

*На правах рукописи*

**Панков Анатолий Артурович**

**Комплексная оценка информативности способов  
опробования инженерно-геологических скважин  
в условиях Московского региона**

Специальность: 25.00.14 - *Технология и техника геологоразведочных работ*

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва - 2010

Работа выполнена на кафедре бурения скважин имени проф. Б.И.Воздвиженского в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (РГГРУ)

Научный руководитель:	доктор технических наук, профессор Калинин Анатолий Георгиевич
Официальные оппоненты:	доктор технических наук, профессор Алексеев Виталий Васильевич кандидат технических наук Андреев Матвей Андреевич
Ведущая организация:	ОАО «Центргеология»

Защита состоится 30.06.2010 г. в 13:00 часов в ауд. 4-15б на заседании диссертационного совета Д 212.121.05 при Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе.

Адрес: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, РГГРУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РГГРУ.

Автореферат разослан «    » мая 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат технических наук

Назаров А.П.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность работы**

Важнейшим элементом совершенствования инженерно-геологических изысканий является повышение информативности и разрешающей способности используемых методов, технологий и технических средств.

Основным направлением повышения информативности инженерно-геологических изысканий является сочетание и интерпретация результатов комплексных полевых испытаний грунтов с их бурением и опробованием в едином технологическом процессе.

В практике изысканий всё большее место занимают комплексные методы изучения физико-механических свойств грунтов, причем предпочтение отдается полевым методам, позволяющим изучить грунт непосредственно в массиве, т.е. в природных условиях его залегания. Когда невозможно отобрать образцы грунтов с ненарушенной структурой для лабораторных исследований, полевые методы исследования грунтов являются единственными для характеристики этих грунтов.

Из комплексных полевых методов изучения свойств грунтов в массиве наибольшее распространение получил метод статического зондирования, который постоянно совершенствуется. Массовое освоение подземного пространства и увеличение этажности зданий послужило развитию и внедрению глубокого статического зондирования. Зонд для глубокого статического зондирования, помимо непосредственного измерения лобового и бокового сопротивления, оснащён датчиками оценки зенитного угла, порового давления и др. Широкое использование зондирования объясняется целым рядом его достоинств. К их числу относятся высокая производительность и достаточно высокая информативность, подчас превышающая даже результаты бурения скважины с отбором образцов.

Однако, процесс опробования инженерно-геологических скважин глубоким статическим зондированием, как теоретически, так и практически не достаточно изучен.

Таким образом, совершенствование комплексных методов для оценки информативности способов опробования инженерно-геологических скважин в условиях Московского региона является актуальным как в научном, так и в производственном плане.

### **Цель работы**

Повышение эффективности и качества опробования при инженерно-геологических изысканиях посредством обоснованного выбора комплексных методов и технических средств, наиболее информативных в условиях Московского региона.

### **Предмет исследования**

Информативность методов опробования и технология глубокого статического зондирования.

### **Основные задачи исследований**

Для достижения поставленной цели в процессе научных исследований необходимо было решать следующие задачи:

- провести анализ и обобщение литературных и фондовых источников, относящихся к тематике исследований в данной области;
- разработать комплексный подход к выбору методов и технических средств при инженерно-геологических изысканиях в условиях города Москвы и Московского региона;
- разработать методику и провести опытно-производственные работы по оценке и конкретизации точности отражения геологического разреза по данным бурения и зондирования;
- оценить влияние глубины зондирования на лобовое и боковое сопротивление (с учетом увеличения глубины зондировочных скважин);
- дать анализ приращения фактических зенитных углов при зондировании с учетом нарастающей глубины;
- оценить технико-экономическую эффективность проведенных исследований;

- сформулировать практические рекомендации и наметить основные направления дальнейших исследований.

### **Методика исследований**

Поставленные задачи решались путем анализа и обобщения литературных и фондовых источников, относящихся к тематике исследований в данной области, проведением теоретических и экспериментальных исследований на производственных объектах с использованием современных методов планирования эксперимента. При этом широко применялась современная измерительная техника и новые автоматические электронные системы записи выходных параметров. Правильность основных выработанных теоретических положений и возможность их практической реализации проверялась по данным анализа производственных материалов, а обработка результатов выполнена с использованием методов математической статистики и применением ЭВМ.

### **Научная новизна**

Оценка информативности методов опробования и исследования технологии глубокого статического зондирования позволили сформулировать следующую научную новизну:

- установлена зависимость достоверной сравнительной оценки опробования инженерно-геологических скважин от показателя неполноты отражения геологического разреза по мощности, учитывающая отношение среднего значения мощности пропущенных слоёв к мощности всех пробуренных;

- выявлена зависимость показателя уровня эффективности опробования по приращению конечного зенитного угла скважины от абсолютного значения последнего, позволяющая дать количественную оценку этого уровня;

- установлено, что мощность, затрачиваемая на трение колонны труб о стенки скважины, зависит от глубины зондирования и описывается

квадратичной зависимостью, а от приращения зенитного угла при зондировании – линейной.

