приходится определять дополнительные характеристики/параметры грунтов, которые не регламентированы ГОСТ по испытаниям грунтов. Однако, все эти проблемы можно решить, если в результате ГГИ создать цифровую трехмерную модель основания, определить необходимые характеристики/параметры грунтов и выполнить расчеты оснований по предельным состояниям.

Предметом настоящей публикации, в частности, является обсуждение возможности создания трехмерной цифровой модели основания, используя технологию статического зондирования грунтов.

Посвящается памяти В.А. Барвашова.

Болдырев Геннадий Григорьевич

Директор по научной работе и инновациям ООО «НПП Геотек»

Дивеев А.А.

Магистр Пензенского государственного университета архитектуры и строительства

В последние годы в РФ обратили внимание на необходимость развития и использования цифровых технологий, в том числе и в строительной отрасли. В 2017–2018 гг. разработаны и утверждены некоторые соответствующие национальные стандарты, а в 2019 г. дополнительно вышло в свет несколько стандартов в области технологий информационного моделирования зданий и сооружений (BIM) [4, 6]. Однако, до сих пор как в РФ, так и за рубежом отсутствуют информационные модели оснований зданий и сооружений, необходимые при их проектировании.

В настоящее время ООО НПП «Геотек» занимается не только разработкой и производством конструкций новых приборов и устройств для лабораторных и полевых испытаний дисперсных, мерзлых и скальных грунтов, но и интерпретацией данных испытаний с целью определения характеристик/параметров грунтов. В ходе выполняемых работ было решено объединить инженерно-геологические, геотехнические исследования и проектирование оснований в единый информационный процесс, который получил первоначальное наименование «Комплексная технология инженерно-геологических исследований» [1]. Затем стало понятно, что это один из элементов, разрабатываемых в последние годы BIM технологий. Предложенное нами проектное наименование – 3D геотехника (GBIM – Geotechnical Building Information Modelling).

GBIM – это совокупность измерительной и информационной систем, которая выполняет сбор, анализ и интерпретацию данных измерений с одновременным расчетом оснований фундаментов аналитическими и численными методами. Так как информация от лабораторных приборов и полевых испытаний поступает в цифровом виде непрерывно, то все операции выполняются в режиме реального времени, что существенно сокращает сроки инженерно-геологических изысканий и принятия решения о варианте фундамента. В общем случае цифровая модель строительного объекта должна включать не только конструкции, но и 3D модель основания с необходимым набором параметров грунтов. Подобное можно реализовать в виде следующей последовательности: 3D архитектура – Цифровая модель рельефа местности – 3D геотехника – 3D конструирование. Если выполнять расчет оснований совместно с надземными конструкциями, то третий и четвертый этапы цифрового моделирования можно объединить.

Как правило, 3D цифровое моделирование выполняется для первого, второго и четвертого этапов. Геологические и геотехнические исследования (ГГИ), определение параметров грунтов и расчет оснований выполняются последовательно по мере поступления информации. Причем данные геологических и геотехнических исследований передаются конструктору в виде отчетов в форматах .docx или .pdf. Конструктор вынужден создавать вручную цифровую модель основания, например в программе PLAXIS, и вводить в нее параметры грунтов. При этом следует иметь в виду, что инженеры-геологи приводят в отчетах характеристики грунтов только для аналитических методов расчета, рекомендованных СП [7,8,9] или EN 1997-1 [11]. В случае использования численных решений приходится определять дополнительные характеристики/параметры грунтов, которые не регламентированы ГОСТ по испытаниям грунтов. Однако, все эти проблемы можно решить, если в результате ГГИ создать цифровую трехмерную модель основания, определить необходимые характеристики/параметры грунтов и выполнить расчеты оснований по предельным состояниям.

Рассмотрим возможность реализации поставленной задачи, используя известные цифровые технологии.

1. 3D цифровое моделирование рельефа поверхности участка строительства

В настоящее время геологи при составлении программы инженерно-геологических изысканий в подавляющем большинстве случаев не используют цифровую модель рельефа поверхности земли, заменяя ее ситуационным планом проектируемого объекта с целью размещения выработок/скважин для отбора монолитов грунта и мест полевых испытаний грунтов (статическое или динамическое зондирование, испытания прессиометром или винтовым штампом). Ситуационный план создается после проведения топографических и геодезических работ и выполняется в виде схемы, которая не является основой для проектных и строительных работ. В то время как данные 3D цифрового моделирования рельефа поверхности могут использоваться как для целей инженерно-геологических изысканий, так и непосредственного проектирования объектов строительства.

Цифровое моделирование рельефа поверхности можно выполнить по данным топографических работ с обработкой, например, в следующих программах: Topocad (Adtollo AB, Швеция), ArcGIS, AutoCADCivil 3D 2012, ZWCAD 2019, Credo Топограф, GeoniCS RGS, RgsPl и др.

Отмеченные или подобные им программы позволяют создать цифровую модель рельефа и являются средством представления топографической поверхности при компьютерной обработке результатов инженерно-геодезических изысканий. Используя цифровую модель рельефа поверхности, можно привязать проектируемый объект на заданном участке строительства.

2. 3D цифровое моделирование конструкций зданий или сооружений

В качестве технологии построения трехмерной модели на базе ГИС приложений наиболее часто используют программу ArchiCAD для построения цифрового рельефа местности и создания трехмерной модели конструкций здания. ArchiCAD – программный пакет для архитекторов, проектировщиков, инженеров строителей, основанный на технологии информационного моделирования (Building Information Modeling – BIM). Не менее мощный САПР российского производства – это T-FLEX. Система автоматизированного проектирования, обладающая всеми современными средствами для разработки проектов любой сложности. Программа объединяет мощные параметрические возможности трехмерного моделирования со средствами создания и оформления конструкторской документации. В двадцатку наиболее популярных программ входят кроме перечисленных выше продукты Bentley Systems, Civil 3D, Allplan, AutodeskRevit.

3. 3D цифровое моделирование инженерно-геологических и геотехнических исследований (GBIM)

Стандартная процедура ГГИ представлена в СП 47.13330 [5] и включает определение стратиграфии с выделением инженерно-геологических элементов, построение геомеханической модели (ГОСТ 20522-2012), определение нормативных и расчетных характеристик грунтов, необходимых для расчета деформаций и несущей способности оснований с использованием аналитических методов расчета (рис. 1) [8,9,10]. Последнее определяется тем, что соответствующие ГОСТ для испытаний грунтов ориентированы на отечественные Своды Правил. В случае использования численных методов решение задачи несколько усложняется, так как в ГОСТах не приведена методика определения параметров многих моделей грунтов.

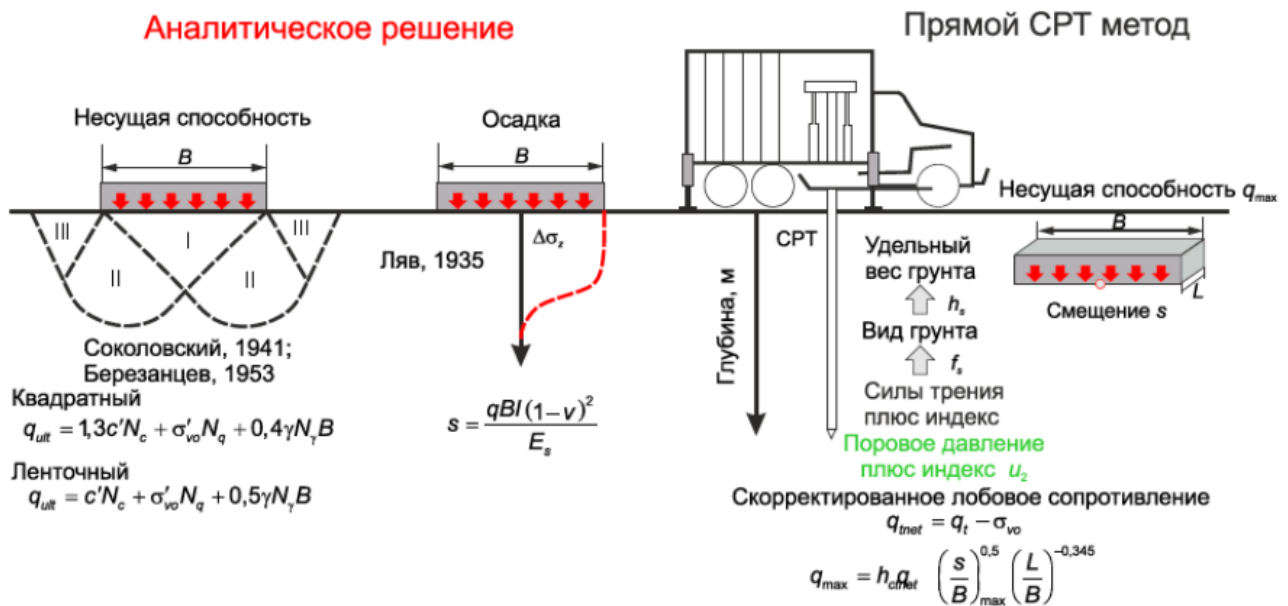


Рис. 1. Методы расчета оснований: а – аналитические решения; б – статическое зондирование

