# Доклад на совещании «Основные направления в развитии инженерно—геологических изысканий на период 2012—2020 г.г.»

Калуга-2012

Болдырев Г.Г., проф.д.т.н., ООО «НПП Геотек»

### Ваше мнение – геологи!

### Нужны ли нам эти технологии?

№ п.п.	Наименование работ	Тип продукции	Сроки
1	2	3	4
1	Метод компрессионных испытаний с постоянной скоростью деформации	Стандарт	30.04.2012
2	Руководство для компрессионных испытаний с постоянной скоростью деформации	Методическое пособие	30.04.2012
3	Разработка рабочей документации и организация производства компрессионных приборов	Приборы	30.06.2012
4	Метод полевых испытаний буровым зондированием	Стандарт	30.09.2012
5	Разработка рабочей документации, организация производства и испытания оборудования для бурового зондирования	Оборудование	30.12.2012
6	Руководство для полевых испытаний буровым зондированием	Методическое пособие	30.12.2012
7	Метод испытаний в полевых условиях на кольцевой сдвиг	Стандарт	30.06.2012

1	2	3	4
8	Руководство для испытаний в полевых	Методическое	1
	условиях на кольцевой сдвиг	пособие	30.06.2012
9	Разработка рабочей документации,	Оборудование	1
	испытания и организация производства установки для полевых испытаний на		30.06.2012
	кольцевой сдвиг		
10	Метод определения влажности на	Стандарт	1
	границе раскатывания и текучести		30.09.2012
11	Руководство для определения	Методическое	
	влажности на границе раскатывания и	пособие	30.12.2012
12	текучести Разработка рабочей документации,	Приборы	1
12	испытания и организация производства	Приооры	30.12.2012
	приборов для определения влажности		
	на границе раскатывания и текучести		
13	Метод полевых испытаний статическим	Стандарт	
	и динамическим зондированием		30.12.2013
14	Руководство для полевых испытаний		
	статическим и динамическим	пособие	30.12.2013
	зондированием		

1	2	3	4
15	Разработка рабочей документации, испытания и организация производства установки для полевых испытаний статическим и динамическим зондированием	Оборудование	30.12.2013
16	Метод динамических испытаний в условиях трехосного сжатия	Стандарт	30.12.2013
17	Руководство для динамических испытаний в условиях трехосного сжатия	Методическое пособие	30.12.2013
18	Разработка рабочей документации, испытания и организация производства прибора для динамических испытаний в условиях трехосного сжатия	Прибор	30.12.2013
19	Метод полевых испытаний динамометрическим зондом	Стандарт	30.12.2012
20	Руководство для проведения полевых испытаний динамометрическим зондом	Методическое пособие	30.12.2012
21	Разработка рабочей документации, испытания и организация производства динамометрического зонда	Оборудование	30.12.2012

### Сервис геологам!

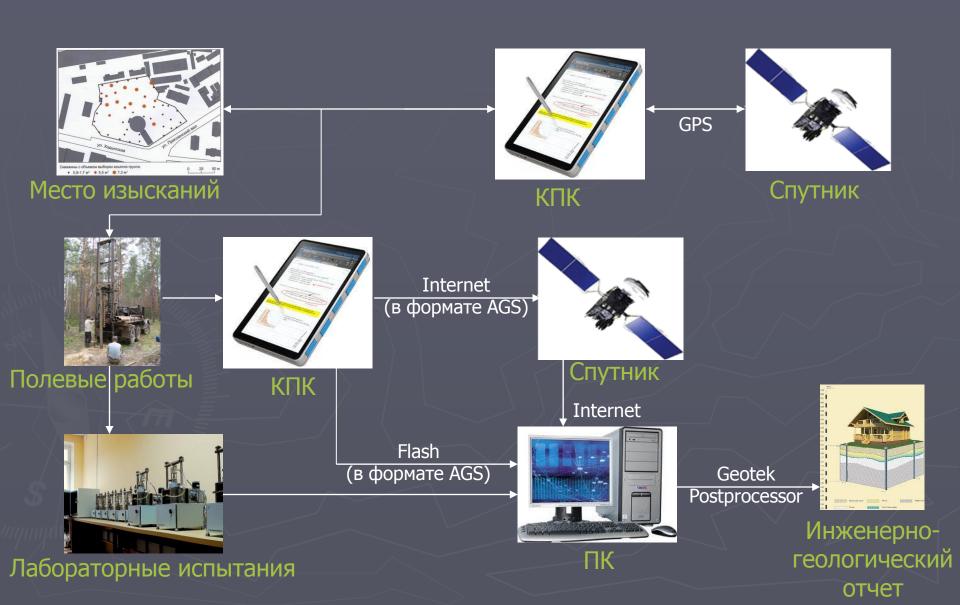
### САПР «ИНЖЕНЕР-ГЕОЛОГ»

