

**К.т.н. В.А. Барвашов**  
**А.П. Дубень**  
(НИИОСП им.Герсевича, Москва),

**О КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ДИАЛОГА  
МЕЖДУ ИСЫСКАТЕЛЯМИ И ПРОЕКТИРОВЩИКАМИ**

## Проблемы получения, обработки и использования данных инженерно-геологических изысканий (ИГИ)

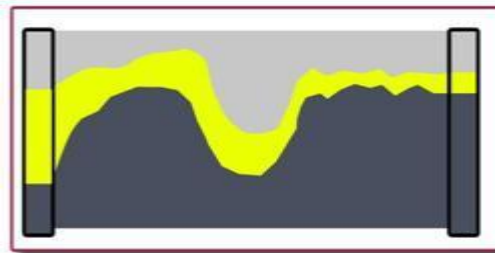
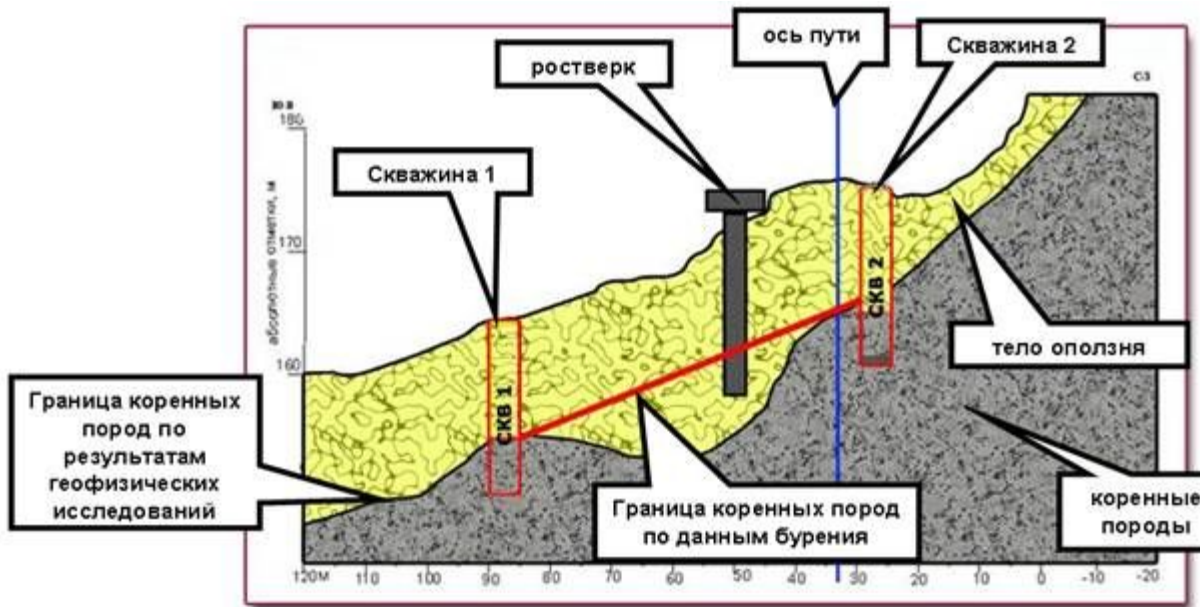
1. Данные ИГИ – это нечеткое множество из-за дефицита, неопределенности и разрозненности исходных данных.
2. Операции получения, обработки, передачи и использования данных ИГИ большей частью и повсеместно выполняются **вручную** на основе **субъективных оценок** и хранятся на **бумажных носителях**.
3. Нет **интерактивного диалога** между геологами и геотехниками, а есть **правила разделения ответственности**, основанные на выполнении обязательных принципов и процедур которые практически не изменились после появления компьютеров.
4. **Информационные технологии (ИТ)** шагнули далеко вперед, создавая широкие возможности для обработки данных и взаимодействия между геологами и проектировщиками.

## Ручные операции, выполняемые геологами, включают

- измерение, регистрацию и обработку данных ИГИ, полученных в испытаниях;
- упаковку данных, т.е. построение границ инженерно-геологических элементов (ИГЭ), в которых характеристики грунтов условно принимаются постоянными;
- построение графических разрезов; составление отчетов. Хотя частично и используются компьютеры, доля ручных операций и субъективизма весьма велика.

Геотехник (проектировщик) должен распаковать эти данные, т.е. выполнить те же самые операции, которые ранее выполнил геолог-изыскатель, но в обратном порядке. Это двойная работа, причем опять вручную.

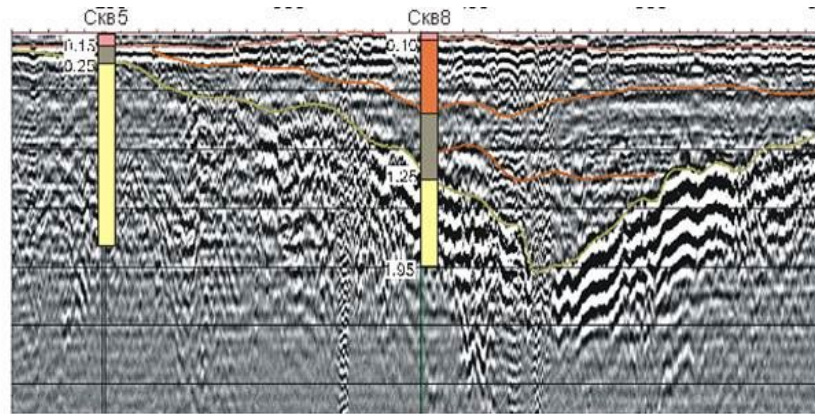
- проектировщику нужны не только ИГЭ, но и подробные числовые 3D распределения характеристик грунтов, каждой в отдельности. Такие распределения строят по нечетким данным. Однозначно это сделать невозможно, поэтому здесь велика доля субъективизма.