### **Практическая значимость**

1. Разработана методика оценки и конкретизации точности отражения геологического разреза в Московском регионе.

2. Дана оценка влияния глубины опробования на результаты зондирования.

3. Сопоставлены значения лобового и бокового сопротивления грунта в зависимости от зенитного угла при зондировании.

4. Выявлены технико-экономические показатели бурения и зондирования грунтов и дана оценка экономической эффективности проведенных исследований.

Приведенный в работе теоретический материал рекомендуется к практическому применению в производственных условиях. Результаты исследований могут быть использованы в учебном процессе в рамках курсов «Бурение неглубоких скважин», «Бурение инженерно-геологических скважин» и «Оптимизация процессов бурения».

### **Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Практические рекомендации и защищаемые научные положения обоснованы достаточным объемом теоретических и экспериментальных исследований, а также проверкой положений, выводов и рекомендаций в экспериментальных и производственных условиях, с достаточной сходимостью опытных данных с результатами ранее проведенных теоретических исследований.

### **Апробация работы**

Основные положения диссертации докладывались на научных заседаниях VII Международной научно - практической конференции «Наука и новейшие технологии при освоении месторождений полезных ископаемых» (РГГРУ, 2008 г.), IX Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» (РГГРУ, 2009 г.), на семинаре кафедры бурения скважин им. проф. Б.И.Воздвиженского (РГГРУ, 2010г.) и на производственных совещаниях ГУП «Мосгоргеотрест» (2010 г.).

## **Публикации**

По теме диссертационной работы опубликованы 5 печатных работ, 2 из которых – в изданиях, рекомендуемых ВАК.

## **Объем и структура диссертации**

Диссертационная работа состоит из оглавления, введения, 7 глав, основных выводов и рекомендаций, списка использованной в работе литературы, включающего 94 наименования. Диссертация содержит 114 страниц машинописного текста, 11 рисунков и 15 таблиц.

Во введении обосновываются актуальность работы, цели и задачи исследований.

В первой главе проведен анализ современного состояния теории и практики применения способов бурения и полевых методов при инженерно-геологических исследованиях.

Во второй главе приводятся теоретические предпосылки комплексирования методов и технических средств при инженерно-геологических изысканиях.

Третья глава посвящена опытно-производственным работам по оценке точности отражения геологического разреза.

В четвертой главе дана оценка физических свойств грунтов.

Пятая глава посвящена экспериментальным и опытным производственным работам по оценке механических свойств грунтов.

Шестая глава посвящена технико-технологическим исследованиям способов бурения и зондирования.

В седьмой главе обоснована технико-экономическая эффективность проведенных исследований.

В заключении диссертационной работы приведены основные выводы и рекомендации.

Проведение достаточно масштабных опытно-производственных работ было бы невозможно без активной поддержки и помощи руководства и сотрудников ГУП «Мосгоргеотрест» А.Г.Кошелева, В.П.Галицкого,

И.А.Николаева. Автор выражает всем названным лицам искреннюю благодарность. Считаю своим долгом выразить признательность научному руководителю диссертации проф. А.Г.Калинину, научному консультанту проф. Б.М.Ребрику, а также проф. Д.Н.Башкатову и проф. В.В.Пендину, сделавшим ряд ценных замечаний по работе. Автор благодарит сотрудников кафедры бурения скважин, оказавших помощь при подготовке диссертации к защите.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Краткие сведения по изучаемому вопросу**

Вопросами информативности инженерно-геологических изысканий занимались такие ученые как И.С.Комаров, Г.К.Бондарик, В.И.Ферронский, Т.А.Грязнов, И.В.Архангельский, М.В.Рац, Б.М.Ребрик, Л.И.Куник, Н.В.Коломенский, Н.Н.Маслов, Б.С.Попов, С.Н.Чернышев, М.К.Погребисский, Л.А.Аронова, Е.М.Пашкин, Э.Н.Ткачук, Н.М.Хайме и др.

Значительный вклад в становление и развитие технологии и техники бурения и опробования инженерно-геологических скважин внесли ученые - исследователи: Б.И.Воздвиженский, А.С.Волков, Е.А.Козловский, Д.Н.Башкатов, Р.С.Зиангиров, Л.С.Амарян, М.М.Андреев, К.А.Боголюбский, С.Д.Джолос, И.С.Трусов, И.С.Тыличевский, В.И.Лебедев, И.В.Дудлер, В.А.Дуранте, Д.М.Лансман, С.А.Волков, С.С.Сулакшин, А.В. Васильев, А.М.Коломиец, Е.В.Симонов и др.