### Бумага и еще раз бумага!

- Вся информация и отчеты на бумаге
- Требуется создать более
   эффективные информационные
   системы



### Схема перемещения данных



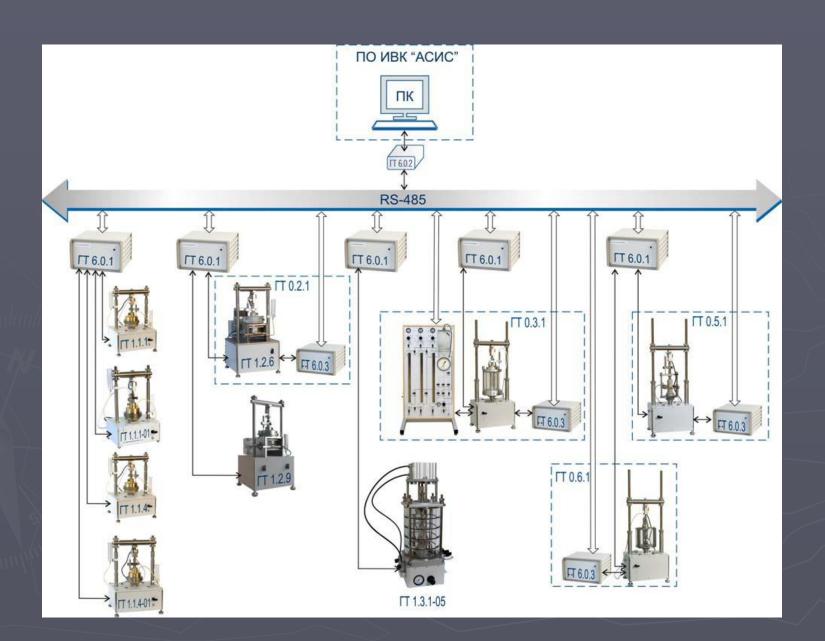
### Инженерно-геологический отчет

- Автоматизированное создание отчетов по ранее введенной в базу данных информации
- Корректировка шаблонов отчета, с учетом требований конкретной организации
- Форматирование отчета в электронном виде, удобном для проектировщиков

### Построим «Мост» между геологами и проектировщиками

# Система автоматизированного определения параметров моделей грунтов

### Схема испытаний – ГОСТ-АСИС



### Виды испытаний – ГОСТ- АСИС

Компрессионное сжатие Одноплоскост- ной срез

Трехосные испытания





Определяемые параметры:

 $E, P_{crp}, C_{a}, C_{v}$ 

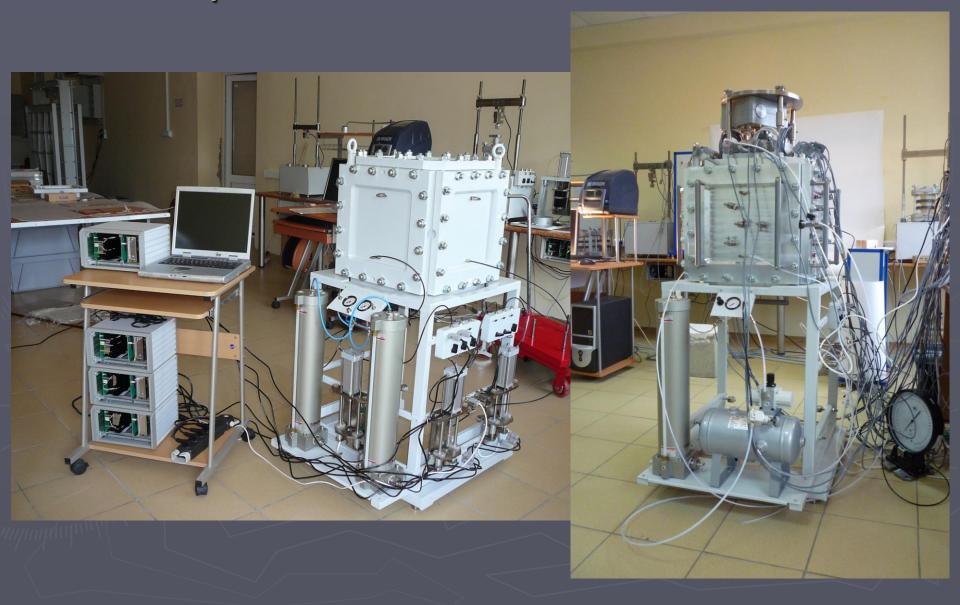
Определяемые параметры:

φ, с

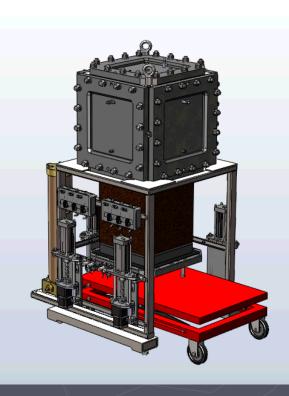
Определяемые параметры:

φ, c, v, E, G, K

## Испытания в условиях истинного трехосного сжатия — не ГОСТ



# Испытания в условиях истинного трехосного сжатия



### Математические модели грунтов

Название модели	Программные комплексы	Описание
Гука	Bce	$\varepsilon = \sigma / E$
Мора-Кулона	Z-Soil, Crisp, Plaxis	$T = \sigma \operatorname{tg}(\varphi) + c$ $(\sigma_1 - \sigma_3)/2 = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$ $\operatorname{sin}(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)$
Треска	Crisp	Sy=max( $ \sigma_1$ - $\sigma_2 $ , $ \sigma_2$ - $\sigma_3 $ , $ \sigma_1$ - $\sigma_3 $ )
Мизеса	Abaqus, ANSYS, Crisp	$2 \sigma_{y}^{2} = (\sigma_{1} - \sigma_{2})^{2} + (\sigma_{2} - \sigma_{3})^{2} + (\sigma_{1} - \sigma_{3})^{2}$
Друкера- Прагера	Abaqus, ANSYS, LS- DYNA, Crisp, Z-Soil	$\sqrt{I_2}$ =A+B · $I_1$

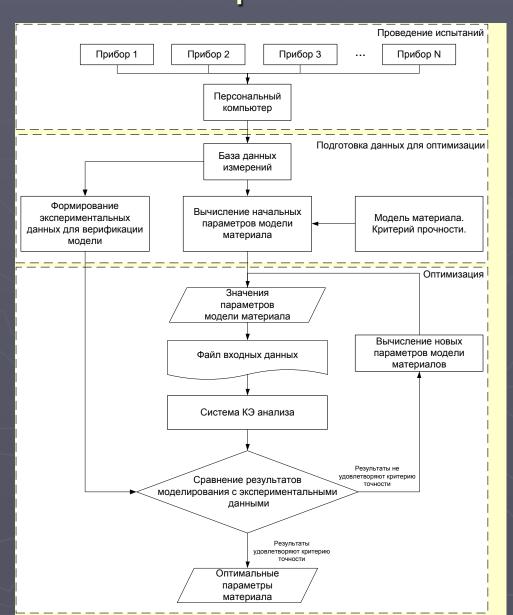
### Математические модели грунтов

Название модели	Программные комплексы	Описание
CAP	LS-DYNA, Plaxis	$\sqrt{I_2} = \alpha + \gamma \cdot e^{\beta} + \theta \cdot I_1$
Cam-Clay	Crisp, Plaxis, Z-Soil	$\frac{\partial p'}{\partial \varepsilon_{s}} = \frac{\partial q}{\partial \varepsilon_{s}} = \frac{\partial v}{\partial \varepsilon_{s}} = 0$ $v = 1 + e$ $p' = \frac{1}{3}(\sigma_{1}' + 2 \cdot \sigma_{3}')$ $q = \sigma_{1}' - \sigma_{3}'$

