
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р

—
202_

(проект,
окончательная
редакция)

Инженерные изыскания
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
Метод вертикального электрического зондирования

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Москва
Российский институт стандартизации
202_

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 506 «Инженерные изыскания и геотехника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 202 г. №

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 202_

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Введение

Настоящий стандарт подготовлен с учетом основных положений Республиканских строительных норм РСН 64–87 «Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству геофизических работ. Электроразведка» и Рекомендаций по геофизическим работам при инженерных изысканиях для строительства (электроразведка), составленных Производственным и научно-исследовательским институтом по инженерным изысканиям в строительстве (ПНИИИС) Госстроя СССР (1984 г.).

Инженерные изыскания**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ****Метод вертикального электрического зондирования**Engineering surveys. Geophysical research. Vertical electric sounding method

Дата введения – ___ - ___ - ___

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на геофизические исследования свойств грунтов и устанавливает требования к проведению работ методом вертикального электрического зондирования, применяемых в составе инженерно-геологических изысканий.

2 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

2.1 электроразведка: Геофизические исследования, проводимые в рамках инженерных изысканий, основанные на изучении электрических и электромагнитных полей в земной коре, проводимые в целях анализа ее геологического строения.

2.2

электрическое зондирование: Метод электроразведки, основанный на изучении в точке наблюдений зависимости параметров электрического поля от расстояния между источником и приемником тока.

[ГОСТ Р 54363-2011, статья 8]

2.3 вертикальное электрическое зондирование; ВЭЗ: Методика, в которой используется принцип геометрических зондирований, когда на каждой точке наблюдений проводятся измерения при возрастающих разносах (размерах) установки и исследуют распределение удельного электрического сопротивления земной коры с глубиной.

2.4 удельное электрическое сопротивление: Параметр, характеризующий способность земной коры пропускать электрический ток при возникновении электрического поля, определяемый, как сопротивление единицы поперечного сечения земной коры проходящему через нее электрическому току, отнесенное к длине образца земной коры.

2.5 кажущееся электрическое сопротивление: Наблюдаемое электрическое поле, нормированное по параметрам установки таким образом, чтобы в однородном полупространстве кажущееся сопротивление совпадало с удельным электрическим сопротивлением.

2.6 программа работ: Организационно-методический документ, устанавливающий цель, порядок, объем, условия, место и сроки проведения геофизических исследований свойств грунтов методом вертикального электрического зондирования, а также форму предоставления полученных результатов.

2.7 разнос: Расстояние между электродами, образующими питающую и приемную линии.

2.8 частное измерение: Каждое отдельное измерение разности электрических потенциалов, возникающее на приемных электродах, характеризующееся определенным расположением приемных и питающих электродов.

2.9 кривая зондирования; Кривая ВЭЗ: График зависимости значений кажущегося электрического сопротивления от половины разноса питающей линии, полученных в частных измерениях.

2.10 питающая линия: Линия, определяемая взаимным расположением питающих электродов.

2.11 приемная линия: Линия, определяемая взаимным расположением приемных электродов.

3 Сущность метода

3.1 Метод ВЭЗ основан на определении удельного электрического сопротивления изучаемых грунтов.

3.2 ВЭЗ выполняется путем проведения последовательных измерений, позволяющих вычислить в требуемом диапазоне глубин, с заданной детальностью и точностью значение кажущихся электрических сопротивлений. Измерения проводят при разных положениях приемных и питающих электродов разными типами установок ВЭЗ, выбираемых с учетом условий разреза и поставленных задач.

Первичным результатом обработки измерений ВЭЗ является график зависимости полученных значений кажущихся электрических сопротивлений от половины действующего разноса питающей линии ($AB/2$) (кривая зондирования или кривая ВЭЗ).

3.3 Метод ВЭЗ предназначен для изучения горизонтально-слоистых сред, в которых наклоны горизонтальных границ и изменения свойств проводящих слоев незначительные.

4 Измерительное оборудование

4.1 Для проведения исследований методом ВЭЗ используют электроразведочные установки различных типов, включающие две основные линии – питающую и приемную на основе различного взаимного расположения одиночных пар приемных и питающих электродов или групп электродов (далее — установка ВЭЗ). Тип измерительной установки, ее размеры, система наблюдений выбираются в зависимости от строения исследуемого массива, круга решаемых задач и масштаба съемки.

Примечание — При проведении измерений методом ВЭЗ также допускается использовать расстановки электроразведочных установок с применением принципа взаимности, при котором питающие электроды становятся приемными, а приемные электроды становятся питающими.