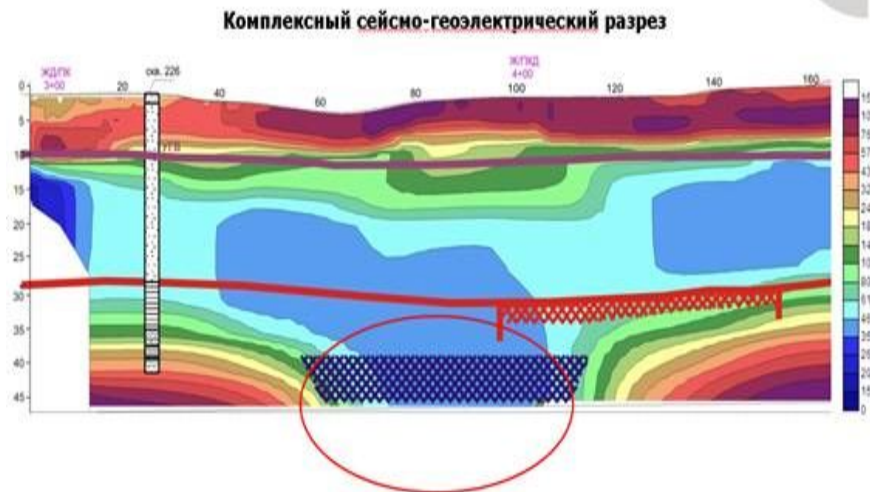
Данные  
Москва

НПЦ

«Геотех»,



а



Данные НПЦ «Геотех»,  
Москва

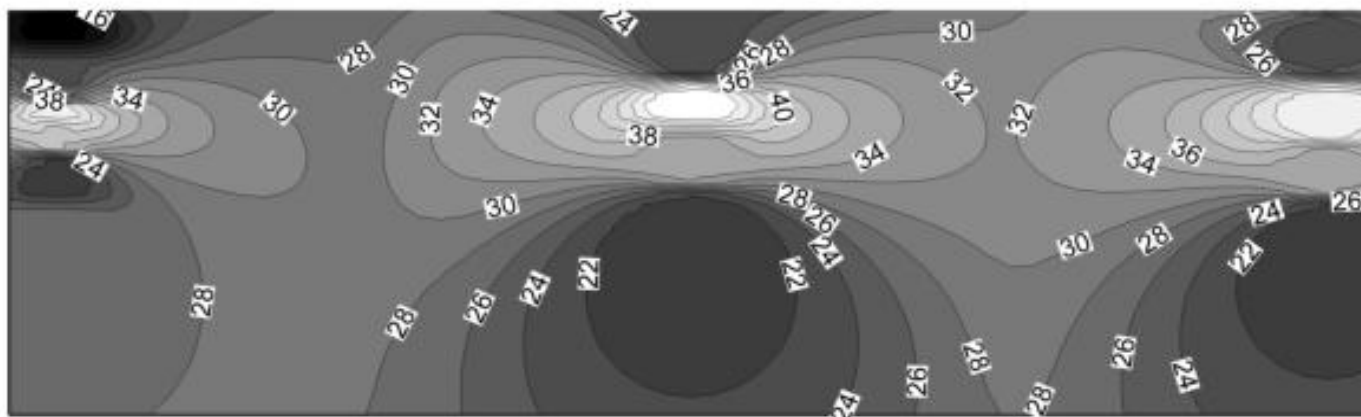
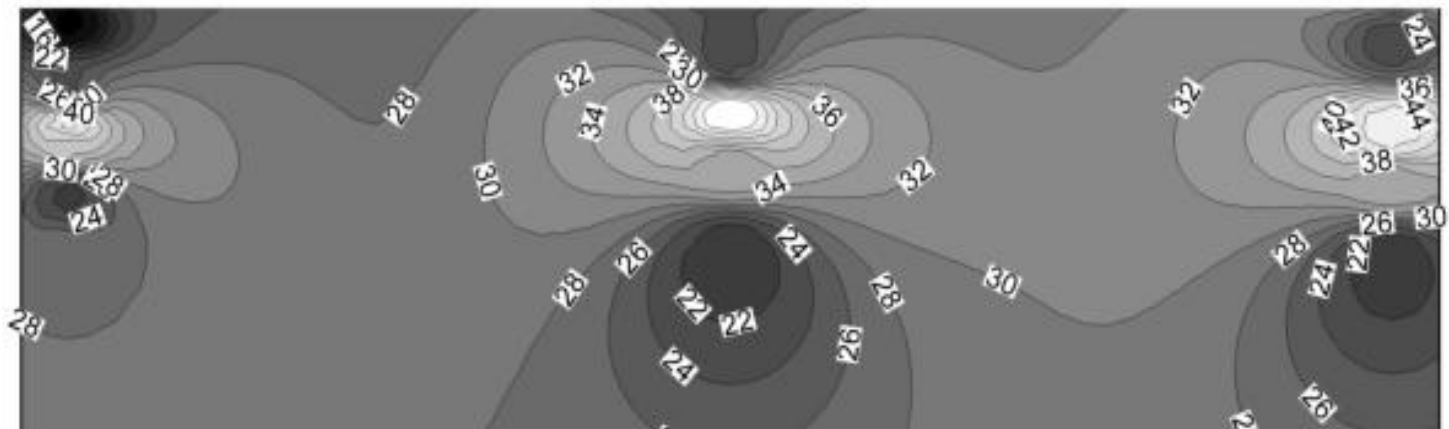
В таких условиях и геолог, и проектировщик стремятся к консервативным решениям:

Геолог занижает характеристики грунтов, а проектировщик завышает запасы надежности.

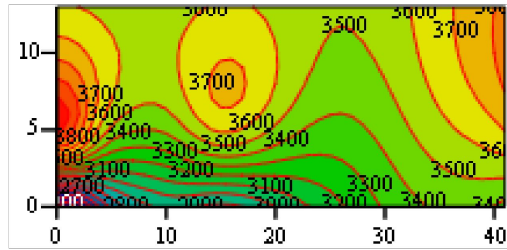
Благодаря ИТ можно полностью

- исключить ручные операции,
- исключить субъективизм и бумажные носители информации
- обеспечить диалог между геологами и проектировщиками на основе математического моделирования системы основание-фундамент-сооружение (СОФС)
- передавать данные ИГИ не на бумаге, а на электронном носителе или по Интернету и сразу вводить в компьютер, стыкуя с цифровой моделью сооружения (SCAD).