В диссертации рассмотрены вопросы научно-методологического направления, в части определения комплекса методов и технических средств, наиболее применимых в условиях Московского региона, разработаны теоретические и экспериментальные основы интерпретации результатов бурения и статического зондирования (по существу, тоже бурения сплошным забоем, путем вдавливания конусного наконечника в грунт), произведена оценка природной плотности грунтов в зависимости от способа отбора монолитов (образцов грунта с ненарушенной структурой), сопоставлены механические свойства грунтов: модуль деформации, сцепление и угол внутреннего трения, определенные по результатам зондирования и



лабораторными методами, определена точность фиксации глубин залегания контактов слоев грунта при бурении и статическом зондировании, произведено изучение изменения зенитного угла при зондировании от глубины погружения наконечника, исследованы некоторые технико-технологические показатели бурения и зондирования грунта, в частности, рассмотрен баланс рабочего времени. В ряде направлений исследований получены новые результаты и даны практические рекомендации, некоторые уже внедрены в практику.

Анализ работ специалистов по теме исследований позволил выделить основное направление - изучение и определение рациональных методов комплексной оценки информативности и качества опробования инженерно-геологических скважин.

### **ЗАЩИЩАЕМЫЕ НАУЧНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили сформулировать следующие защищаемые положения:

#### **Первое защищаемое положение**

*Достоверную сравнительную оценку информативности опробования инженерно-геологических скважин следует производить с учетом показателя неполноты отражения разреза по мощности*

Под информативностью бурения инженерно-геологических скважин понимаются точность фиксации положения слоев грунта и уровня грунтовых вод в геологическом разрезе, представительность описания разреза, точность определения физико-механических свойств грунтов, качество проведения опытных работ в скважине.

Точность фиксации положения слоев грунта является составным элементом комплекса факторов, в совокупности определяющих информативность способа опробования инженерно-геологических скважин.

Критериями качества является целый набор количественных характеристик, в том числе, среднеарифметическая ошибка определения положения границ слоев грунта, среднеквадратичное отклонение этой ошибки, показатель неполноты отражения геологического разреза, характеризующий количество

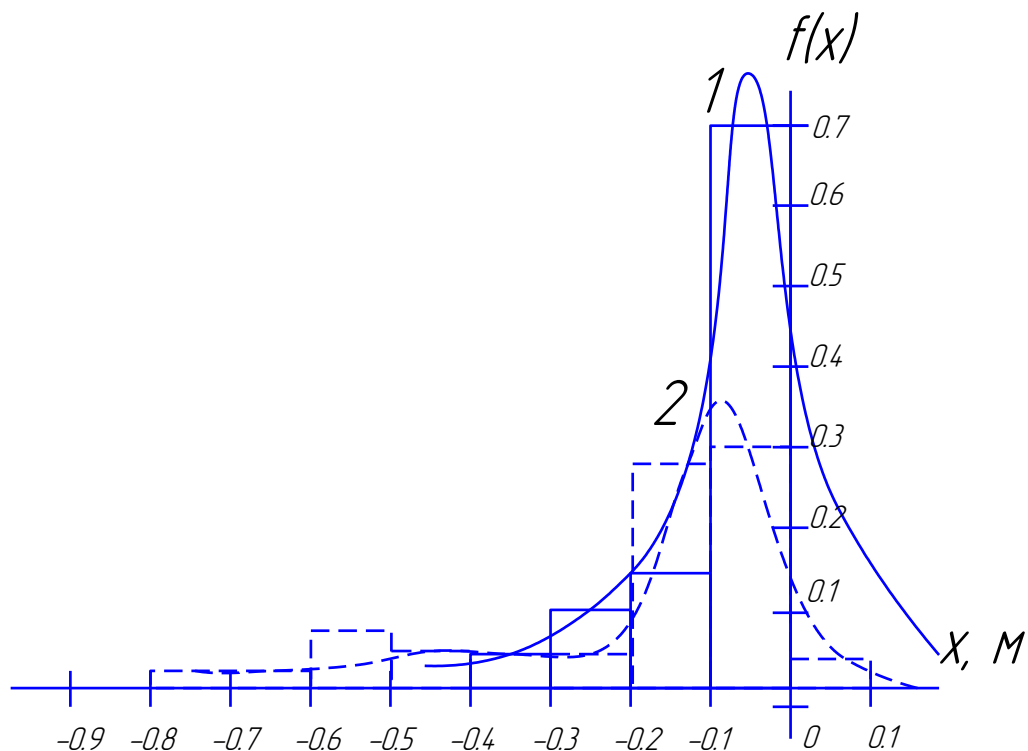
пропущенных слоев при бурении скважин по отношению к эталонному, средняя мощность пропущенного слоя. Под представительностью понимается достаточная полнота и точность описания по керну текстурных и структурных особенностей грунта в массиве.