В одной из публикаций в журнале «ГеоИнфо» приведен обзор программного обеспечения для инженерной геологии, составленный Прохачевым М.В. [5]. Автор отмечает, что среди наиболее часто применяемых программ среди геологов являются: CREDO геология, GEOSimple, EngGeo, GEOTECH Геолог + GeoDraw, GeoniCS GEODirect и др. Следует отметить, что в большинстве отмеченных программ для графического построения двумерной или трехмерной модели массива основания используются программы AutoCAD, MicroStation и nanoCAD.

Все отмеченные и иные известные программы для геологов ориентированы на хранение данных инженерно-геологических и геотехнических исследований, а также обработку данных лабораторных и полевых испытаний.

Анализ отмеченных выше программ для геологов показывает, что все они имеют следующие недостатки:

- данные полевых и лабораторных испытаний вводятся в программы интерпретации данных испытаний ручным способом в соответствующие таблицы или через Excel;
- отсутствие процедуры автоматического определения характеристик грунтов из геологических и геотехнических исследований, необходимой для расчета оснований с использованием аналитических решений;
- отсутствие процедуры определения параметров моделей грунтов из геологических и геотехнических исследований, необходимой для расчета напряженно-деформированного состояния оснований с использованием численных методов;
- отсутствие связи между геологическими и геотехническими исследованиями и программами расчета оснований;
- отсутствие оценки неоднородности природного массива грунта и ее влияние на поведение строительных объектов;

- традиционное представление объемной модели в виде слоев грунтов, а не трехмерного цифрового представления характеристик в исследуемом массиве грунта.

Большинство из отмеченных проблем можно решить, используя современные информационно-измерительные системы, обладающие возможностями не только управления лабораторными и полевыми испытаниями грунтов, но и расчета оснований по предельным состояниям по мере поступления информации в непрерывном режиме времени.

Традиционно характеристики грунтов, необходимые для проектирования оснований фундаментов, определяются на стадии инженерно-геологических изысканий из лабораторных испытаний грунтов. В результате полная информация о свойствах грунтов может быть получена не менее чем через несколько недель после начала инженерно-геологических изысканий. Более привлекательным является определение свойств грунтов в полевых условиях, например, используя методы статического, динамического, бурового зондирования, испытания винтовым штампом, вращательным срезом и др.

Согласно СП 47.13330, СП 446.1325800.2019 для третьего уровня ответственности зданий и сооружений допускается использовать данные статического зондирования при проектировании оснований, определяя характеристики грунтов из корреляционных уравнений, приведенных в табличном виде в приложении Ж СП 446.1325800.2019. Для первого и второго уровней ответственности зданий и сооружений необходимо провести лабораторные испытания и полевые испытания винтовым или плоским штампами.

Отсюда следует, что согласно действующим нормативным документам, информационная система должна содержать данные как лабораторных, так и полевых испытаний грунтов. Рассматриваемая ниже информационная система обладает возможностью сбора, обработки и цифрового представления данных всех видов испытаний дисперсных и мерзлых грунтов и их применение для аналитических и численных расчетов оснований.

Предметом настоящей публикации является обсуждение возможности создания трехмерной цифровой модели основания, используя технологию статического зондирования грунтов. На рисунке 2 показаны основные возможности испытаний (SCPTU – Seismic Cone Penetration Test) электрическим зондом с измерением удельного сопротивления грунта под конусом (q_c), удельного сопротивления грунта на муфте трения (f_s), порового давления (u_2) и скорости поперечных волн (V_s). В РФ рекомендуется проводить подобные испытания методами СРТ (Cone Penetration Test, ГОСТ 19912-2012) и пьезостатическим зондированием (СРТУ – Piezcone Penetration Test, ГОСТ 22476-1-2017). В этом случае скорость поперечных волн не измеряется.

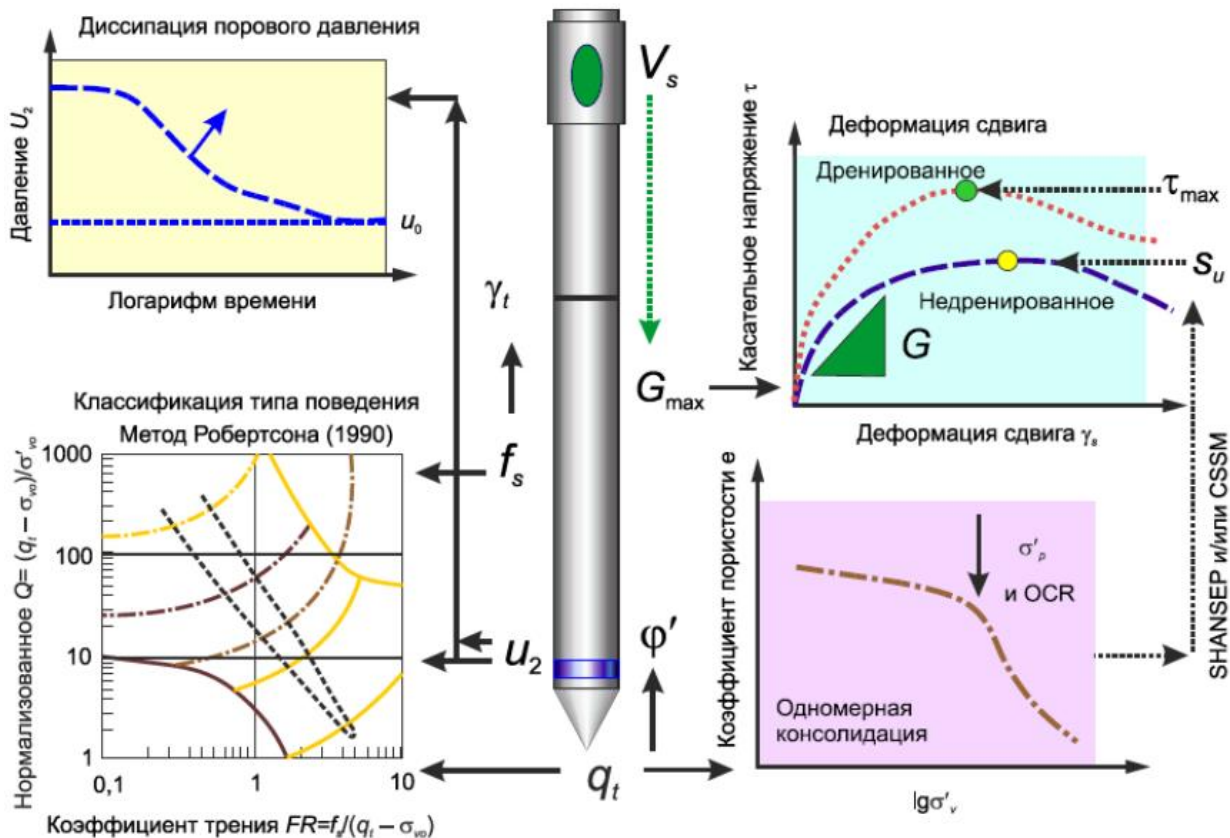


Рис. 2. Характеристики грунтов, определяемые из SCPTU испытаний

Инженерно-геологические и геотехнические исследования грунтов предлагается проводить с использованием измерительно-вычислительного комплекса ASIS с обработкой данных испытаний в программе Geotek Field.