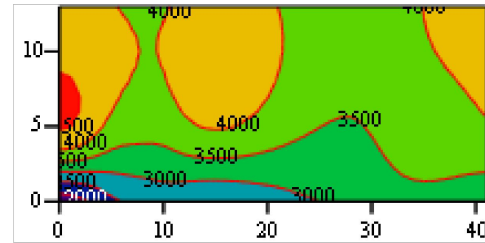
Модуль деформации  
Изолинии в вертикальном разрезе, не проходящем через выработки  
Функции Шепарда  $p=2$  и  $p=4$



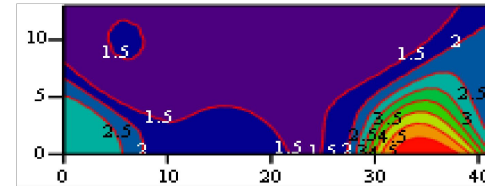
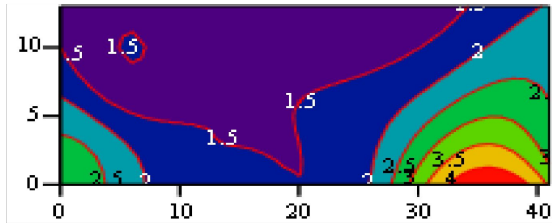
Изолинии E, с и φ. Разрез не проходит через выработки.  $\rho=2$  и  $\rho=4$



EEE

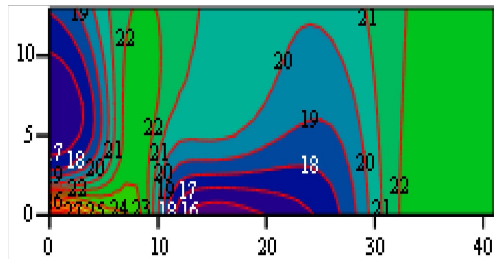


EEE

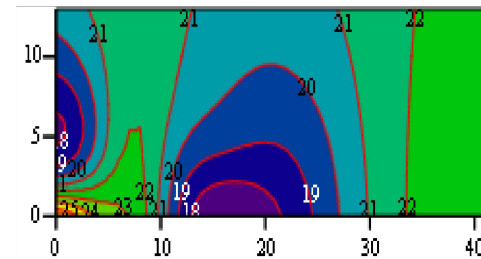


ccc

ccc



φφφ



φφφ



Задавая различные сечения 3D цифровых массивов характеристик грунта, можно строить как угодно много геологических графических разрезов с непрерывными изолиниями характеристик и аксонометрией залегания грунтов.

Автоматическое построение ИГЭ и РГЭ с помощью цифровых массивов проще (опознавание образов), чем построение границ напрямую.

Эта графика выводится на экран монитора, и тогда виртуальное основание можно «рассматривать» в самых различных ракурсах, что, безусловно, эффективнее, чем изучение бумажных отчетов об изысканиях с небольшим числом разрезов, выполненных субъективно вручную.

ИГЭ и РГЭ, рекомендованные в ГОСТ 20522-96 [6], это кусочно-постоянные распределения усредненных характеристик грунта

Лучше не кусочно-постоянные, а непрерывные 3D-распределения характеристик грунтов, построенные автоматически по интерполяционным формулам. Так проще для расчетов.

Дискретизация данных с помощью разрывных кусочно-постоянных функций – это лишняя и трудоемкая операция

Для учета влияния неопределенности данных ИГИ на результаты расчета СОФС нужно математическое моделирование для оценки чувствительности СОФС, к вариациям исходных данных. Это исследование виртуальной реальности, что дает более подробную информацию, чем данные мониторинга.

## **Ретроспективный анализ геотехнических данных**

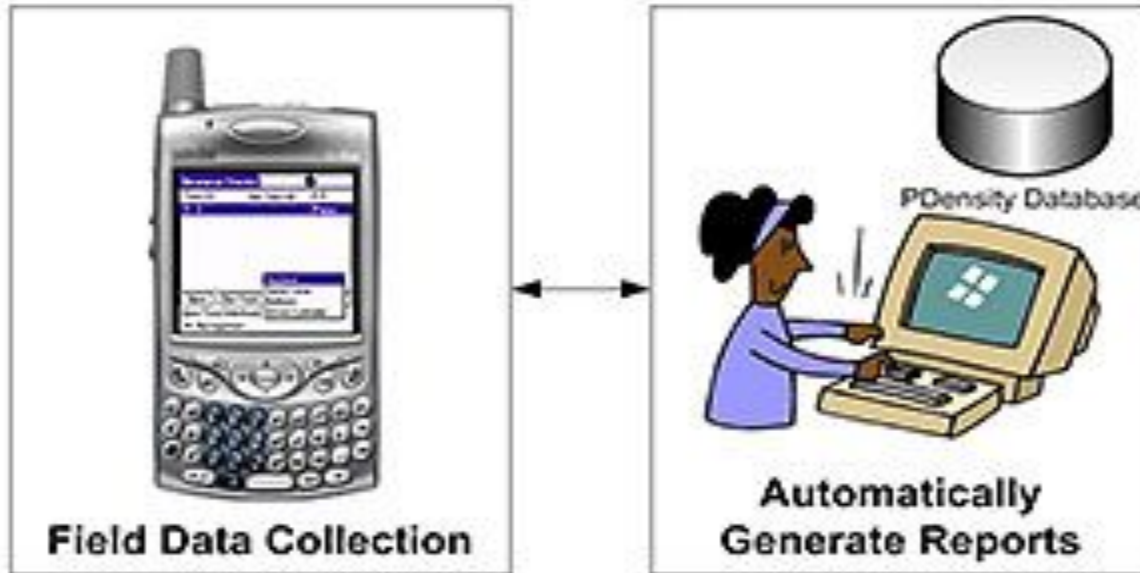
Data mining (интеллектуальный анализ данных, добыча данных, промывка данных и т.д.) – это выявление скрытых закономерностей Data mining (интеллектуальный анализ данных, добыча данных, промывка данных и т.д.) – это выявление скрытых закономерностей или взаимосвязей между переменными в больших массивах необработанных данных (raw data). Направление Data Mining зародилось 20 лет назад и широко используется за рубежом. Методы Data Mining разнообразны, например широко используются нейронные сети (курс читается в МГСУ).