Под точностью отражения геологического разреза понимается точность фиксации глубин залегания контактов слоев грунта при описании разреза по керну, полученному при использовании какого-либо способа бурения, по сравнению с эталонным (истинным) геологическим разрезом, полученным, например, по шурфу, естественному или искусственному обнажению и т. д. В нашем случае шурфы не проходились, поэтому в качестве эталонного использовался геологический разрез, полученный по результатам статического зондирования. Сравнивались результаты фиксации глубин залегания слоев, полученные по керну при колонковом и вибрационном способах бурения и по результатам зондирования с фиксацией данных через 5см. На объекте было пробурено 14 колонковых и 10 вибрационных скважин, каждая из которых дублировалась скважиной статического зондирования. Для анализа точности фиксации глубин залегания контактов слоев грунта, полученных при бурении и зондировании, вычислялись средние значения показателей и их среднеквадратичные отклонения. Результаты представлены на рис.1.

Среднеквадратичная величина смещения границ контактов слоев грунта при колонковом бурении составляет 0,34м, а при вибрационном - 0,04м. Это свидетельствует о том, что разброс смещения контактов при колонковом бурении намного больше, чем при вибрационном, следовательно, информативность вибрационного способа более представительна.

Вывод хорошо согласуется с показателем, который используется в теории информации как мера неопределенность системы и носит название энтропии.

Энтропия по точности оценки контакта при колонковом бурении составляет 2.5Bit (дв. ед.), а при вибрационном – 1.4 Bit (дв. ед.).



**Рис.1. Гистограмма распределения смещения контактов слоев грунта от способа опробования: результаты зондирования 1- по сравнению с вибрационным бурением, 2- с вращательным бурением. ( $x$ -значение случайной величины смещения контактов,  $f(x)$ -функция распределения случайной величины)**

Следовательно, чем меньше энтропия, тем больше информативность выборки. Исходя из этого, точность оценки контакта при вибрационном способе бурения более информативна, чем при колонковом.

С точки зрения оценки информативности различных способов изучения геологического разреза, используемых при инженерно-геологических исследованиях, большое значение имеют еще два показателя: показатель неполноты отражения разреза  $k_n$  и средняя мощность одного пропущенного (потерянного) слоя  $m_n$ . Первый показатель определяется как отношение числа пропущенных слоев в разрезе к общему числу пересеченных слоев:

$$k_n = \frac{N_n}{N_0}, \quad (1)$$

где  $N_n$  — число пропущенных слоев;  $N_0$  — общее число пересеченных слоев.

Второй показатель - как среднеарифметическая величина мощности «пропущенного» слоя

$$\overline{m}_n = \frac{\sum m_{ni}}{N_n}, \quad (2)$$

где  $m_{ni}$  — мощность одного пропущенного слоя.

Оценка показателей была произведена по данным бурения и статического зондирования скважин (таб.1). При статическом зондировании по каждому разрезу было зафиксировано от 8 до 17 границ слоев, а при бурении – от 7 до 13 границ. Средняя величина показателя  $k_n = 0,25$ , а средняя мощность одного пропущенного слоя составила  $m_n = 1,13$  м.

**Таблица 1. Показатели оценки информативности отражения геологического разреза**

Номер скважины	Количество слоев зафиксированным одним из способов бурение		Количество пропущенных слоев	Глубина скважины, м	Показатель неполноты отражения разреза $k_n$	Средняя мощность одного пропущенного (потерянного) слоя $m_n$	Отношение средней мощности $m_n$ пропущенных слоев к средней мощности $m$ всех слоев, $k_m$
	Статическое зондирование	Колонковое и вибрационное					
<b>1</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>18,45</b>	<b>0,24</b>	<b>2,3</b>	<b>0,12</b>
<b>2</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>18,70</b>	<b>0,25</b>	<b>0,9</b>	<b>0,05</b>
<b>3</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>20,20</b>	<b>0,25</b>	<b>1,2</b>	<b>0,06</b>
<b>4</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>22,80</b>	<b>0,27</b>	<b>1,1</b>	<b>0,05</b>
<b>5</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>8,60</b>	<b>0,25</b>	<b>0,7</b>	<b>0,08</b>
<b>6</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>13,40</b>	<b>0,22</b>	<b>0,7</b>	<b>0,05</b>
<b>7</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>11,00</b>	<b>0,27</b>	<b>1,0</b>	<b>0,09</b>
<b>Среднеарифметические показатели <math>k_n, m_n, k_m</math></b>					<b>0,25</b>	<b>1,13</b>	<b>0,07</b>

Для сравнительной оценки качества опробования скважин отсутствует необходимый показатель, характеризующий линейную характеристику качества (информативности) опробования. Без такого показателя достоверной сравнительной оценки быть не может. Следовательно, сравнительная оценка

информативности опробования должна учитывать мощность пропущенных слоев, причем по всей глубине скважины.