В настоящее время Geotek Field принимает данные лабораторных испытаний, СРТ, СРТУ, SPT (динамическое зондирование пробоотборником), DCPT (динамическое зондирование конусом) полевых испытаний, выполняет базовую интерпретацию с точки зрения поведения типа грунта [12], определяет физические и механические характеристики грунтов [2] и выполняет расчет оснований зданий и сооружений в соответствии с требованиями Еврокода 7, СП 47.13330-2012, СП 22.13330-2016, СП 24.13330-2011, ГОСТ 19912-2010 и др.

При определении физических и механических характеристик грунтов используются корреляционные зависимости (например, СП 446.1325800.2019) между параметрами, измеряемыми в процессе статического и динамического зондирования и данными лабораторных испытаний грунтов. Используя параметры зондирования и корреляционные уравнения находятся физические и механические характеристики грунтов.

Geotek Field включает несколько модулей расчета: осадка и крен фундаментов; коэффициент жесткости основания; несущая способность свай; статистическая обработка данных испытаний с целью построения корреляционных уравнений; оценка разжижаемости грунтов; цифровое 2D, 3D представление характеристик грунтов. Создание цифровой трехмерной модели основания предлагается выполнять в следующей последовательности:

1. На этапе подготовки ГГИ в программу GeotekField вводится ситуационный план

объекта, используя встроенные графические элементы или 3D цифровую модель рельефа поверхности, созданную одной из приведенных выше программ (см. раздел 1).
Вводятся: данные (рис. 3) о глубине заложения подошвы фундамента, значение среднего давления под подошвой фундамента, ширина и длина фундамента, тип зонда, применяемого при проведении статического зондирования (СРТ, СРТУ, SCPTU, SPT, DCPT), метод расчета осадки фундамента (например, СП 22.13330).

Номер вершины	X	Y	Длина линии	Угол
1	126.99	57.11	16.77	92
2	112.85	48.09	1.7	94
3	111.84	49.46	5.73	93
4	107.03	46.34	6.09	90

Рис. 3. Ввод информации на примере прямоугольного здания

2. На ситуационном плане намечаются места зондирования (выработки) с привязкой их к географическим координатам и Балтийской схеме высот. Выработки назначаются в центре и по периметру ситуационного плана (например, по периметру плитного фундамента). Количество выработок определяется требованиями СП 47.13330 или иным нормативным документом.

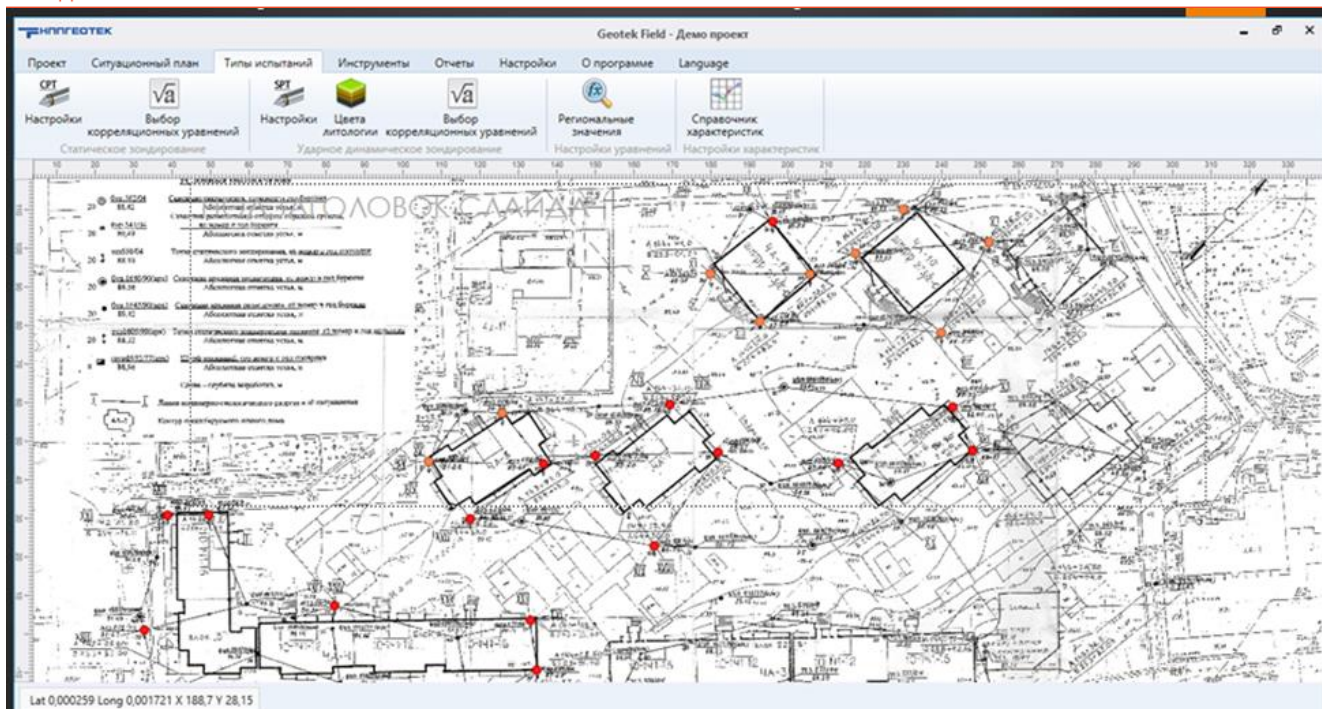


Рис. 4. Ситуационный план объекта и выработки, показанные красным цветом

3. Устанавливается буровой станок на месте намеченных выработок и выполняется зондирование грунтов. В процессе зондирования на каждом интервале глубины полевым компьютером установки (например, производства ЗБТ, Санкт-Петербург) автоматически выполняются:

- измерение параметров зондирования (рис. 5);
- определение типа поведения грунта [12] с построением литологической колонки (рис. 5);
- определение физических и механических характеристик грунтов [2] (рис. 6);
- расчет осадки и глубины сжимаемой толщи [9] (рис. 7);
- расчет коэффициента жесткости (постели) основания (изолинии в нижней левой части рисунка 7);
- данные измерений, литологическая колонка, значения осадки, глубина сжимаемой толщи, значения коэффициента постели, профили физических и механических характеристик выводятся на экран полевого компьютера в режиме онлайн.

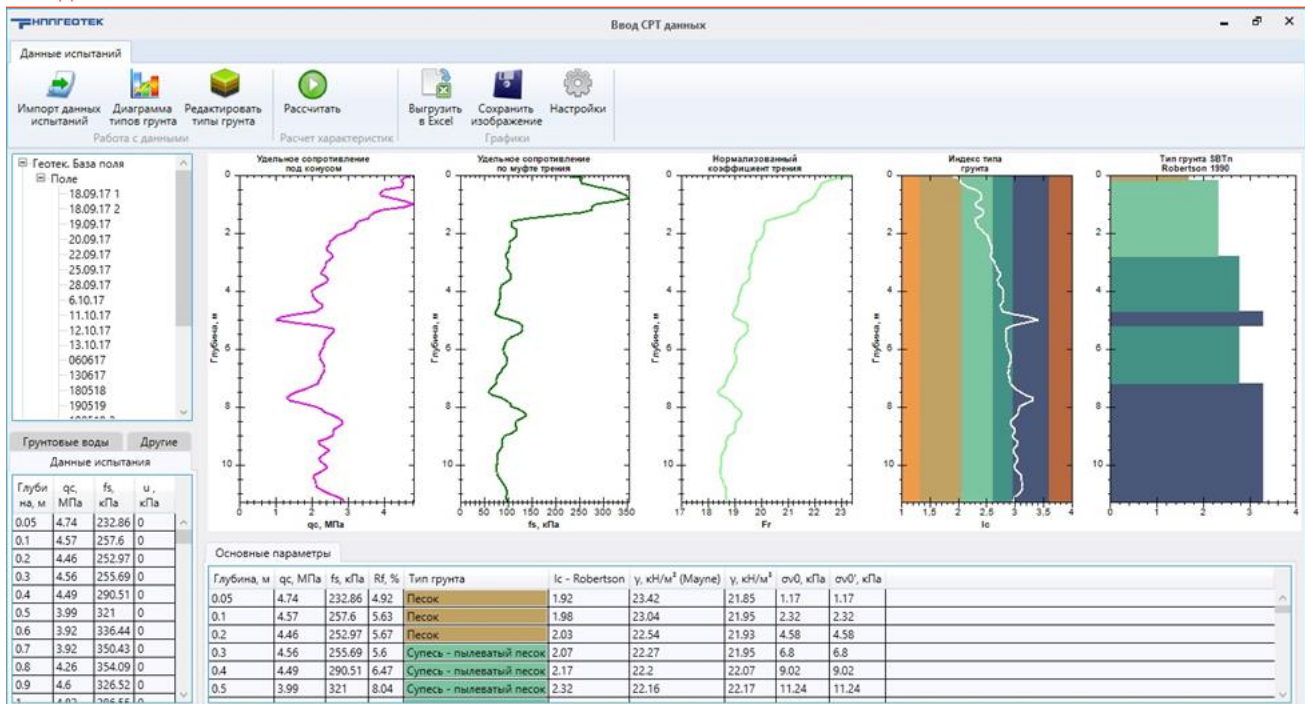


Рис. 5. Профили параметров статического зондирования и стратиграфия по одной из выработок