### **Необходимость новых нормативных документов**

Так в НПП «Геотек» (г. Пенза) и в других организациях данные статического зондирования и лабораторных испытаний грунтов можно регистрировать, обрабатывать автоматически и представлять в необходимом цифровом формате, совместимом, например, с комплексом программ расчета зданий и сооружений системы SCAD. Аналогичные возможности имеются и в других российских организациях.

**Однако нет соответствующей унифицированной системы, регламентированной нормативными документами.**

# Коммерческие аппаратные комплексы за рубежом



Британский математик **Джордж Е.П. Бокс** утверждает:  
«*Все модели ошибочны, но некоторые из них полезны*» или  
«*...все модели ошибочны; практический вопрос – насколько ошибочными они должны быть, чтобы не быть полезными?*»

Или все модели ошибочны, а большинство из них бесполезны

Принцип **Парето-Джордано**:  
«*Существенных факторов немного, а факторов тривиальных множество*» («*принцип 20/80*»)

Эти утверждения задают путь уточнения моделей:  
**существенные факторы (20%)** следует оценивать возможно точнее, а **несущественные (80%)** – с гораздо меньшей точностью.

Ошибочность не страшна, если модель правдоподобна.

Примеры полезных правдоподобных моделей и их ошибочность

1. Первый закон Ньютона
2. Поверхность Земли плоская. Задачи Буссинеска, Фламана
3. В геотехнике : линейно-деформируемый слой и полупространство, сжимаемая толща, закон Кулона-Мора

Правдоподобная модель становится **полезной**, если ее **параметры откалибровать** по экспериментальным данным (обратная задача – *back analysis*), получив закон, формулу или алгоритм

**Число** логических условий типа «**если..., то**» (если  $a < b$ , то  $a = 3$ ) - это **показатель правдоподобия** и/или качества модели.

Чем больше «если ..., то», тем хуже модель и/или ее калибровка.

**Лучше всего одна** аналитическая формула (или ни одной)  
или **один** алгоритм без «**если..., то**»

Пример.

Осадки здания/сооружения, рассчитанные по рекомендациям нормативных документов, могут быть в **два раза** отличаться от фактических (Тер-Мартиросян, 2009), в **1.5 раза** (Р.Франк, 2009), (Ж.Л. Брио, 1986)

## **Консервативные** проектные решения.

Часто устраивают и инвестора, и подрядчика (*на фундаментах не экономят!*).

В геотехнике лишние затраты не столь запретны как в других областях, где массу, прочность, габариты и стоимость конечного изделия конфликтуют и жестко ограничивают.

## **Консерватизм ≠ надежность**

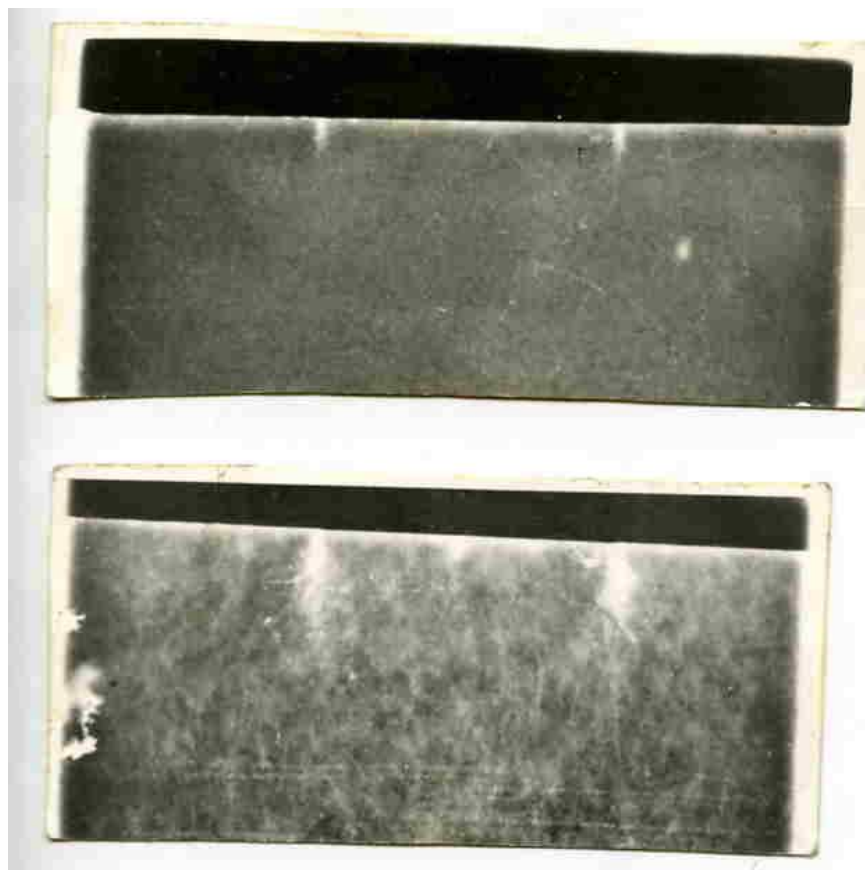
При проектировании нужен научный поиск, численное моделирование.

В нормативных документах много парадоксов

Например.