Автором был предложен показатель информативности  $k_m$ : отношение средней мощности  $m_n$  пропущенных слоев к средней мощности  $m$  всех слоев.

$$k_m = \frac{\bar{m}_n}{m}, \quad (3)$$

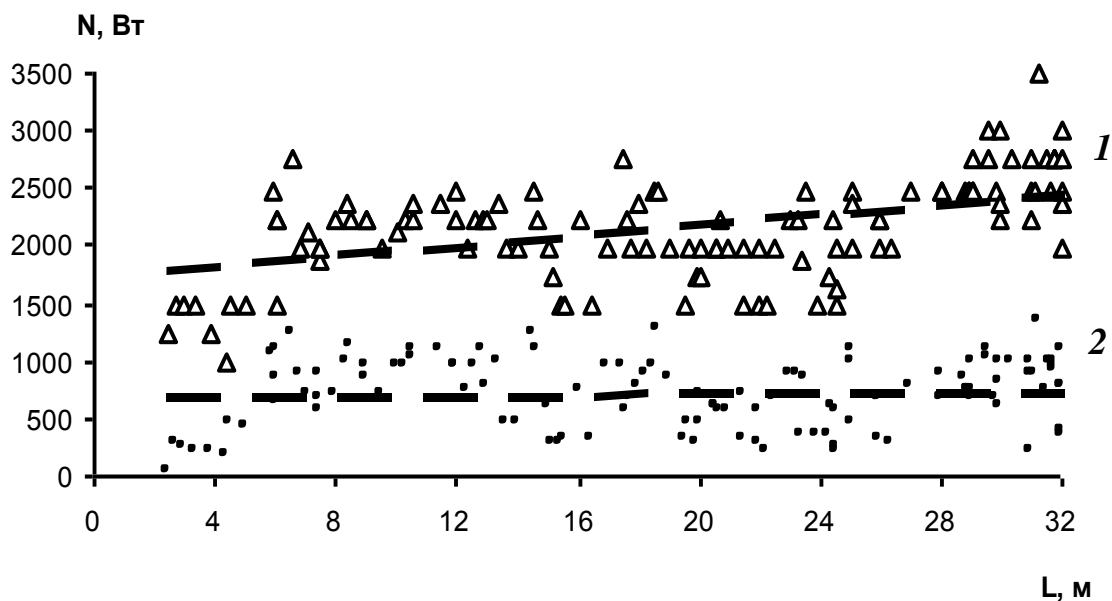
Применение данного критерия позволяет провести достоверную сравнительную оценку результатов опробования.

### **Второе защищаемое положение**

*Закономерности изменения затрат мощности от глубины зондирования и изменения приращения зенитного угла позволяют установить область допускаемых значений мощности, затрачиваемой на перемещение колонны зондировочных труб*

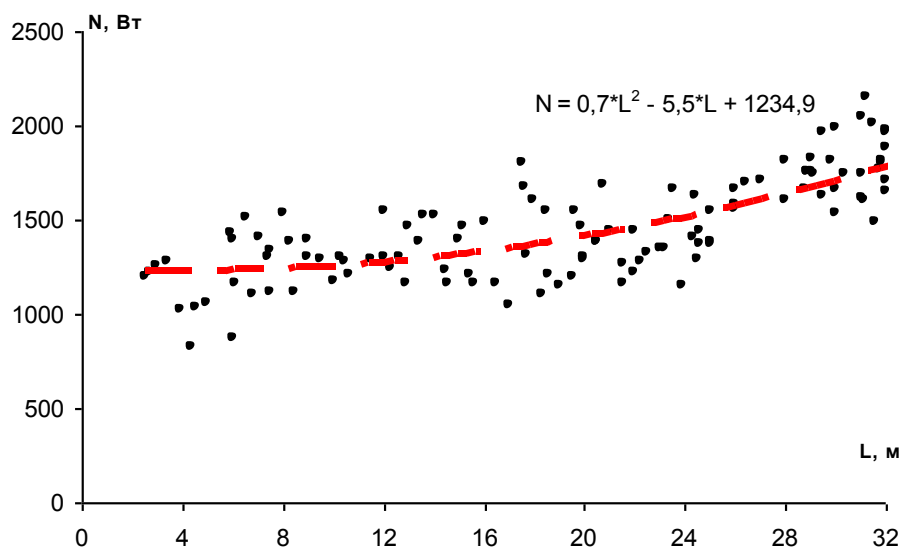
При глубоком статическом зондировании наблюдается закономерное уменьшение скорости проходки при увеличении глубины скважины, объясняют эту зависимость главным образом влиянием сил трения между стенкой скважины и колонной труб, а так же искривление скважины.

С целью изучения закономерности изменения затрачиваемой мощности на трение колонны труб о стенки от глубины зондирования в производственных условиях были проведены исследования. Замерялась общая мощность на зондирование и мощность на внедрение зонда в грунт (рис.2).