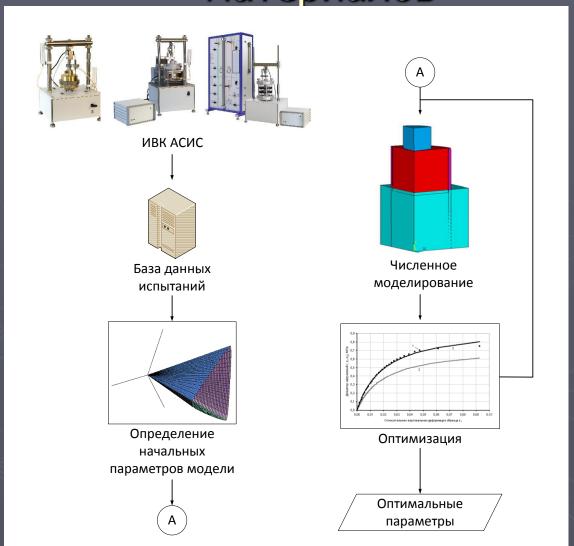
## Постановки задач механики сплошной среды

Постановка задачи	Достоинства	Недостатки
Лагранжева	1. Высокая скорость расчета; 2. Узловая деформация КЭ сетки;	1. Вероятность вырождение КЭ сетки при сложной деформации;
Эйлерова	1. Перенос массы между элементами КЭ сетки; 2. Возможны любые виды деформаций;	1. Низкая скорость расчета; 2. Отсутствует возможность трещинообразования;
Система сглаженных частиц	1. Отсутствие КЭ сетки; 2. Возможен GPU расчет; 3. Возможны любые виды разрушения;	1. Большое количество частиц; 2. Расчет на GPU видеокартах;

## Методика определения параметров моделей материалов



Методика определения параметров моделей материалов



ООО «НПП «Геотек» Способ определения параметров моделей грунтов и материалов//Патент России № 2404418.2009

### Достоинства методики

- Методика универсальна для всех систем КЭ анализа;
- Методика универсальна для всех моделей материалов;
- Полученные параметры модели материала соответствуют конкретной реализации в системе КЭ анализа;
- Методика универсальна для любой постановки задачи механики сплошной среды;
- Система оптимизации, разработанная в соответствии с предложенной методикой, легко дополняется поддержкой новых систем КЭ анализа. Для интеграции необходима только разработка средств подготовки расчетной модели и извлечения результатов расчета из системы КЭ анализа;

# Определение параметров прочности методом кольцевого среза

### Непосредственно рядом с фундаментом

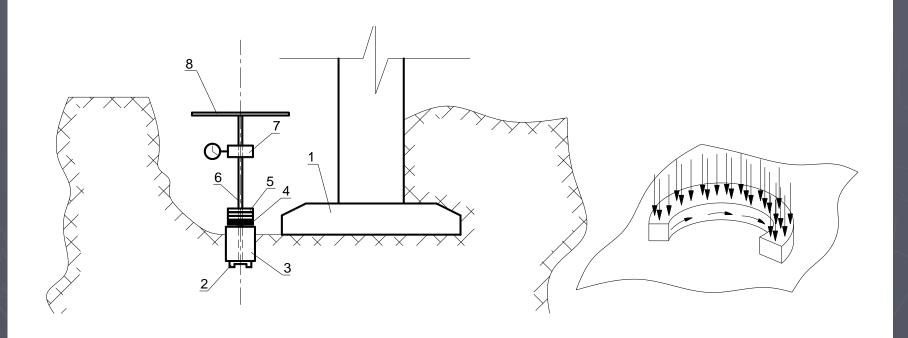
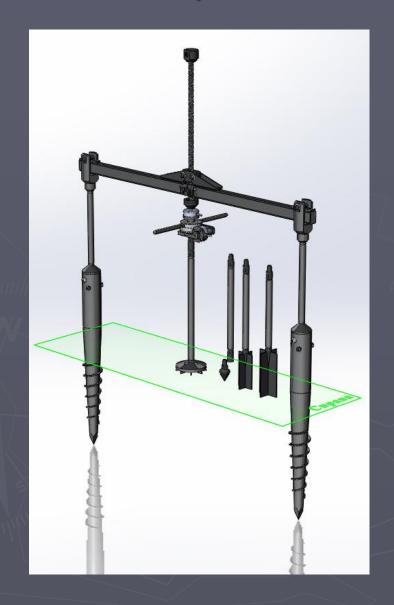


Схема испытаний методом кольцевого среза

Схема нагружения

А.с. №654877 ССР, МКИ4G01 №3/22; Е 02Д 1/02. Способ определения сопротивления грунта сдвигу /В.Л. Кубецкий/ Открытия. Изобретения. 1972 № 12