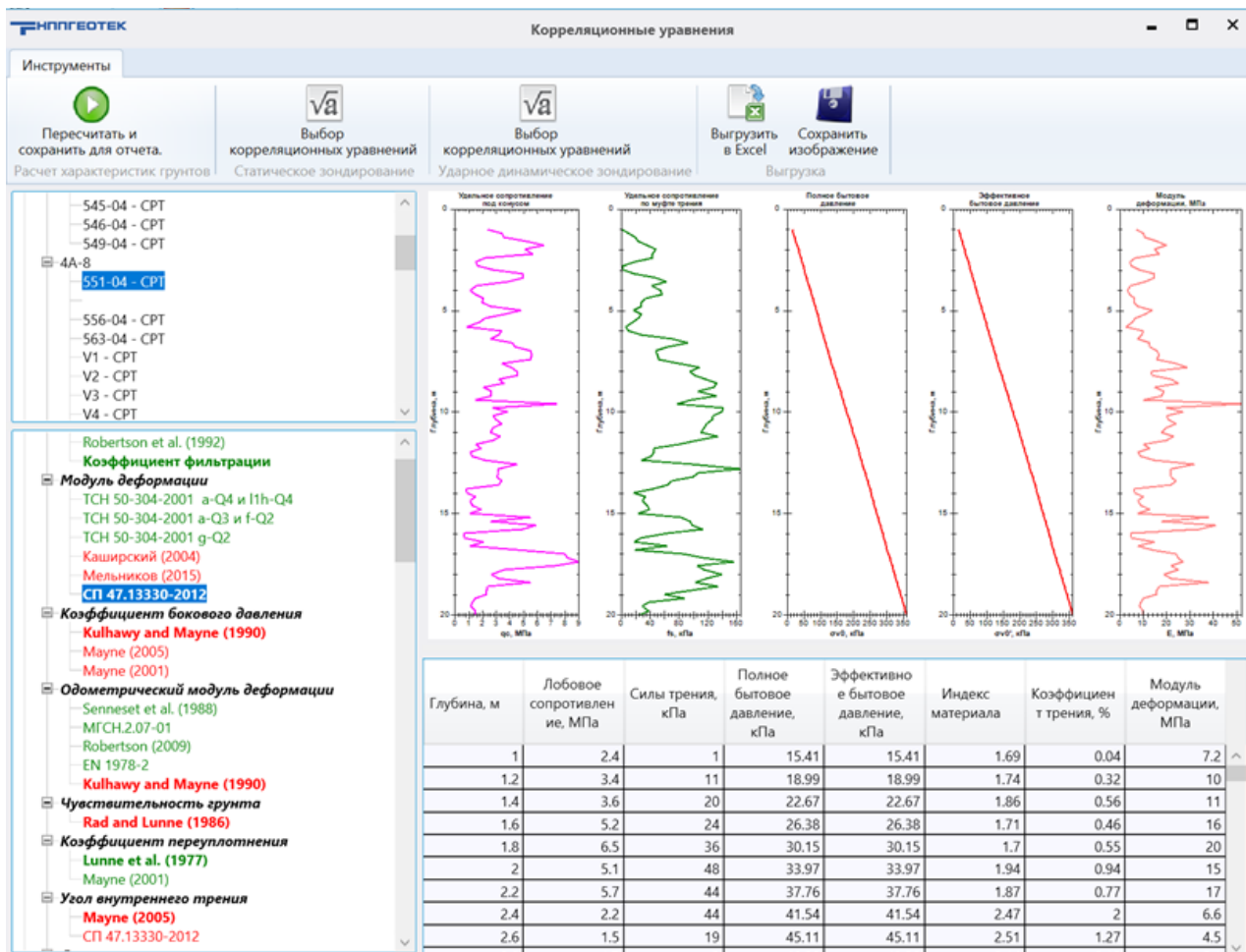


Рис. 6. Выбор корреляционного уравнения (СП 47.13330), профили параметров зондирования и модуля деформации по выработке №1

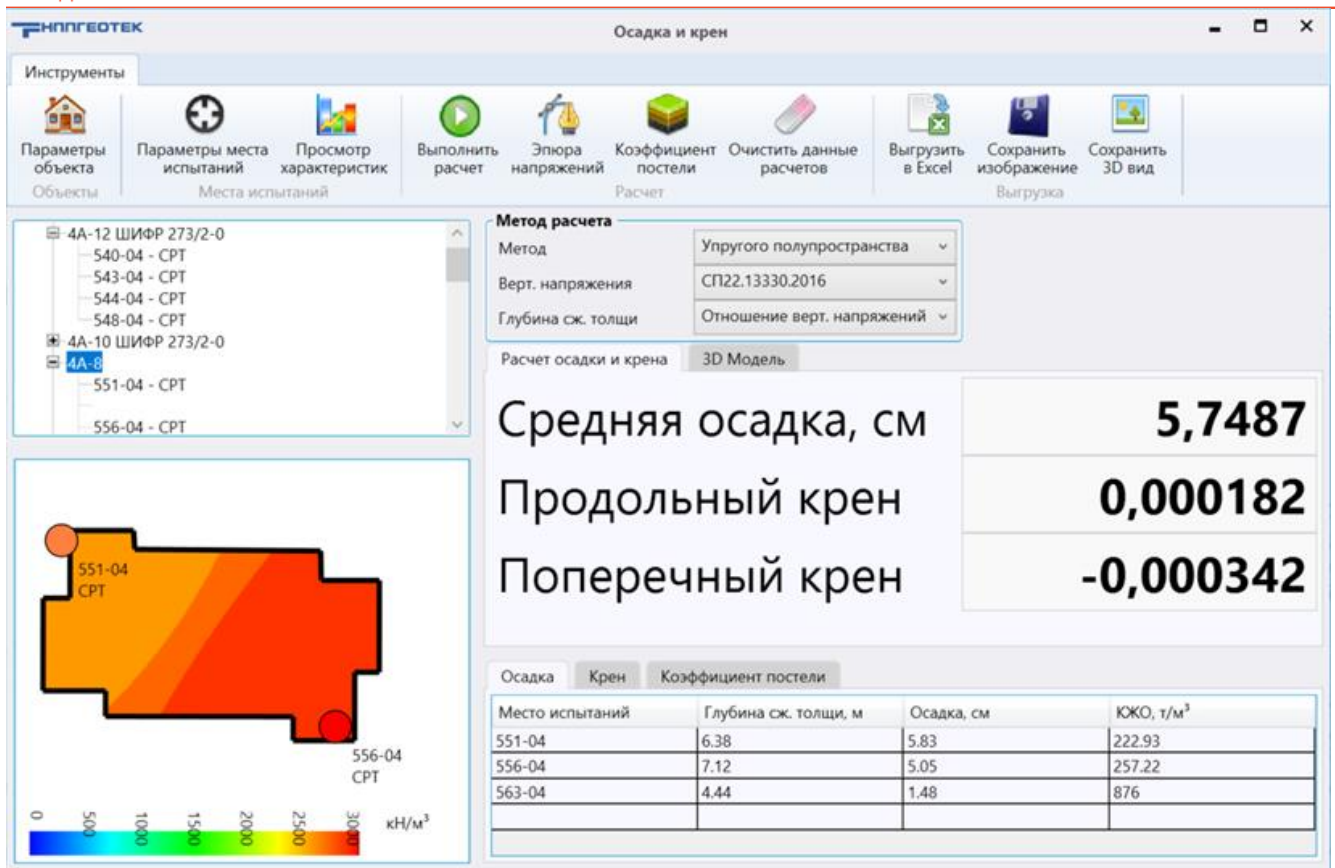


Рис. 7. Расчет глубины сжимаемой толщи (м), осадки (см), крена и коэффициента жесткости (постели) основания (т/м³)

4. Испытания на текущей выработке прекращаются после достижения глубины сжимаемой толщи, о чем дается сообщение буровому мастеру.