**Рис. 2** Изменение затрачиваемой мощности от глубины зондирования:  
**1-** общая мощность на зондирование и **2 -** на разрушение и вдавливание  
зонда в грунт

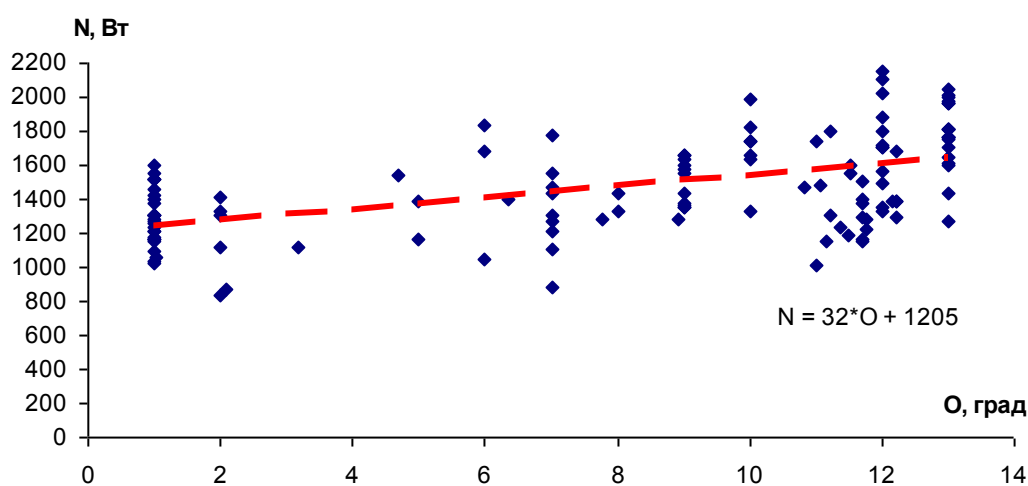
В результате определения разницы мощности на зондирование и вдавливание зонда в грунт были получены практические значения мощности затрачиваемой, на трение колонны труб о стенки скважины от глубины зондирования (рис.3).



**Рис. 3** Зависимость мощности, затрачиваемой на трение колонны  
труб о стенки от глубины скважины

В результате анализа опытных данных, представленных на рис.2 и рис.3 установлено, что от общей мощности, затрачиваемой на зондирование скважины, 30-40% расходуется на разрушение, а 60-70% - на трение колонны труб о стенки скважины. Так же практически установлено, что при зондировании в глинистых грунтах, расходуемая по сравнению с песчаными грунтами мощность, на трение колонны труб о стенки скважины выше на 20-30%.

Произведенные замеры мощности, затрачиваемой на трение колонны труб о стенки скважины от приращения зенитного угла при зондировании, представлены на рис.4.



**Рис. 4** Зависимость мощности, затрачиваемой на трение колонны труб о стенки скважины от приращения зенитного угла при зондировании

В результате экспериментально-производственного исследования установлено, что мощность, затрачиваемая на трение колонны труб о стенки скважины зависит от глубины зондирования описывается квадратичной зависимостью, а от приращения зенитного угла при зондировании – линейной.

### Третье защищаемое положение

**Нагрузки, действующие на колонну зондировочных труб, применяемых при опробовании инженерно-геологических скважин статическим зондированием, определяются, в том числе, зенитным отклонением траектории скважин от заданного направления**

При глубоком статическом зондировании с увеличением глубины наблюдаются поломки штанг с одновременным их обрывом (рис. 5).

Причиной обрыва, как можно предполагать, являлось именно искривление ствола скважины. Положение усугубляется тем обстоятельством, что сам зонд представляет собой весьма дорогостоящее устройство и при обрыве штанг он безвозвратно теряется, т.е. стоимость зондирования увеличивается.



***Рис. 5 Результат искривление ствола зондировочных скважин:***

***1-излом и 2-обрыв соединительного элемента труб***

Таким образом, практика изысканий ставит вопрос об изучении отклонений ствола зондировочной скважины от вертикали или заданного направления. С целью предупреждения обрывов в нижней части зонда был встроен датчик, фиксирующий зенитный угол  $\theta$ . Благодаря этому датчику, по каждой скважине удалось осуществить запись графика зависимости угла  $\theta$  от глубины скважины.