### Устройства для испытаний





# Компрессионные испытания с непрерывным нагружением

### Конструкция компрессионного прибора

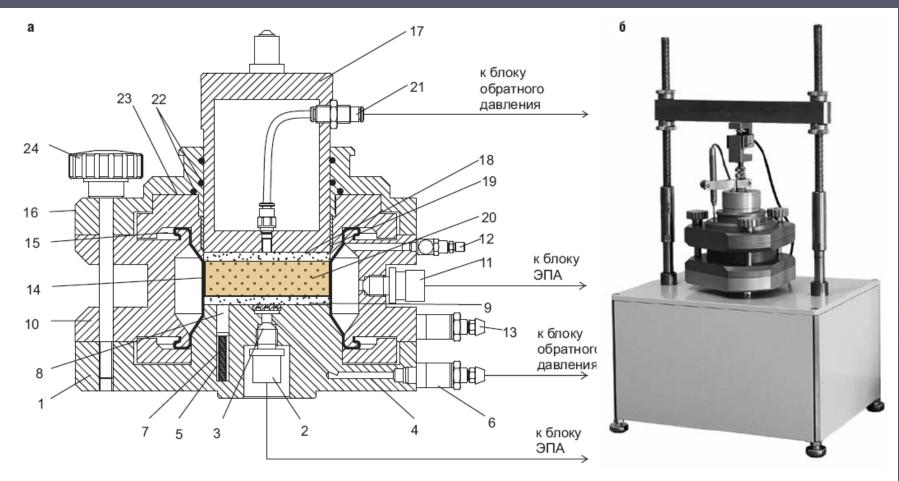
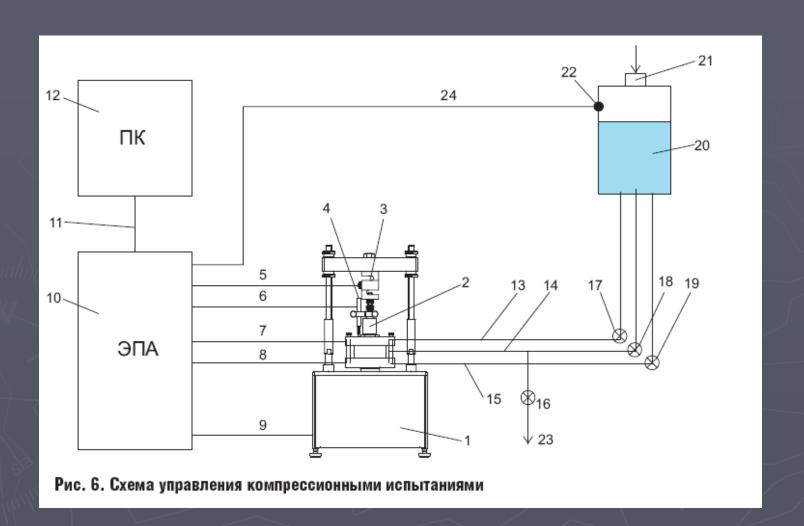


Рис. 5. Одометр (а) и компрессионный прибор измерением боковых напряжений конструкции 000 «НПП Геотек» (б)

### Схема управления



### Результаты испытаний

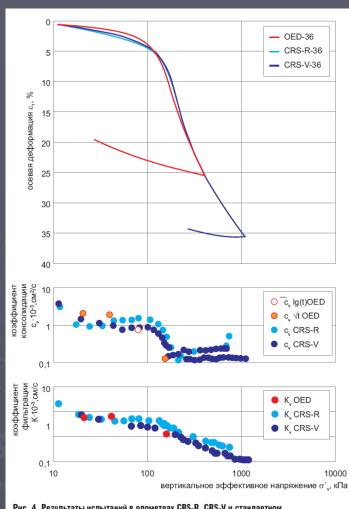
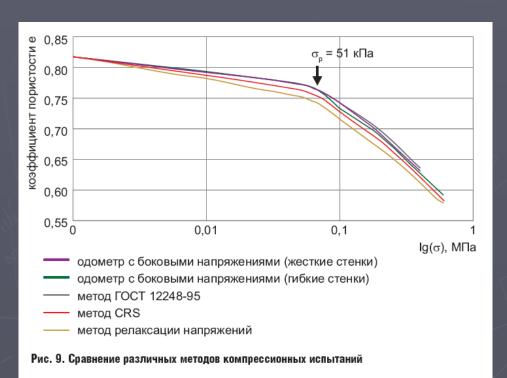