**В СП 50-102-2003** рекомендовано три модели свайных фундаментов.

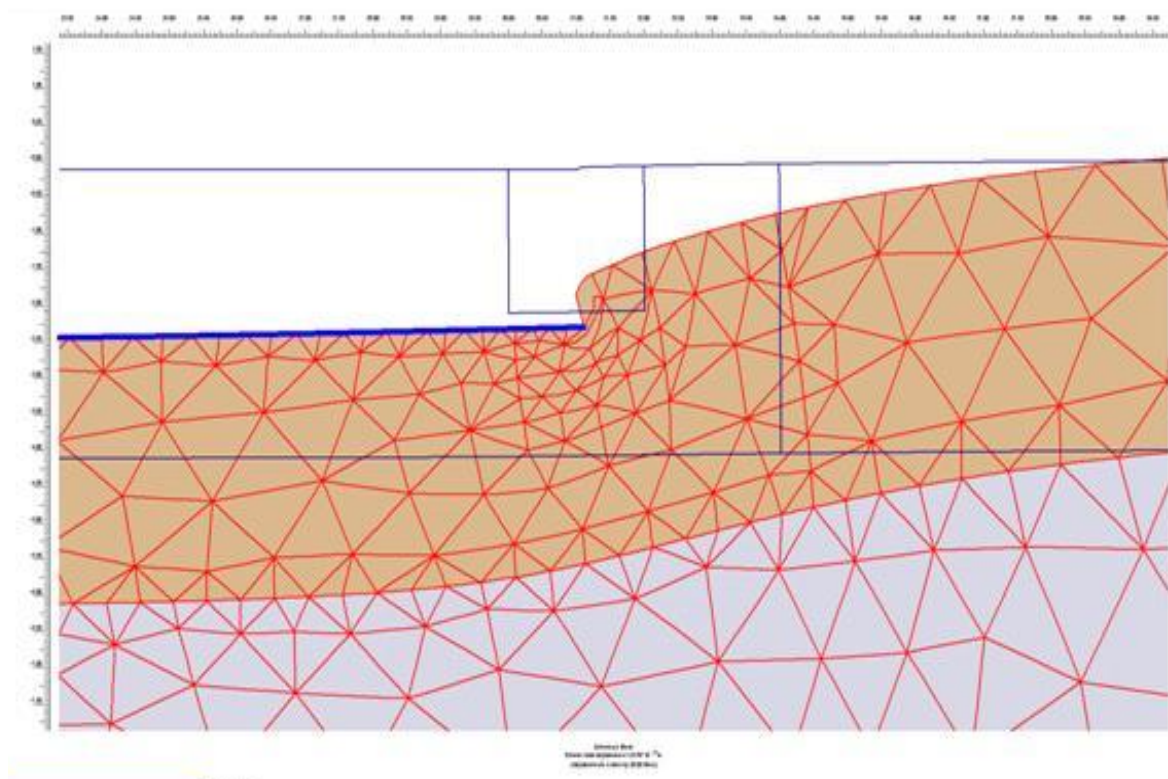
Зоны разрушения грунта  
под краями фундамента  
(прорезка)



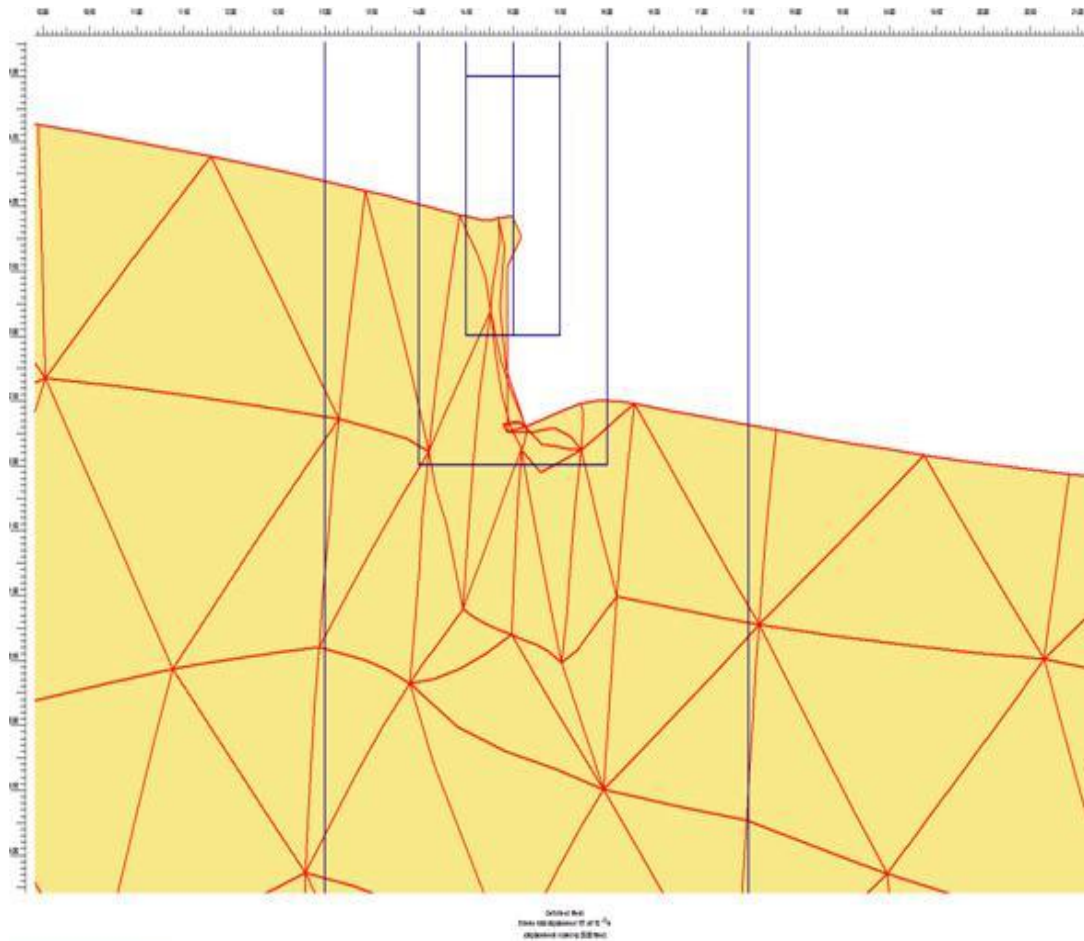
***В.В. Михеев, М.И. Смородинов, Р.В. Серебряный.  
О зонах пластических деформаций в основании.  
Основания, фундаменты и механика грунтов, 1961, №3.***