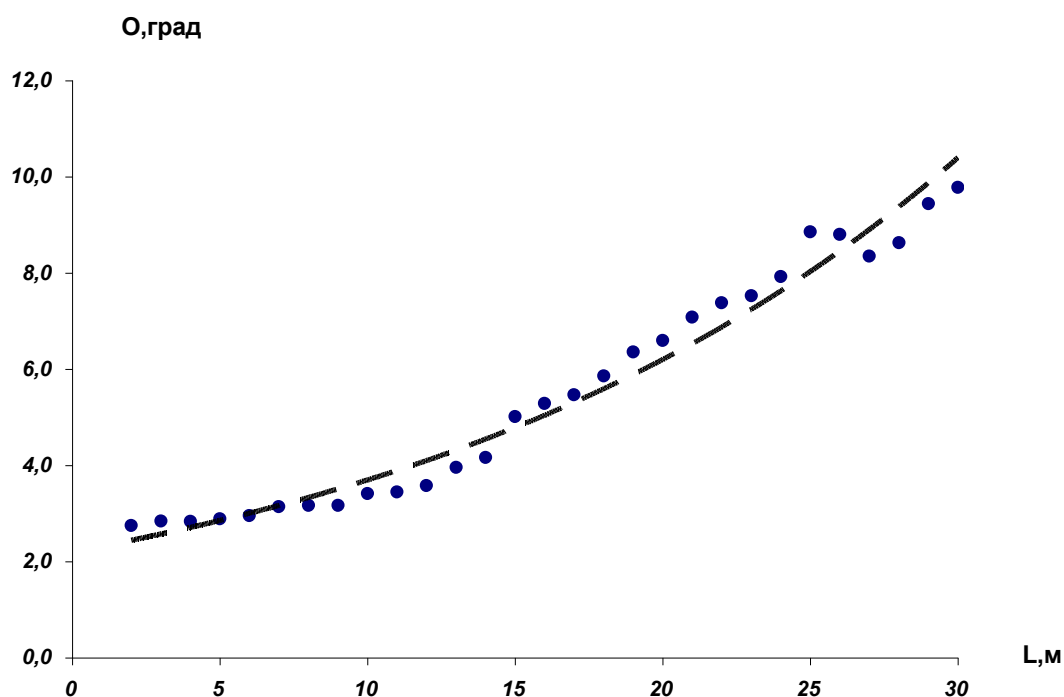
Производственные наблюдения показали, что начальный зенитный угол при зондировании колеблется в диапазоне от 0 до 5 град.

С целью изучения зависимости  $\theta=f(L)$ , где  $L$  глубина зондирования, в производственных условиях были проведены специальные исследования. Было осуществлено семь зондирований на глубину от 24 до 30 м.

На рис.6 показана зависимость среднего значения угла  $\theta$  и среднеквадратичных отклонений  $\sigma$  от глубины зондирования. Первая кривая в интервале проведенных замеров довольно точно аппроксимированна функцией вида:

$$\theta = a + v \cdot L^2, \quad (4)$$

где  $a = 2,5$  с размерностью градуса и  $v = 0,01$  с размерностью градуса, деленного на  $m^2$  - постоянные величины.



**Рис.6. Зависимость приращения зенитного угла  $\theta$  от глубины  $L$**

В производственных условиях при статическом зондировании было установлено, что критическая величина приращения зенитного угла составляет

15 град, исходя из этого, весь возможный диапазон допустимых значений зенитных углов был разделен на пять классов (групп). Эффективность зондирования по конечному зенитному углу оценивается по 5-балльной шкале. Цифра 5 отвечает наиболее высокому уровню эффективности, цифра 1 – минимально допустимому. В табл.2 представлена оценка эффективности по конечному зенитному углу при зондировании.

**Таблица 2. Оценка эффективности по приращению конечного зенитного угла при зондировании**

<i>Качественная характеристика эффективности по конечному зенитному углу</i>	<i>Уровень эффективности, <math>Y_{\theta}</math></i>
<i>Очень высокая</i>	$5 \geq Y_{\theta} > 4$
<i>Высокая</i>	$4 \geq Y_{\theta} > 3$
<i>Выше средней</i>	$3 \geq Y_{\theta} > 2$
<i>Средняя</i>	$2 \geq Y_{\theta} > 1$
<i>Низкая</i>	$Y_{\theta} < 1$

Будем исходить, из того, что каждому граничному значению зенитного угла соответствует свое граничное значение диаметра окружности. Условно применяем следующие значения приращения граничных зенитных углов:  $\Delta\theta_5=0-3^{\circ}$ ;  $3^{\circ}<\Delta\theta_4\leq 6^{\circ}$ ;  $6^{\circ}<\Delta\theta_3\leq 9^{\circ}$ ;  $9^{\circ}<\Delta\theta_2\leq 12^{\circ}$ ;  $12^{\circ}<\Delta\theta_1<15^{\circ}$ . Линейная связь между значением приращения конечного зенитного угла и уровнем точности  $Y_{\theta}$ : описывается зависимость

$$Y_{\theta} = B - C \cdot \Delta\theta, \quad (5)$$

где  $B$  - безразмерный коэффициент, характеризующий максимально возможную характеристику эффективности по конечному зенитному углу,  $B = 5$  и  $C$  - коэффициент с размерностью 1/град,  $C = 0,33$ . В результате получено количественное выражение уровня эффективности по приращению конечного зенитного угла при зондировании.