4.2 Основные типы установок ВЭЗ:

- установка Шлюмберже (четырёхэлектродная симметричная установка, представляющая собой соединенную систему взаимно расположенных питающих и приемных электродов, забиваемых в грунт, приемная линия в которой меньше размера питающей линии (см. рисунок 1));

- установка Веннера (частный случай четырёхэлектродной установки Шлюмберже, представляющий собой соединенную систему взаимно расположенных питающих и приемных электродов, забиваемых в грунт, размер приемной линии в которой всегда равен $1/3$ размера питающей линии);

- трёхэлектродная установка (представляющая собой установку, где один из питающих электродов удален на такое расстояние, при котором создаваемая им между приемными электродами разность потенциалов будет меньше по сравнению с разностью потенциалов создаваемой вторым питающим заземлением),

- установка срединного градиента (представляющая собой четырёхэлектродную установку, в которой два питающих электрода зафиксированы,

ГОСТ Р –202_

(проект, окончательная редакция)

а приемные электроды располагаются вдоль профилей в пределах квадрата, сторона которого не превышает $AB/3$);

- двухточечная установка (представляющая собой установку, где один питающий и один приемный электроды удалены в бесконечность);

- дипольная осевая установка ДОЗ (представляющая собой установку, состоящую из питающих и приемных диполей, при этом приемная линия диполей вынесена за пределы питающей и может быть произвольно ориентирована относительно нее);

- дипольная экваториальная установка ДЭЗ (представляющая собой установку, состоящую из питающих и приемных диполей, имеющую разные разносы между электродами питающей и приемной линиями диполей, при этом диполи относят либо в одну сторону от неподвижного питающего диполя (одностороннее ДЭЗ), либо вначале в одну, а затем в противоположную сторону (двустороннее ДЭЗ).



A, B – питающие электроды, образующие питающую линию AB;

M, N – приемные электроды, образующие приемную линию MN;

Рисунок 1 – Схема установки Шлюмберже

4.3 При поверхностном покрове, неблагоприятном для устройства заземлений (например, мерзлый грунт, курумы) используют бесконтактное электрическое зондирование, выполняемое на низких частотах с применением специальных емкостных электродов. В этой модификации ВЭЗ обычно применяют дипольные установки.

4.4 Установка ВЭЗ состоит из следующих основных частей:

- генератора постоянного или низкочастотного (работающего на частотах 0,1–2500 Гц) электрического тока для возбуждения электрического поля;

- измерительного устройства, применяемого для измерения разности электрических потенциалов, работающего на частотах 0,1–2500 Гц;

- питающей (токовой) (далее – линии AB) и приемной (измерительной) (далее – линия MN) линий;

- питающих (A и B) электродов (представляют собой металлические заостренные штыри, выполненные из стальных прутков диаметром от 10 мм и длиной от 250 мм), подключаемых через питающие линии к генератору;

- приемных (М и N) электродов (представляют собой металлические штыри, выполненные из медного, латунного, титанового или стальных прутков диаметром от 10 мм и длиной от 250 мм), подключаемых через приемные линии к измерительному устройству;

- сталемедных проводов и кабелей с сопротивлением менее 100 Ом·м, применяемых для монтажа питающих и приемных линий;

- диполей, в случае применения дипольных установок (представляют собой заземленные на концах кабели).

5 Подготовка к измерению

5.1 Собирают установку ВЭЗ на поверхности земли. В выбранной точке располагают генератор и измерительное устройство (центр установки ВЭЗ). Выполняют размотку питающей и приемной линии из центра установки ВЭЗ, выполняют заземление электродов.

5.2 Заземление электродов выполняется путем забивания их в грунт до обеспечения достаточного контакта электрода с грунтом.

5.3 Исследование состоит из серии измерений. В каждом частном измерении корректируют расположение электродов (диполей) и устанавливают их в соответствии с выбранным типом установки.

Примечание — Рекомендуемое расположение электродов для четырехэлектродной симметричной установки приведено в таблице А.1 приложения А.

При этом количество частных измерений назначают в соответствии с программой работ на проведение геофизических исследований методом ВЭЗ (программа работ), учитывая в том числе геометрический размер питающей линии АВ (чем больше ее размер, тем глубже электрическое поле воздействует на земную кору и тем больше глубинность исследований).

В зависимости от требований, установленных в программе работ, частные измерения ВЭЗ устраивают в отдельных точках, по профилям или по площади. При этом глубинность исследований и разрешающая способность метода зависят от изменения по мере увеличения глубины распределения удельных сопротивлений земной коры и от взаимного расположения элементов установки.

Наиболее благоприятными для эффективного применения ВЭЗ считают наличие небольшого количества геоэлектрических слоев в разрезе при их значительной дифференциации по удельному электрическому сопротивлению, отсутствие экранирующих (высокого и низкого сопротивления) горизонтов в разрезе и

наличие опорного электрического горизонта.