Рис. 4. Результаты испытаний в одометрах CRS-R, CRS-V и стандартном одометре OED [12]



Рис. 8. Изменение коэффициента порового давления с ростом вертикального давления

### Результаты испытаний



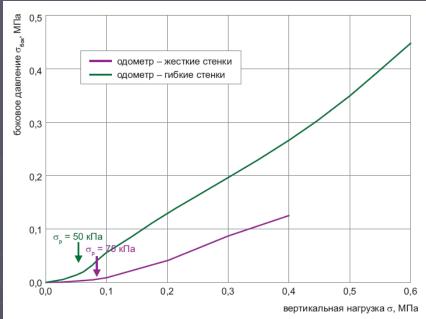


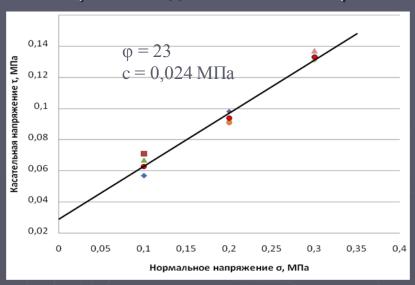
Рис. 10. К определению давления предварительного уплотнения

### Результаты испытаний

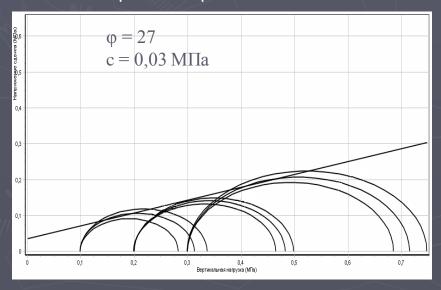
Таблица 2 Значения модулей деформации Е, МПа, полученные различными методами Продолжи-Вертикальное давление о,, МПа тельность Метод испытаний испытаний, ч: 0,05-0,1 0,4-0,5 0,5-0,6 0.1 - 0.20,2-0,30,3-0,4мин ΓΟCT 12248-96 1,90 2,67 3,35 4,45 82:25 CRS, стандартный одометр 2,36 3,45 4,33 5,05 6.72 8:25 1,61 Релаксация напряжений, стандартный одометр 1,58 2,30 3,81 8,53 9:45 4,85 5,08 CRS, одометр с измерением боковых 1,48 2,64 3,15 4,55 5,94 7,03 7:40 напряжений (при гибкой границе) ГОСТ 12248-96, одометр с измерением 2.33 3,72 4,29 174:30 боковых напряжений (при жесткой границе) 12.95 17.06 23.37 Трехосное сжатие 62:00  $(\sigma_3 = 100 \text{ k}\Pi a)$  $(\sigma_3 = 200 \text{ k}\Pi a)$  $(\sigma_3 = 300 \text{ k}\Pi a)$ 

### Определение параметров прочности

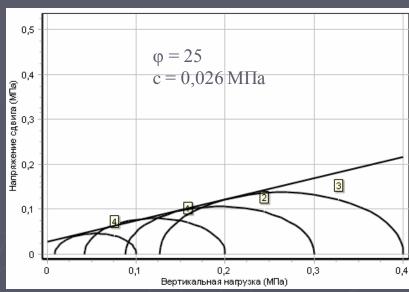
#### Устройство одноплоскостного среза



#### Устройство трехосного сжатия



Устройство компрессионного сжатия с измерением боковых напряжений



Метод определения параметра	Угол внут- реннего трения ф	Удельное сцеплен. с, МПа
Компрессионного сжатия с измерением боковых напряжений	25 град.	0,026
Одноплоскостного среза	23 град.	0,024
Трехосного сжатия	27 град.	0,03