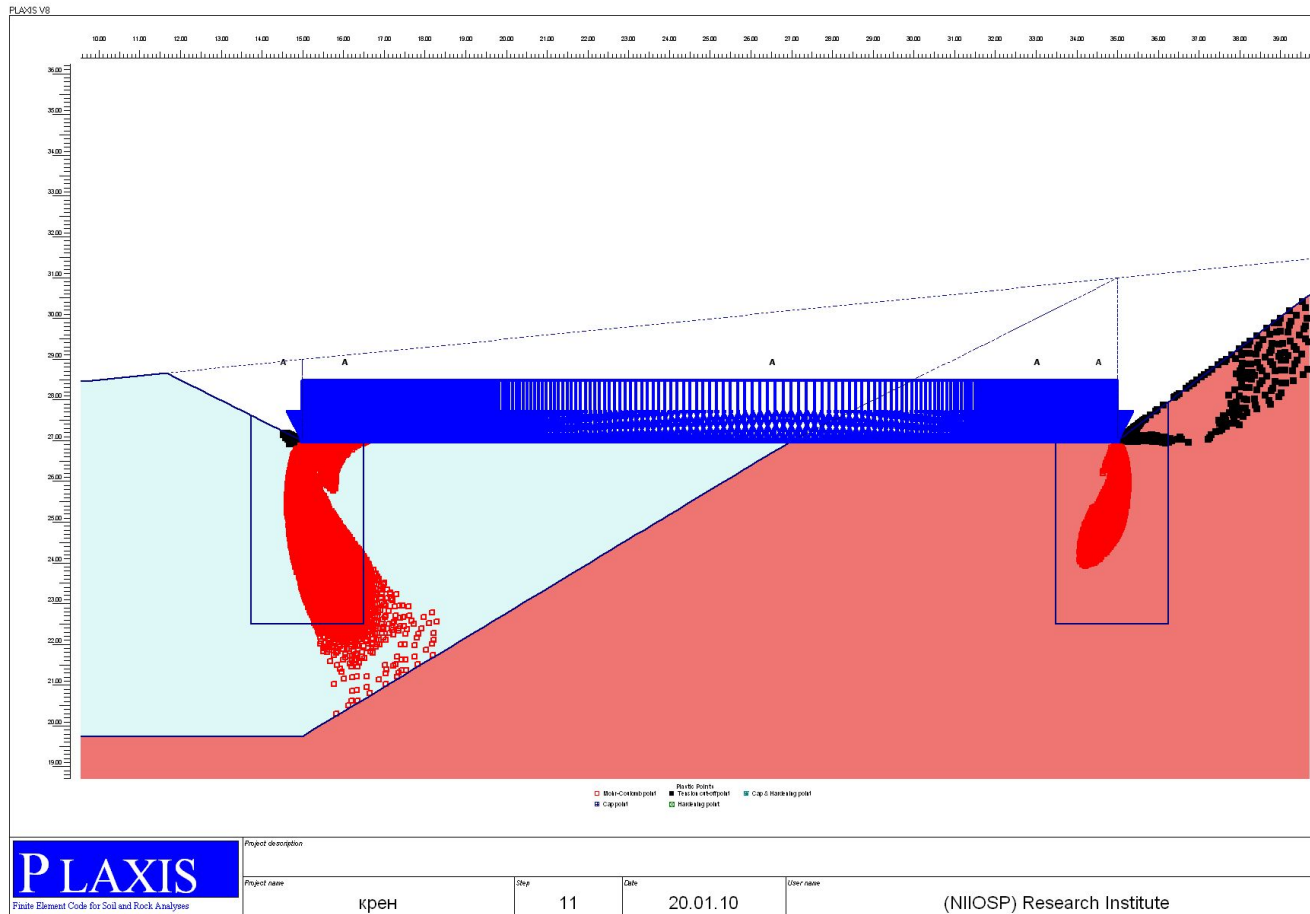
**Краевая зона в увеличенном масштабе. 3D**  
**В расчете по МКЭ нельзя учесть локальные разрывы,**  
**тем не менее, у края видны «скачки» перемещений.**