5.4 При необходимости уменьшения сопротивления заземления применяют:

- устройство заземления, состоящее из нескольких электродов, соединенных параллельно;
- увеличение глубины заземления электродов;
- увлажнение места их забивки (увлажнение электродов зачастую выполняется соленой водой (за исключением работ на солончаках или иных сильносоленых местах)).

При этом группа из нескольких электродов, соединенных параллельно, рассматривается как единый питающий или приемный электрод в рамках электроразведочной установки.

5.5 Проводится проверка заземления электродов приемной линии при помощи измерительного устройства. Заземление считается корректным, если полученное значение сопротивления не превышает 3—5 кОм.

В случае неблагоприятных условий заземления положение электродов может быть смещено относительно заданной точки в наиболее благоприятное для устройства заземления, при этом смещение заземлений до $0,1 \cdot (AB/2)$ практически не влияет на результаты измерений.

6 Проведение измерения

6.1 Питающие линии с электродами подключают к генератору, а приемные линии к измерительному устройству, после чего начинают измерение.

6.2 Силу тока в питающей линии задают при помощи генератора.

6.3 Разность электрических потенциалов, возникающая на приемных электродах М и N, определяется измерительным устройством.

6.4 Результаты измерений фиксируют на каждом расположении приемных и питающих электродов до проведения следующего измерения.

6.5 В результате проведенной серии измерений получают набор значений для определения кажущегося электрического сопротивления для каждого расположения приемных и питающих электродов.

6.6 В случае, если полученные значения заметно отличаются от значений, полученных на соседних точках, следует проверить правильность расположения (расстановки) электродов, произвести повторные измерения и контроль возможной утечки тока в линиях. При установлении утечки электрического тока в питающей линии

дальнейшие работы необходимо остановить до ее полного устранения.

Величина утечки считается допустимой, если разность потенциалов, обусловленная наличием утечки, не превышает 5 % измеряемой разности потенциалов.

При измерении утечки следует выполнять требования техники безопасности. При хорошей изоляции проводов и сухой почве контроль утечки в методе ВЭЗ следует производить на максимальных разностях MN.

В сырую погоду, при влажной почве и плохом состоянии проводов контроль утечки производится на каждой приемной линии при максимальных разностях MN для данной линии АВ.

Наличие утечек определяется путем измерения силы тока при отключенном электроде М или N. Если при отключенном электроде М в питающей линии обнаруживается ток, следовательно, в полуразносе М имеется утечка. При этом конец провода полуразноса, отключенного от электрода М, должен быть надежно изолирован от земли. Аналогичным образом при включенном токе в линии MN определяется утечка в полуразносах приемных линий.

Для уменьшения возможного влияния утечек приемную линию следует располагать в 1—5 м от питающей (при разностях MN до 100 м); в сырую погоду — до 10 м.

Все возможные источники утечек следует располагать по возможности дальше от приемных электродов.

6.7 Контрольные измерения проводят в объеме не менее 5% от общего количества проведенных ранее измерений, с учетом обеспечения тех же условий проведения исследования. При этом отклонение значений кажущегося электрического сопротивления при контрольных измерениях не должно превышать $\pm 7\%$. Относительная погрешность значений кажущегося электрического сопротивления при контрольном измерении не должна отличаться более чем на 7% от результатов проведенного измерения.

Относительную погрешность значений кажущегося электрического сопротивления вычисляют по формуле

$$\delta = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \frac{A_i - A_{ik}}{A_i + A_{ik}} \quad (1)$$

где A_i и A_{ik} — основное и контрольное значения измеряемого параметра в i -той точке
 n — общее число контрольных точек.

6.8 Запись результатов ВЭЗ заносят в полевой журнал, форма которого приведена в приложении Б. При наличии автоматического регистрирующего устройства, осуществляющего запись и хранение информации на электронных носителях, ведение записей в полевой журнал в бумажном виде не требуется.

Без записи текущего измерения в полевой журнал, либо фиксирования полученного результата при помощи электронной системы, переход на следующий разнос не допускается.

7 Обработка результатов

7.1 По результатам выполненных измерений вычисляют геометрический коэффициент, K , зависящий от взаимного расположения и расстояний между электродами А, В, М и N по формуле

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_{AM}} + \frac{1}{r_{BM}} + \frac{1}{r_{AN}} + \frac{1}{r_{BN}}}, \quad (2)$$

где r — расстояние между электродами А, В, М и N.

7.2 По результатам выполненных измерений коэффициента кажущееся электрическое сопротивление в каждом частном измерении ρ_k , Ом·м, вычисляют по формуле

$$\rho_k = K \cdot \frac{\Delta U_{MN}}{I_{AB}}, \quad (3)$$

где K – геометрический коэффициент, зависящий от взаимного расположения и расстояний между электродами А, В, М и N, в случае применения установки Шлюмберже, определяемый в соответствии с таблицей А.1;

ΔU_{MN} – разность потенциалов на приемных электродах М и N, мВ;

I_{AB} – сила тока, протекающего в питающей линии АВ, мА.