### Полевые гео-лаборатории

### Мобильная гео-лаборатория Iowa State University



### Устройство для отбора монолитов Iowa State University



Modified bumper and mounting frame assembly



Hydraulic cylinder and Shelby tube, vertical position



Hydraulic cylinder, hydraulic hoses, and power cable, in horizontal position



Hydraulic cylinder and Shelby tube in sample collection configuration



Shelby tube and extrusion support in sample extrusion configuration



Hydraulic cylinder and hydraulic hoses, vertical position

# Мобильная лаборатория ОАО «Росстройизыскания»

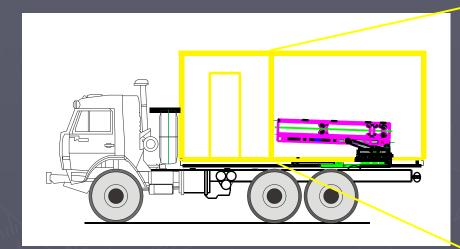






#### Закрытое акционерное общество «ГЕОКОМПЛЕКС-01»

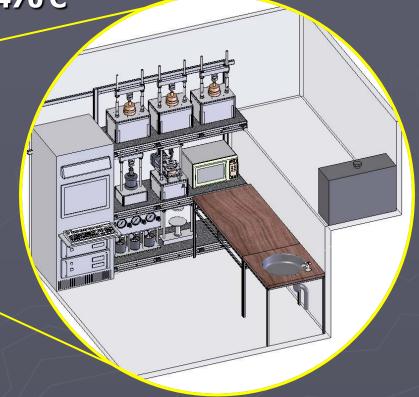
Передвижная геотехническая лаборатория на базе ГЗБУ\_15/470 С



Передвижная геотехническая лаборатория расположена в передней части КУНГа

В состав оборудования лаборатории входят:

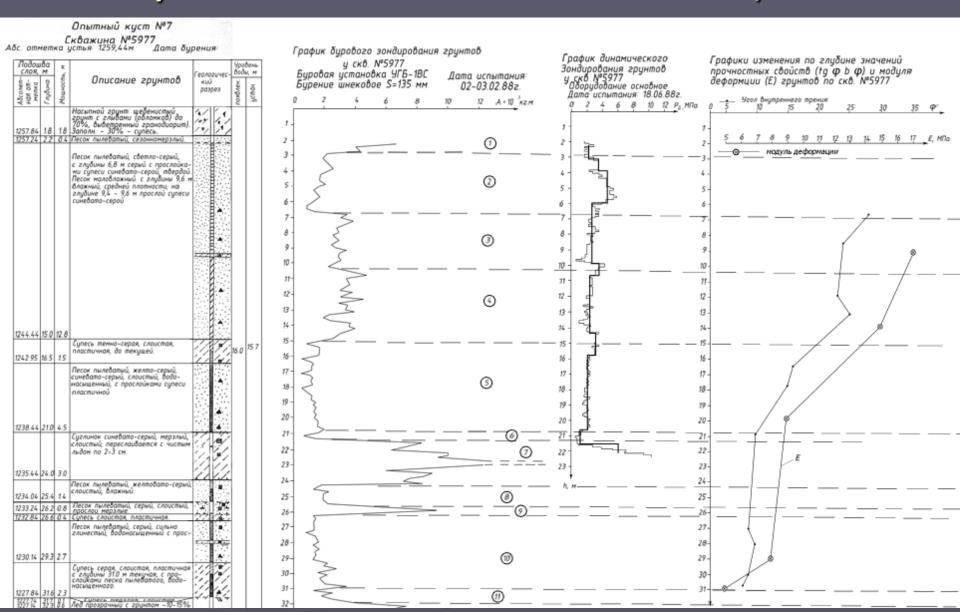
- Устройства компрессионного сжатия;
- Устройство одноплоскостного среза;
- Приборы и приспособления для подготовки образцов;
- Персональный компьютер



### Зачем нам буровое зондирование?



#### Результаты испытаний – ПНИИИС, 1989



#### Мобильный буровой станок «Tachanka-8E»



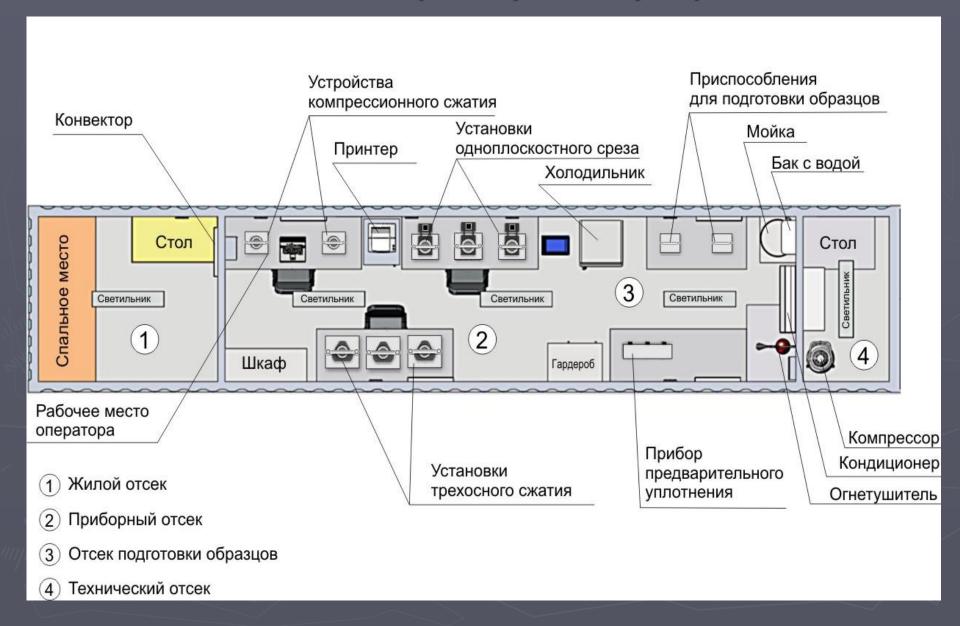
### Мобильная гео-лаборатория НПП «Геотек»