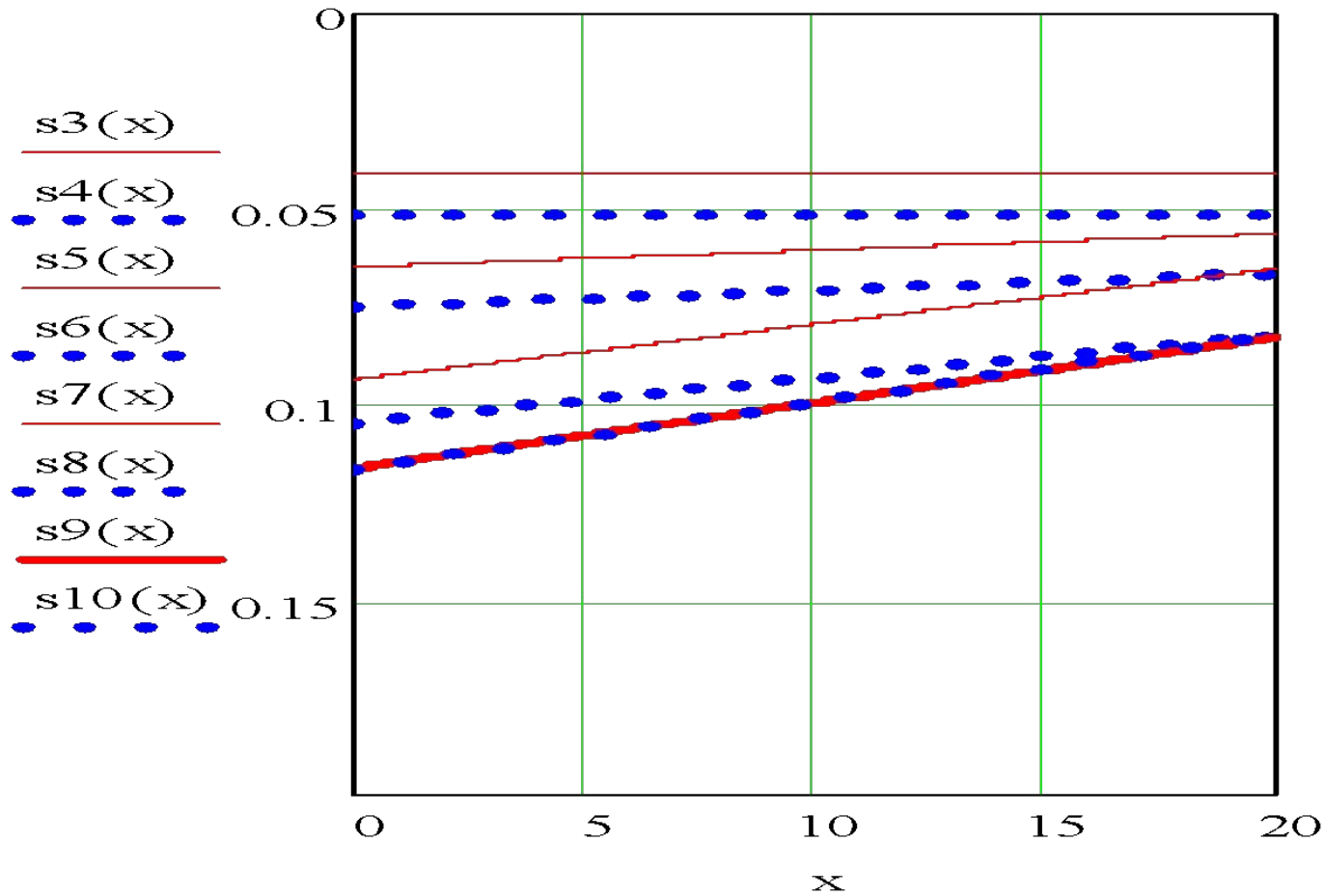
# Скачок перемещений под краем фундамента Сдвиговых разрывов нет (особенность PLAXIS)



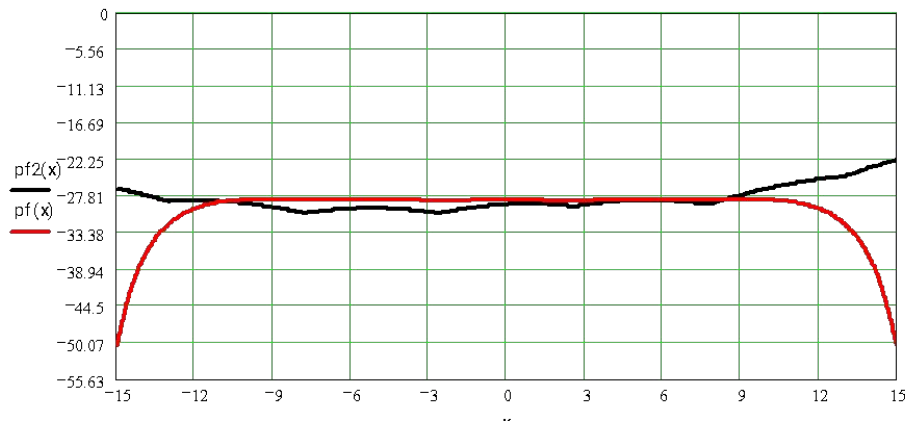
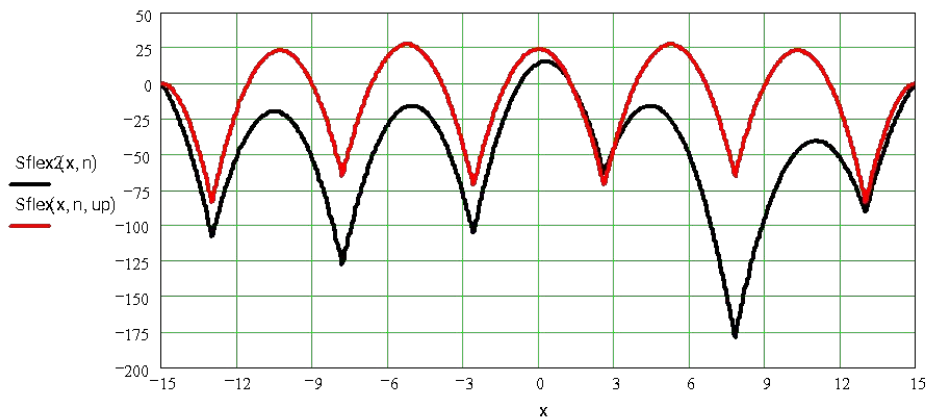
# Пластические зоны разной глубины в грунте под краями фундамента на основании однородном по сжимаемости ( $E=\text{const}$ ) и неоднородном по прочности ( $c\neq\text{const}$ и $\varphi\neq\text{const}$ )



Рост кренов жесткого фундамента при росте нагрузки на основании однородном по сжимаемости ( $E=\text{const}$ ) и неоднородном по прочности ( $c \neq \text{const}$  и  $\varphi \neq \text{const}$ )