5. Продолжаются исследования грунтов по пунктам 3, 4 на другой выработке.

6. После завершения испытаний по всем нормативным выработкам на экран компьютера выводятся значения средней осадки и крен здания в продольном и поперечном направлениях, значения коэффициента жесткости основания. Последний может быть использован в программах SCAD, ЛИРА при определении внутренних усилий в конструкции фундаментной плиты.

7. Используя интерполяционную функцию (Шепард [3], Кригинга [13], Делоне [14]) строятся цифровые разрезы для заданных характеристик грунтов.

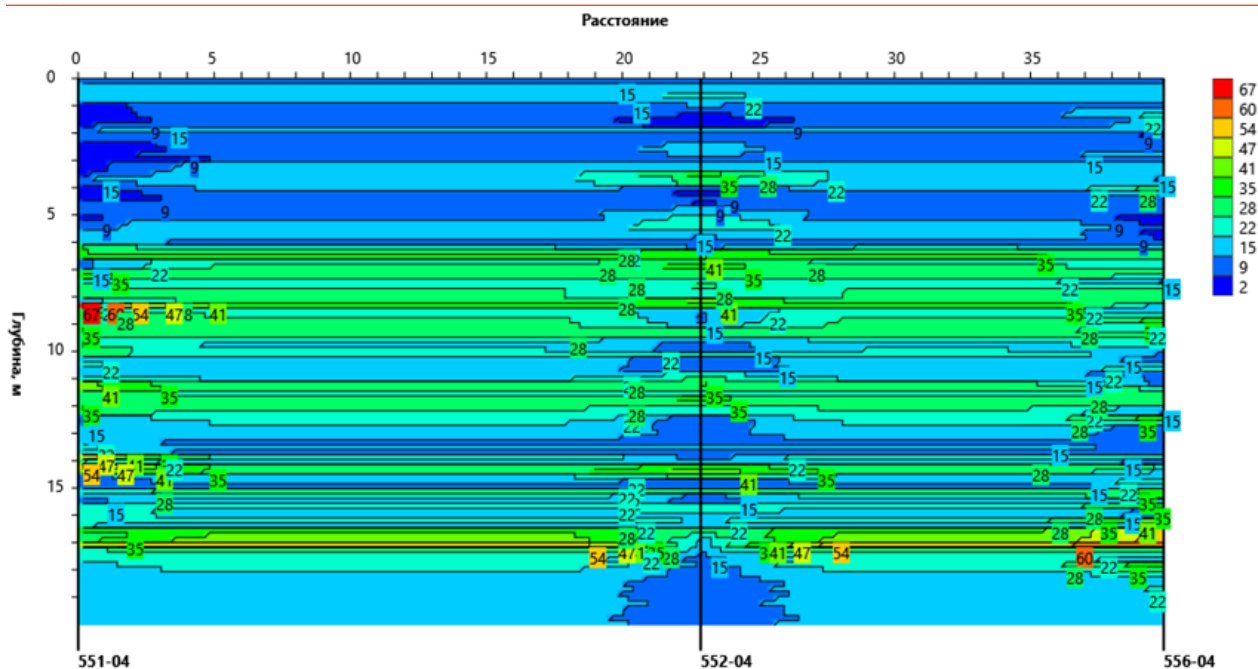


Рис. 8. Визуализация модуля деформации $E = E(x, y, z)$ (МПа) полученная 2D функцией Шепарда

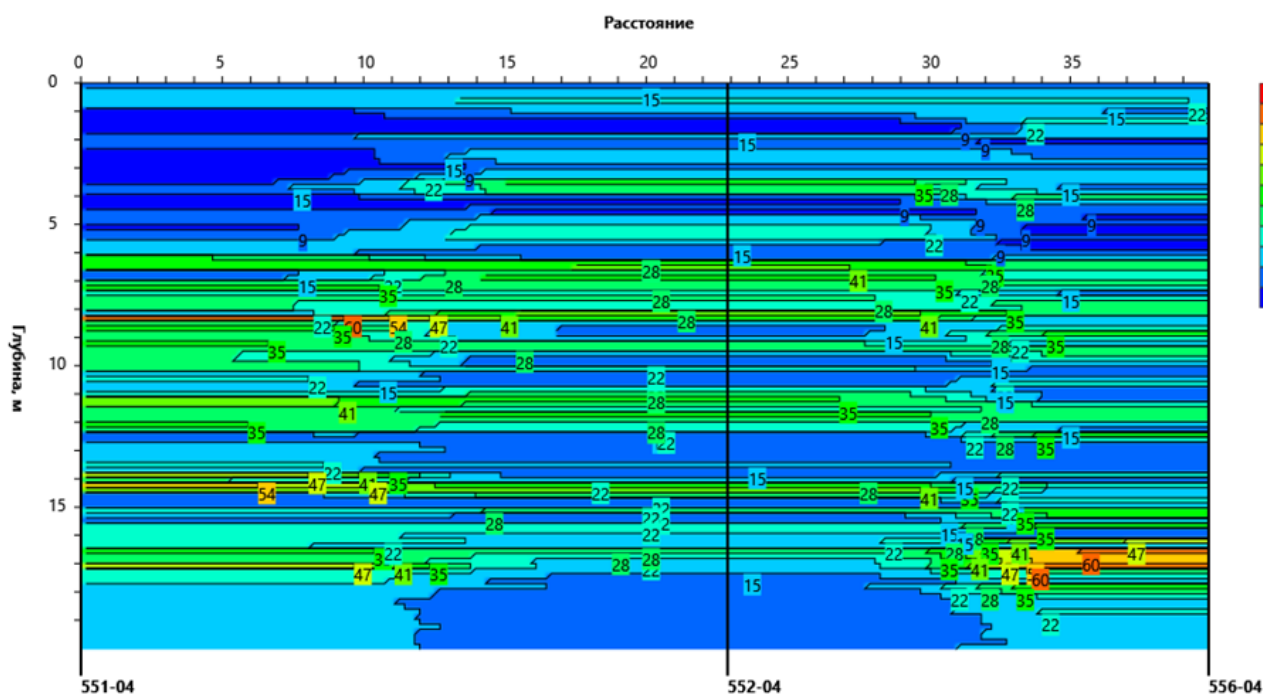


Рис. 9. Визуализация модуля деформации $E = E(x, y, z)$ (МПа) полученная функцией Крига 8,9).

8. Создается трехмерная модель инженерно-геологических колонок (рис. 10).

9. Создается 3D цифровая геологическая модель в формате IFC4 для последующего использования в 3D программах Civil 3D, Revit, Allplan и др. (рис. 11).