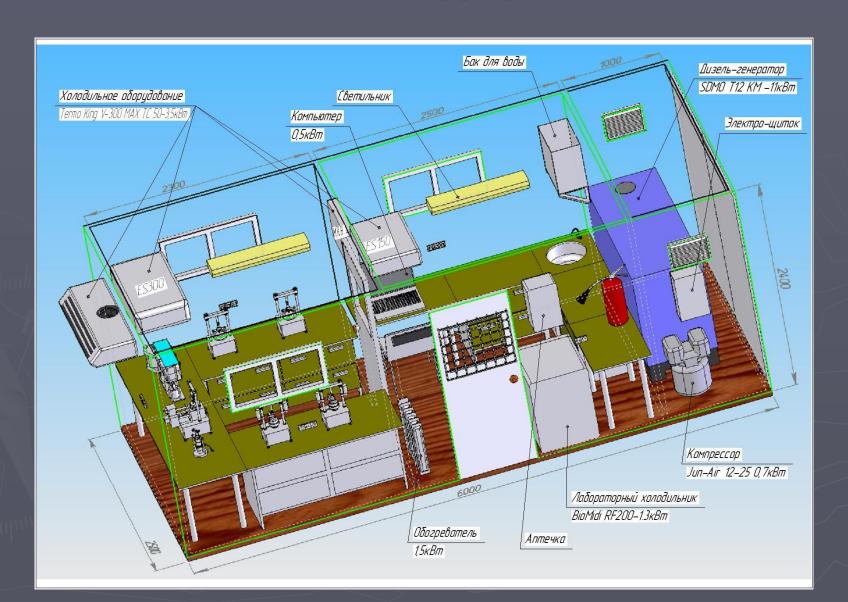
## Размещение вспомогательного оборудования



#### Размещение приборов и устройств



#### Проект полевой крио-лаборатория НПП «Геотек»



## Полевые испытания штампом

ООО «НПП «ГЕОТЕК»

#### Испытания стандартным круглым штампом F=5000-10000 см2



Система записи результатов



Штамп конструкции института «Фундаментпроект»

#### Испытания плоским штампом F=22500 см2





# Испытания штампом в Набережных Челнах





Датчик перемещения LVDT

#### Испытания винтовым штампом



#### Устройство для нагружения иизмерений усилия и осадки



# Определение физических характеристик

ООО «НПП «ГЕОТЕК»

## Определение влажности на границе раскатывания



НПП Геотек - APS



Метод ГОСТ 5180-84

#### ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

#### СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СКЛОНОВ

Назначение системы: контроль положения свободно стоящих и пригруженных склонов, мониторинг состояния тоннелей, опор мостов, плотин, насыпей, котлованов и т.д.

Состав инструментальных средств:

- персональный компьютер или ноутбук;
- устройство сопряжения ГТ 6.0.12, обеспечивающее подключение к компьютеру произвольного количества контрольных стволов;
- набор кабелей;
- контрольные стволы, включающие в себя:
  - датчики наклона ГТ 5.4.4, состоящие из ёмкостного двухкоординатного акселерометра, АЦП, микропроцессора, датчика температуры;
  - трубы-проставки, объединяющие датчики наклона в гирлянду («ствол»), погружаемую в скважину;
  - элементы соединения труб-проставок;
- программный пакет Geotek-Slope, обеспечивающий сбор, обработку, визуальную интерпретацию данных.