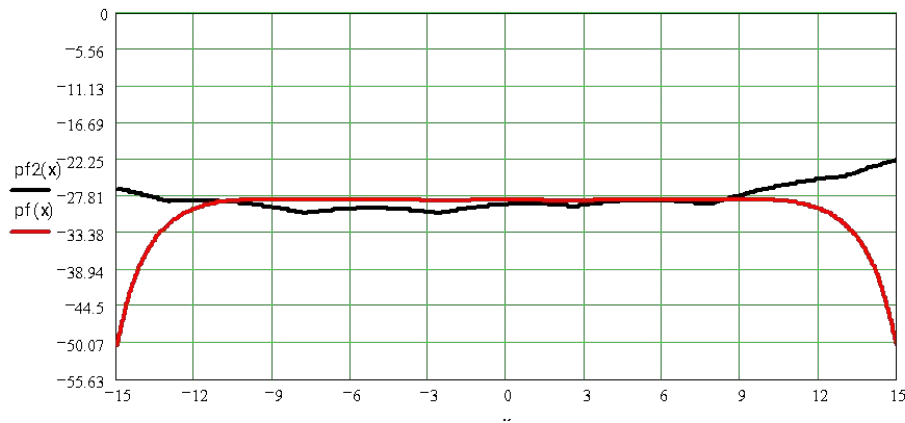
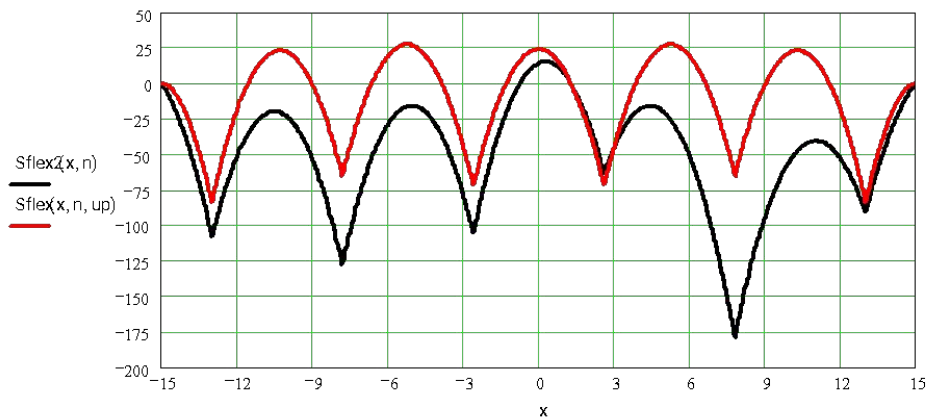


**В СС нет прорезки , поэтому графики  
асимметричны,  
В ССС прорезка учитывается, поэтому графики  
симметричны,**

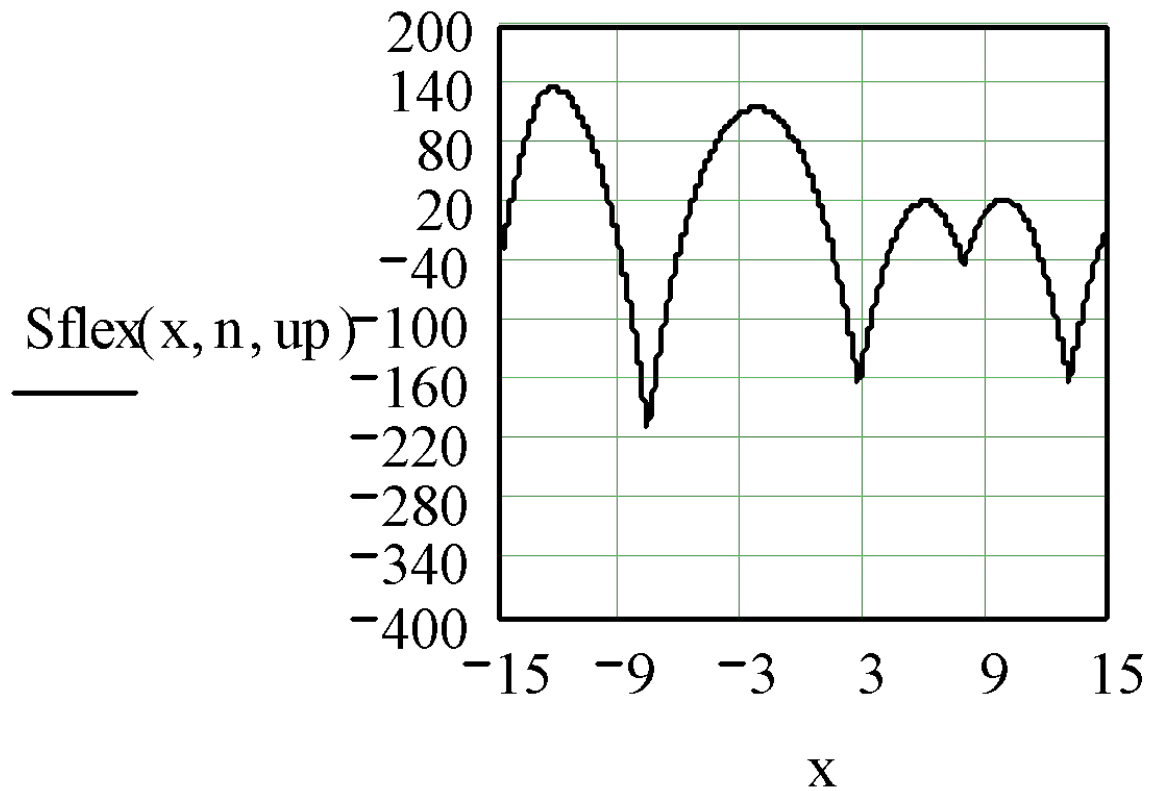


$$pf(15) = -50.628$$

**В СС нет прорезки , поэтому графики  
асимметричны,  
В ССС прорезка учитывается, поэтому графики  
симметричны,**



$$pf(15) = -50.628$$



**Искажение эпюры изгибающих моментов в фундаменте при незначительной глубине прорезаемого слоя - 0.1 м**

***Доклад на международную конференцию  
«Геотехнические проблемы мегаполисов»  
7-9 июня 2010***

**О компьютеризации диалога между изыскателями и геотехниками**

В.А. Барвашов

НИИОСП, в.н.с, к.т.н, , член РОМГиФ, [barvash@mail.ru](mailto:barvash@mail.ru), Москва, Россия.

Г.Г. Болдырев

НПЦ Геотек, ген директор, д.т.н., проф. ПГУ, член РОМГиФ, Пенза

Р.С. Зиангиров

Мосгоргеотрест, д.г.-м. н., проф., член РОМГиФ, Москва, Россия.

А.А. Маляренко

ООО НПФ «SCAD Soft», генеральный директор, Москва,

В.В. Монахов

Группа компаний «ГЕОТЕХ», председатель совета директоров, Москва,