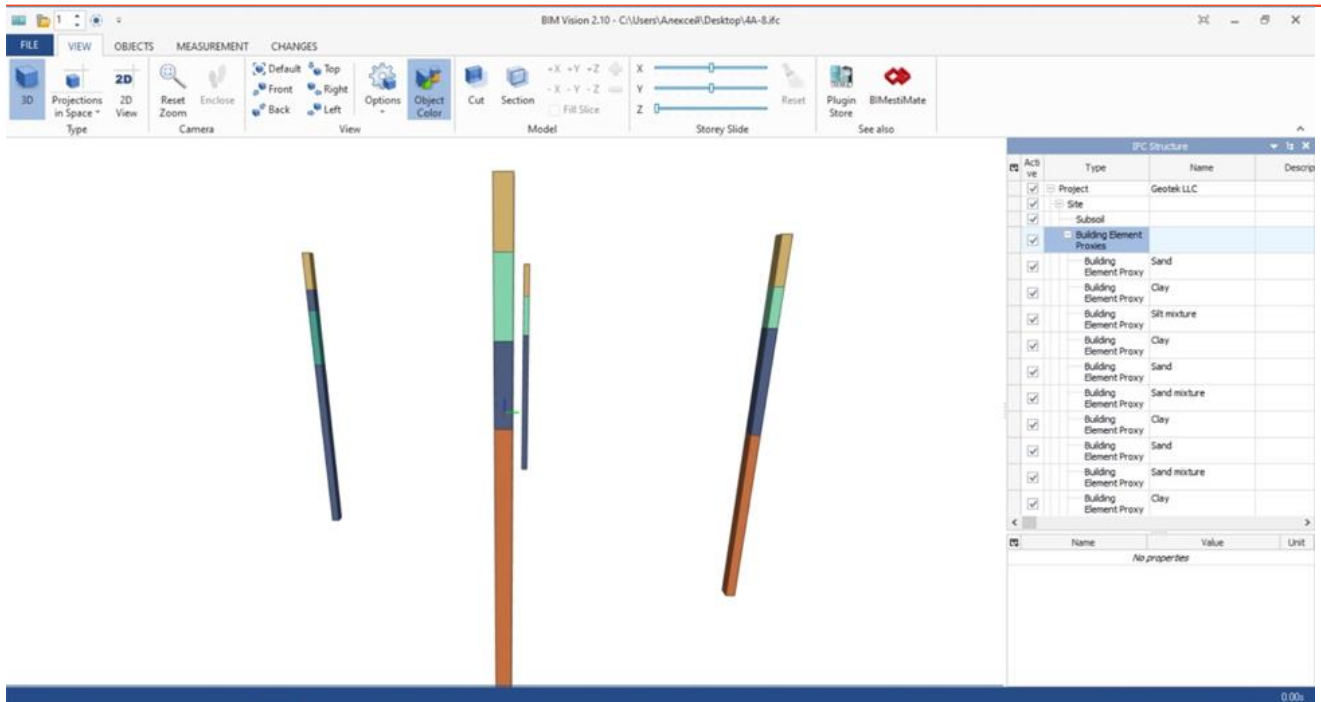


Рис. 10. Инженерно-геологические колонки по объекту 4А-8 на рисунке 4

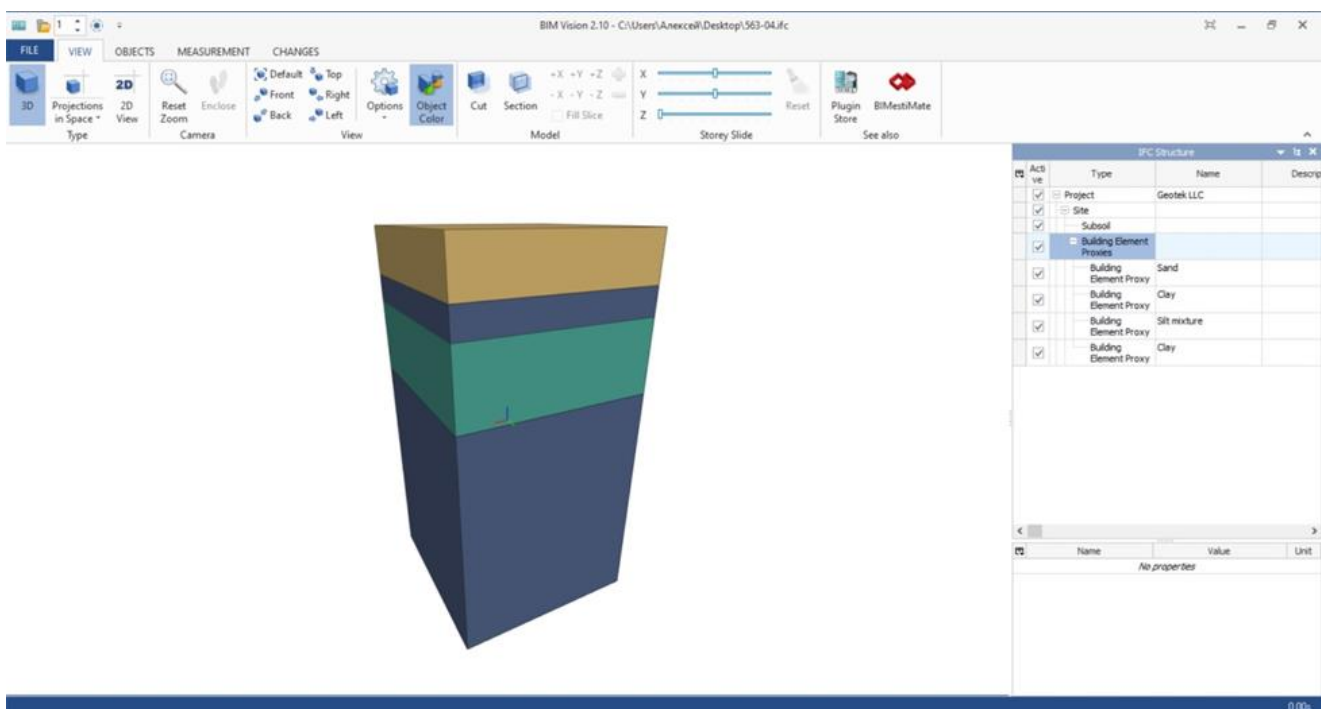


Рис. 11. Цифровая 3D инженерно-геологическая модель в формате IFC4

Формат IFC4 разработан компанией buildingSMART в 2013 году специально для информационного моделирования зданий, утверждён международным стандартом ISO 16379 и рекомендован к применению в РФ (ГОСТ 10.0.02-2019). Файл формата имеет соответствующую файлу STEP (международный стандарт ISO 10303-21 для обмена САПР-данными) текстовую структуру, заимствующую модель взаимоотношений сущностей из языка моделирования данных EXPRESS. Такими сущностями являются: строительные элементы, геометрия, основные конструктивы. Сущности образуют объектную иерархию

с наследованием свойств. В настоящий момент таких сущностей насчитывается более 700. Формат является расширяемым, если требуемый строительный элемент не описан, то есть возможность добавить свой.

Для создания цифровой инженерно-геологической модели специальных сущностей пока не создано. Это объясняется отсутствием на данный момент в РФ формата обмена инженерно-геологическими данными. Этот вопрос рассмотрен ниже. Авторами для построения такой модели используются сущности *IfcBuildingElementProxu* и *IfcPropertySet*. Первая сущность содержит геометрическое описание поверхностей, координаты, цвет и наименование вида грунта. Вторая отвечает за хранение физико-механических характеристик грунтов.

Как видно из рассмотренного примера, применение интерполяционных функций позволяет построить цифровой массив требуемой характеристики грунта. Для этого нужно рассчитать пространственное распределение характеристики грунта по дискретным значениям этих характеристик, получаемых в точках зондирования, например, $E=E(x,y,z)$, $c=c(x,y,z)$ и $\varphi=\varphi(x,y,z)$. Далее их можно использовать при расчете оснований и фундаментов в соответствии с действующими нормативами без визуализации или распечатки.

Зная значения характеристик грунта в точках зондирования, можно построить виртуальные выработки (рис. 11), а затем полученные значения характеристик использовать в расчетах (например, расчет осадки фундамента). Виртуальных выработок можно построить сколько угодно, а их влияние можно оценить величиной определяемой осадки фундамента. Основное правило выбора количества виртуальных выработок определяется правилом стабилизации приращения средней осадки фундамента по мере их введения.

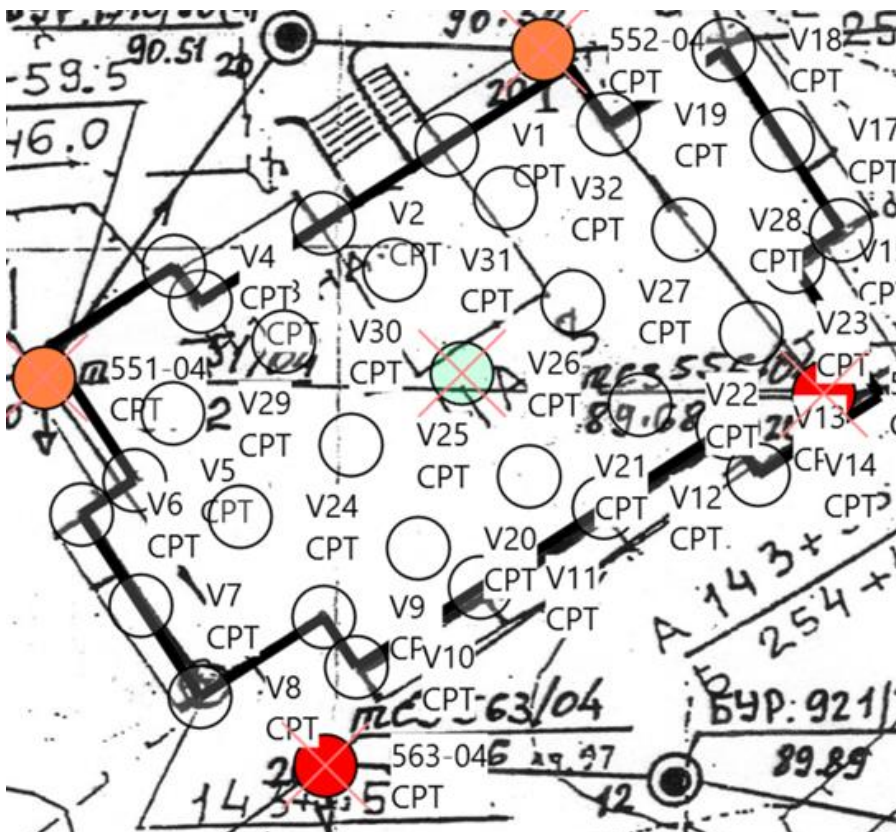


Рис. 12. Точки зондирования (красные) и виртуальные выработки (белые)