Примечание – В случае применения расположений электродов, отличающихся от приведенных в таблице А.1, коэффициент K рассчитывается по формуле

$$K = \pi \frac{r_{AM} \cdot r_{AN}}{r_{MN}}, \quad (4)$$

где r_{AM}, r_{AN}, r_{MN} – расстояния между соответствующими электродами, м.

7.3 По полученным значениям в каждом расположении электродов строится кривая ВЭЗ.

7.4. Кривую ВЭЗ строят на билогарифмических бланках (с модулем масштабного бланка 6,25 см) (пример кривой ВЭЗ представлен на рисунке 2) и/или в

специализированных программах (с применением логарифмического масштаба вертикальной и горизонтальной осей).

7.5 В случае выявления измерений, где нарушается закономерный ход кривой, на данной точке наблюдений проводят повторные замеры с целью исключения получения некорректных результатов, либо подтверждения полученных ранее данных.

Приложение А
(рекомендуемое)

Расположение электродов для проведения измерений ВЭЗ
четырёхэлектродной симметричной установкой

Расположение электродов при проведении частных измерений ВЭЗ четырёхэлектродной симметричной установкой установлены в таблице А.1.

Таблица А.1 – Рекомендуемые расположения электродов при проведении частных измерений ВЭЗ четырёхэлектродной симметричной установкой

Номер измерения	Расположения электродов А, В, М, N		К
	AB/2, м	MN/2, м	
1	1,5	0,5	6,2832
2	2,0	0,5	11,781
3	6,0	0,5	112,31
4	9,0	0,5	253,68
5	15,0	0,5	706,07
6	15,0	5,0	62,832
7	20,0	0,5	1256
8	20,0	5,0	117,81
9	25,0	5,0	188,5
10	40,0	5,0	494,8
11	60,0	5,0	1123
12	60,0	20,0	251,33
13	75,0	5,0	1759
14	75,0	20,0	410,37
15	90,0	20,0	604,76
16	110,0	20,0	918,92
17	150,0	20,0	1736
18	150,0	50,0	628,32
19	250,0	20,0	4877
20	250,0	50,0	1885
21	350,0	50,0	3770
22	500,0	50,0	7775
23	750,0	50,0	17593
24	900	50,0	25368
25	1100	50,0	37935
26	1500	50,0	70607

Окончание таблицы А.1

Примечания:

1. Коэффициенты рассчитаны для случая измерения разности потенциалов в мВ, силы тока в сА.
2. Данные рекомендуемые расположения электродов могут меняться оператором в зависимости от геологической обстановки и решаемой задачи в рамках проведения исследований.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Форма журнала наблюдений по методу ВЭЗ

Форма журнала наблюдений по методу ВЭЗ

Наименование объекта _____

Дата _____

Погода _____

Участок _____

Профиль _____

Местоположение центра ВЭЗ _____

Азимут разносов _____

Проверка линии на утечку: линия AM _____

линия BN _____

Номер измерения	AB/2, м	MN/2, м	K	ΔU_{MN} , мВ	I_{AB} , мА	ρ_k , Ом·м	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							

Кривая ВЭЗ

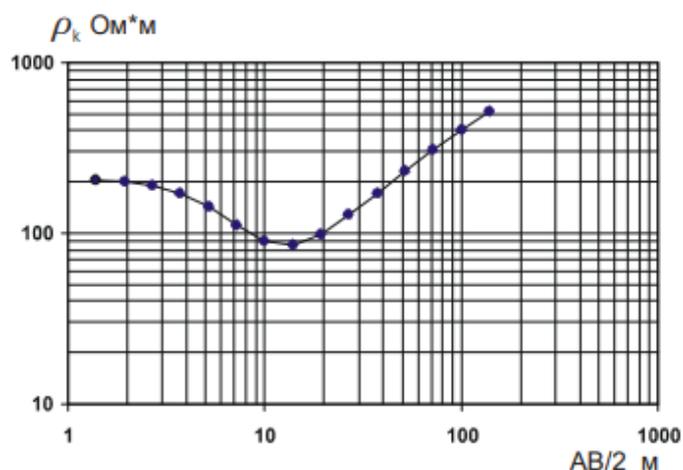


Рисунок 2 – Пример кривой ВЭЗ

Измерения провел _____

Обработку результатов выполнил _____

УДК 550.837:006.354

ОКС 93.020

Ключевые слова: инженерные изыскания, геофизические исследования, вертикальное электрическое зондирование, удельное электрическое сопротивление, кажущееся электрическое сопротивление

Заместитель генерального директора

А.В. Иванов

Директор департамента стандартизации
материалов и технологий

Е.В. Костылева