В табл. 3 представлены значения конечных зенитных углов при зондировании на производственном объекте, а также уровни степени эффективности по этому показателю. Эти данные позволяют вычислить среднее значения уровня эффективности.

**Таблица 3. Значение уровней эффективности по конечному зенитному углу при зондировании**

Номер скважины	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Средне-арифметические значения: зенитного угла, уровня эффективности
Конечный зенитный угол, град.	15	14	10	7	5	4	5	9	7	8	11	8,8
Уровень эффективности, ед.	0,0	0,4	1,7	2,7	3,4	3,7	3,4	2,0	2,7	2,4	1,4	2,2
Качественная характеристика уровня	Низкая	Средняя	Выше средней	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Выше средней	Высокая	Выше средней	Выше средней	Выше средней

Из таблицы видно, что среднеарифметическая величина приращения конечного зенитного угла при зондировании равна 8.8 градуса, что соответствует уровню эффективности 2.6. Можно сделать вывод, что скважины, пробуренные на исследуемом объекте, соответствуют достаточно высокой степени эффективности (за исключением первой и второй скважины).

Проведенные исследования позволяют оценить информативность и эффективность способов опробования при глубоком статическом зондировании.

## **Основные выводы.**

1. Основным направлением повышения технико-экономической эффективности инженерно - геологических изысканий и информативности опробования, является выявление рациональных комплексных методов и технических средств в условиях Московского региона.

2. Оценку информативности инженерно-геологических изысканий следует определять по показателю  $k_m$  (отношение средней мощности  $m_n$  пропущенных слоев к средней мощности  $m$  всех слоев).

3. Данные зондирования по оценке точности отражения геологического разреза позволяют количественно и качественно оценить информативность способов бурения. Среднеарифметическая величина смещения границ слоев грунта при колонковом способе составляет 0,32м, а при вибрационном - 0,19м. Энтропия при колонковом способе составляет 2.5 Бит, а при вибрационном - 1.4 Бит.

4. При оценке качества отбираемых монолитов ключущим, вдавливаемым и ударно-забивным способами бурения, визуально наблюдаются существенные нарушения структуры грунта.

5. Установлено, что степень влияния способа отбора монолита на оценку природной плотности, сцепления и угла внутреннего трения незначительна.

6. Установлено, что путем рационального использования времени на основные операции при глубоком статическом зондировании, чистое время бурения значительно выше, чем у остальных способов бурения, что дает возможность рационализировать изыскания, за счет замены части объемов бурения зондированием.

7. Установлено, что механическая скорость при статическом зондировании обратно пропорциональна удельному сопротивлению грунта по лобовой и боковой поверхности конуса зонда.

8. Показатели удельного бокового и лобового сопротивления при статическом зондировании не зависят от зенитного угла ствола скважины.

9. Установлено, что от общей мощности, затрачиваемой на зондирование скважины, 30-40% расходуется на разрушение и вдавливание зонда в грунт, а 60-70% на трение колонны труб о стенки скважины.

10. Мощность, затрачиваемая на трение колонны труб о стенки скважины при статическом зондировании прямо пропорциональна глубине и интенсивности искривления скважины.

11. На основании представленных в диссертации материалов, с учетом общих тенденций совершенствования изысканий в одной из организаций Московского региона, предложено сократить объемы бурения и полевых исследований на 5% и заменить их статическим зондированием. Общая экономическая эффективность при замене 5% общего объема бурения и полевых исследований на статическое зондирование составит 2584720 рублей.

Разработанная комплексная оценка способов опробования позволит существенно повысить информативность инженерно-геологических работ.

**Всего опубликовано 10 печатных (научных) работ, из них 5 по теме диссертации:**

1. Панков А.А. Комплексная оценка информативности бурения и статического зондирования при инженерно-геологических исследованиях./ Научно-методический журнал «Известия высших учебных заведений. Геология и разведка», №1, 2010, стр. 73-75

2. Панков А.А. Экспериментальная оценка информативности инженерно-геологических исследований./ Научно-технический журнал «Разведка и охрана недр», №8, 2009, стр. 36-39.

3. Паков А.А. Информативность инженерно-геологических исследований при оценке механических свойств грунтов./ Материалы конференции «Геоэкологические и инженерно-геологические проблемы развития гражданского и промышленного комплексов города Москвы», РГГРУ, 2008 г. стр.131.

4. Панков А.А., Калинин А.Г. Подходы к оценке качества бурения инженерно-геологических скважин для условий работ Мосгоргеотреста./

Материалы IX Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле», РГГРУ, 2009 г. стр.274.

5. Панков А.А., Владимиров М.В. Баланс рабочего времени и основные показатели при бурении и зондировании грунтов./ Материалы VI Международная научно-практическая конференция, «Наука и новейшие технологии при поисках, разведке и разработке месторождений ископаемых», РГГРУ, 2010, стр. 87.