На рисунке 12 показаны виртуальные выработки и точки зондирования (контрольные выработки) для здания 4А-8 на площадке изысканий. Всего было сгенерировано 32 виртуальных выработки, а значения характеристик грунтов в пространстве между ними были найдены с использованием 2D функции интерполяции Шепарда [3]. Далее в расчет осадки была включена дополнительно к трем контрольным выработкам (551-04, 556-04, 563-04) виртуальная выработка V26 (зеленый цвет) и определена средняя осадка по четырем выработкам и значения коэффициента жесткости основания (рис. 13).

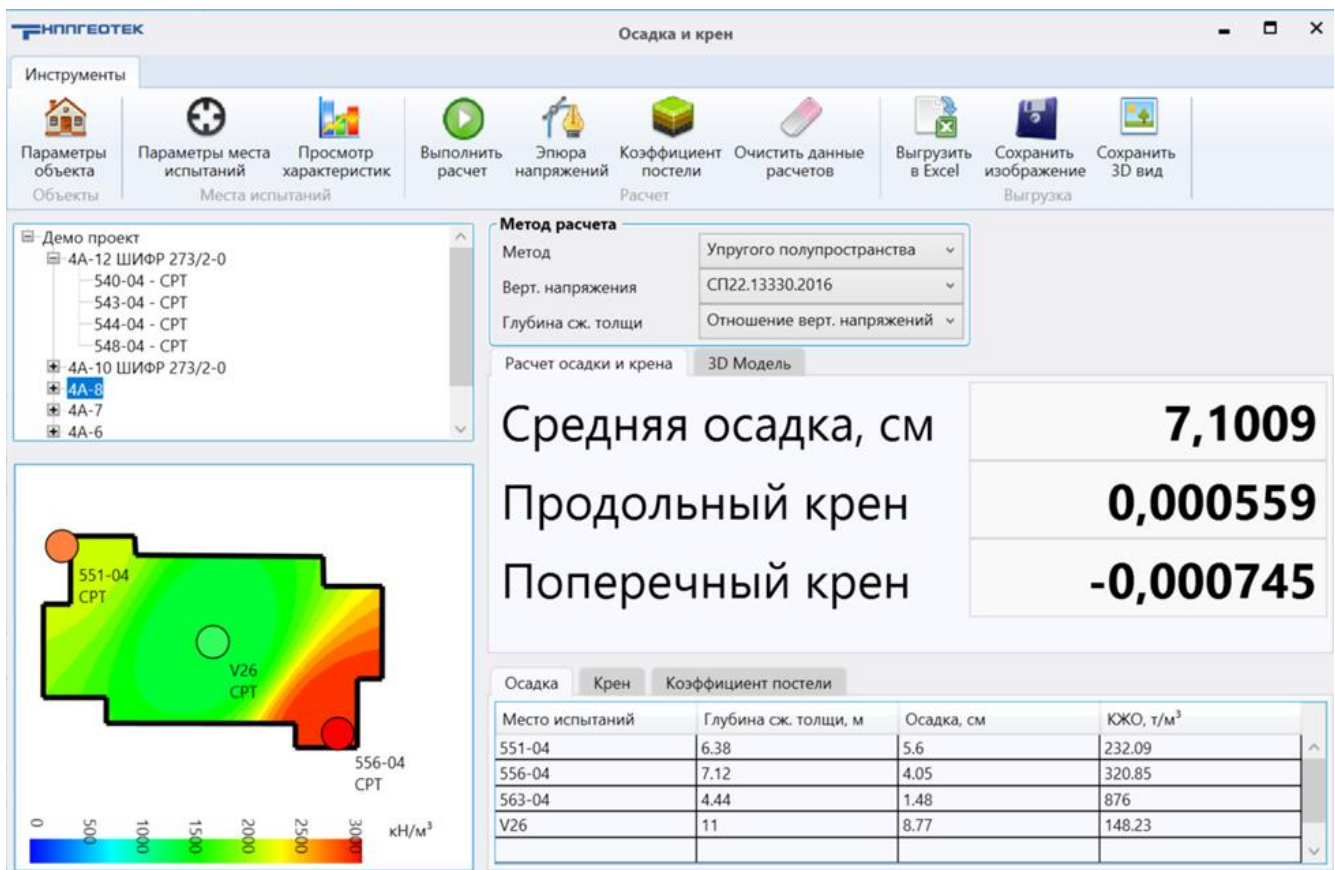


Рис. 13. Расчет глубины сжимаемой толщи (м), средней осадки (см), крена, осадки на каждой выработке (см), коэффициента жесткости основания (т/м³)

Как видно из рисунка 7 и рисунка 11, средняя осадка увеличилась с 5,74 см до 7,10 см. Причем максимальная осадка (прогиб плиты фундамента) имеет место в центре плиты и равна 8,77 см, что соответствует характеру деформации основания при действии равномерно распределенного давления под подошвой плиты, равного 130 кПа. Подобную процедуру можно продолжить, вводя новые виртуальные выработки и оценивая приращение средней осадки фундамента. На рисунке 14 приведен пример вычислений с ростом количества виртуальных выработок. Введение одной виртуальной выработки дает среднюю осадку 7,10 см (рис. 12), четыре выработки – 2,58 см, шесть выработок – 3,65 см. Как видим, приращение средней осадки уменьшается с ростом количества виртуальных выработок. Это позволяет ввести параметр, контролирующий количество виртуальных выработок, например, достижение значения 10% приращения средней осадки фундамента.

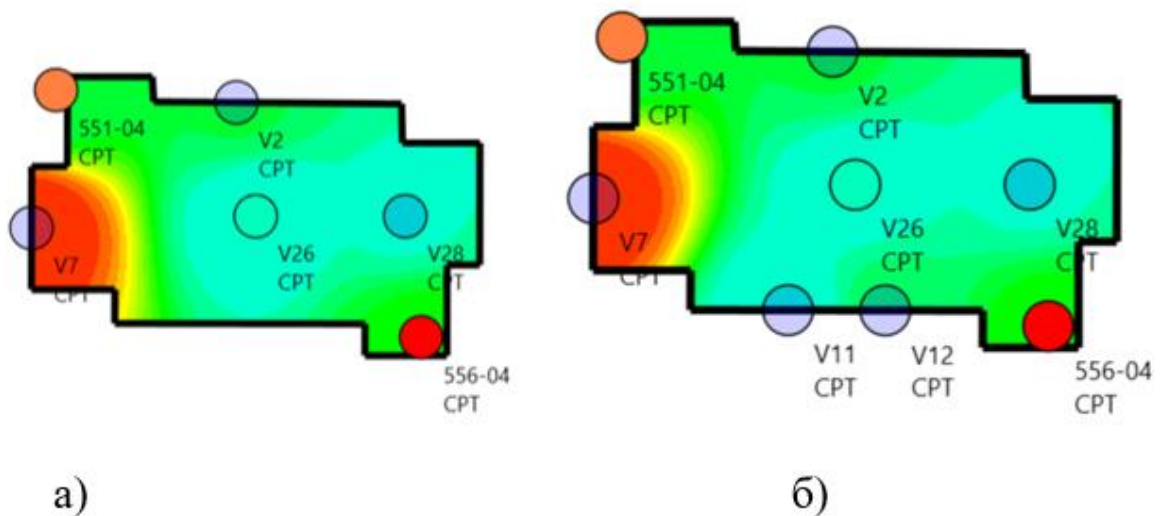


Рис. 14. Расчет осадки при различном количестве виртуальных выработок: а – четыре; б – шесть

Таким образом, на объекте 4А-8 достаточно выполнить 2–3 точки зондирования для того, чтобы рассчитать основание по деформациям. В процессе вычислений определяется также распределение коэффициента жесткости основания под подошвой фундамента, который можно использовать в программе SCAD или иной подобной для расчета внутренних усилий в конструкции фундаментной плиты, подбора высоты сечения и необходимого количества арматуры.

Следует обратить внимание читателей на то, что рассмотренная процедура выполняется автоматически непосредственно в процессе статического зондирования грунтов, а так как за рабочую смену можно выполнить зондирование не в двух, а в большем количестве точек, то точность оценки неоднородности инженерно-геологических условий будет существенно выше.

Подобная технология инженерно-геологических исследований свойств грунтов разработана для динамических методов зондирования, зондирование пробоотборником (SPT – Standart Penetration Test) и зондирование конусом (DCPT – Dynamic Penetration Test).

4. О формате обмена данными инженерно-геологических изысканий

Одной из ключевых проблем, существующих в настоящее время в области инженерно-геологических изысканий, является проблема хранения и передачи информации в электронном формате. Для решения данной проблемы нами с 2012 года (а воз и ныне там) предлагается создать в РФ либо единую систему сбора и хранения, либо единый формат передачи данных инженерно-геологических и геотехнических исследований между участниками проекта. Использование такого формата позволит систематизировать и упорядочить информацию об инженерно-геологических изысканиях и позволит использовать данные изысканий в цифровом виде.

Обсуждение данного вопроса в журнале «ГеоИнфо» можно посмотреть [здесь](#).

К сожалению, до сих пор в России нет подобного формата. Однако аналоги разработаны в Англии **AGS** – Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists и в США

DIGGS – Data Interchange for Geotechnical and Geoenvironmental Specialists. Пример использования последнего формата в различных штатах США при строительстве дорог и мостов можно увидеть [здесь](#).

Второй пример – это компания Autodesk, которая использует данные в формате AGS при создании трехмерной инженерно-геологической модели.

В Великобритании и США для этой цели широко используется формат **AGS**. Данный формат, например, содержит описание грунтов, условия их формирования, описание, результаты лабораторных и полевых испытаний и т.д. Все данные в нем хорошо систематизированы и классифицированы. Формат хорошо документирован и его поддерживают десятки зарубежных программ, что позволяет пользователям формата передавать информацию о инженерно-геологических изысканиях от одного участника проекта к другому, сохраняя целостность и упорядоченность данных. Формат передачи данных AGS с использованием совместимого программного обеспечения позволяет быстро анализировать и интерпретировать данные, содержащиеся в нем. Использование данного формата предполагает экономию времени и ресурсов.

В США попытки разработать и принять подобный формат были предприняты департаментом транспорта Флориды (FDOT) совместно с университетом Флориды, консорциумом организаций по системам наблюдения за землетрясениями (COSMOS) и Ассоциацией геотехнических и геоэкологических специалистов в Соединенном Королевстве (AGS) для некоторых частей данных. В настоящее время FDOT поддерживает формат XML, базу данных на основе интернета и различные интерфейсы баз данных, которые включают в себя как свайные фундаменты, так и геолого-геотехническую информацию.

DIGGS является крупным проектом, целью которого является разработка схем XML для описания данных, получаемых при исследованиях поверхности земли. Термин DIGGS (англ. аббр. Data Interchange for Geotechnical and Geoenvironmental Specialists) расшифровывается как «Обмен данными специалистов инженерной геологии и геоэкологии», по сути является форматом обмена данными. Данный формат нейтрален по отношению к любому программному обеспечению и является некоммерческим продуктом. Подробнее – [здесь](#).

На российском рынке в настоящее время уже существуют комплексные системы, позволяющие вводить и рассчитывать данные, полученные в ходе проведения инженерно-геологических изысканий. Такие комплексы позволяют строить графические зависимости, производить обработку и интерпретацию результатов испытаний, выполнять построение инженерно-геологических разрезов и инженерно-геологических колонок (CREDO, EngGeo, GEONICS и др.). Однако все российские программные комплексы имеют различный формат инженерно-геологической информации. У каждого продукта имеются свои собственные форматы, которые рассчитаны на взаимодействие именно со своим комплексом. Некоторые форматы таких программ (CREDO – OFG (GeoSciML), EngGeo – EGE, GEONICS - ОГМ), хоть и являются открытыми, но, как правило, на них нет практически никакой документации, либо они не включают в себя необходимую информацию для полноценного взаимодействия участников проекта (геолог, проектировщик, заказчик, строитель).

Следует отметить еще одно обстоятельство, свидетельствующее о необходимости решения данного вопроса. В мае Завод буровых технологий (ЗБТ) выпускает первый буровой станок со встроенным бортовым компьютером. Вся информация с различных узлов станка будет передаваться и храниться в облачном хранилище, что позволит в дальнейшем

предприятию эффективнее выполнять его модернизацию. Ничто не мешает одновременно передавать в это же облачное хранилище информацию данных статического и динамического зондирования и создать единую информационную инженерно-геологическую систему для различных регионов РФ.

В заключение авторы выражают признательность за представленную возможность высказать свою точку зрения на площадке журнала «ГеоИнфо» о проблеме создания в РФ информационной системы в области инженерно-геологических изысканий. Надеемся на дальнейшее обсуждение данного направления и предлагаем писать ваши комментарии авторам.

Список литературы

1. Болдырев Г.Г., Идрисов И.Х. Комплексная технология инженерно-геологических исследований и проектирования оснований.
URL:<https://www.geoinfo.ru/product/boldyrev-gennadij-grigorevich/kompleksnaya-tekhnologiya-inzhenerno-geologicheskikh-issledovaniy-i-proektirovaniya-osnovanij-40201.shtml> (дата обращения 10.04.2020).
2. Болдырев Г.Г. Руководство по интерпретации данных испытаний методами статического и динамического зондирования для геотехнического проектирования. Изд-во ООО Прондо, Москва, 2017, 476 с.
3. Болдырев Г.Г., Барвашов В.А., Шейнин В.И., Каширский В.И., Идрисов И.Х., Дивеев А.А., 2019. Информационные системы в 2. геотехнике – 3D-Геотехника. Геотехника, Том XI, № 2, с. 6–27, <https://doi.org/10.25296/2221-5514-2019-11-2-6-27>.
4. Пугачев С.В. О комплексе утвержденных базовых национальных стандартов в области технологий информационного моделирования зданий и сооружений.
https://bim-association.ru/wp-content/uploads/2019/07/СТАНДАРТЫ_ПУГАЧЕВ_02.07.2019.pdf
5. Прохачев М.В. Обзор программного обеспечения для инженерной геологии.
URL:<https://www.geoinfo.ru/product/prohachev-maksim-vladimirovich/obzor-programmnogo-obespecheniya-dlya-inzhenernoj-geologii-35100.shtml> (дата обращения 10.04.2020).
6. Семенов В.А. О перспективах создания национальной BIM платформы.
<http://new.groteck.ru/images/catalog/71412/fd85e7476139b804bcc71e3759e30578.pdf> (дата обращения 10.04.2020)
7. СП 47.13330.2012. (Актуализированная редакция СНиП 11-02-96). Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М.: Госстрой России, 2012.
8. СП 24.1330.2011. Свайные фундаменты. М.: Минрегион России, 2011.
9. СП 22.1330.2011. Основания зданий и сооружений. М.: Минрегион России, 2011.
10. СП 25.13330.2012. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. М.: Минрегион России, 2012.
11. EN 1997-1. Eurocode 7 - Geotechnical Design - Part 1: General rules.
12. Robertson P.K., Cabal K.L. Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. 2010. – 138 p.
13. Krige D.G. Two-dimensional weighted moving average trend surfaces for ore-valuation, in Proc. Symposium on Mathematical Statistics and Computer Applications in Ore Valuation: Journ. South African Inst. Mining and Metallurgy, Johannesburg, 1966, Mar. 7-8, pp. 13-38.
14. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и её применение. Томск: Изд-во Томского университета, 2002. — 128 с.