ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71771— 2024

Инженерные изыскания

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Метод электропрофилирования

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве» (ООО «ИГИИС»)

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 6 ноября 2024 г. № 1604-ст

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 (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

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

В настоящем стандарте установлены требования, предъявляемые к оборудованию, подготовке и проведению инженерно-геофизических исследований свойств грунтов методом электрического профилирования, а также к обработке результатов измерений.

Разработка стандарта осуществлена авторским коллективом Общества с ограниченной ответственностью «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве» (ООО «ИГИИС») (руководитель разработки — М.И. Богданов; ответственный исполнитель — И.Н. Модин; исполнители — И.Д. Ефремов, С.А. Гурова, И.Д. Кравченко, И.Л. Кривенцова, Л.Д. Серова).

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Инженерные изыскания

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Метод электропрофилирования

Engineering surveys. Geophysical surveys. Electrical profiling method

Дата введения — 2025—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на инженерно-геофизические исследования в составе инженерно-геологических изысканий и устанавливает требования к оборудованию, подготовке и проведению инженерно-геофизических исследований методом электрического профилирования, а также к обработке результатов измерения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 25100 Грунты. Классификация

ГОСТ Р 71757—2024 Инженерные изыскания. Геофизические исследования. Метод вертикального электрического зондирования

СП 446.1325800 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ

СП 493.1325800 Инженерные изыскания для строительства в районах распространения многолетнемерзлых грунтов. Общие требования

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 25100, ГОСТ Р 71757, СП 446.1325800, СП 493.1325800, а также следующие термины с соответствующими определениями:

Издание официальное

3.1 **бесконечность:** Питающий или приемный электрод, размещенный на расстоянии от точки электрического профилирования, на котором его влияние на результаты измерения с помощью рабочих электродов установки составляет не более $^{1}/_{50}$—$^{1}/_{100}$ от величины полезного сигнала.

3.2 **график профилирования (график ЭП, график КС):** График зависимости значений КС в логарифмическом масштабе от расстояния до расположения точек записи в линейном масштабе.

3.3 **карта кажущихся сопротивлений (карта КС):** Значения КС, показанные на карте цветовой или тональной раскраской и/или изолиниями, представляющие совокупность всех результатов электрических профилирований по профилям на площади.

3.4 **точка записи (точка наблюдений, точка ЭП):** Точка на профиле наблюдения, к которой относят результат полевых измерений.

3.5 **электрическое профилирование;** ЭП: Геофизический метод, при котором проводят измерения силы электрического тока в питающей линии AB и разности электрических потенциалов на электродах приемной линии MN, при этом перемещая по профилю установку с постоянными действующими разносами в целях получения информации об удельных электрических сопротивлениях на одной глубине (используя геометрический принцип изменения глубинности) в грунтовом массиве по проложению.

4 Общие положения

4.1 Метод ЭП применяют при выполнении инженерно-геофизических исследований для решения следующих задач:

- определения местоположения, глубины залегания и формы локальных неоднородностей в грунтовом массиве (зон трещиноватости, тектонических нарушений, карстовых полостей, оползневых склонов, подземных горных выработок, локальных включений сильнольдистых грунтов и ледогрунтов).
- изучения гидрогеологических условий: глубины залегания подземных вод, в том числе глубины залегания и мощности линз соленых и пресных вод, определения скорости, направления потока подземных вод.

4.2 Сущность метода ЭП заключается в измерении постоянного электрического поля или электрического потенциала при включении постоянного или переменного тока низкой частоты (до 20 Гц) на одном или нескольких действующих разносах с помощью приемных и питающих электродов для получения информации о распределении КС по профилю или площади.

4.3 ЭП выполняют путем перемещения с постоянным шагом вдоль линии профиля электроразведочной установки с фиксированным действующим разносом. При этом на каждой точке наблюдения измеряют значения разности электрических потенциалов и пересчитывают их в КС.

Глубина исследования для метода ЭП зависит от строения грунтового массива, свойств слагающих его грунтов и типа используемой установки. В зависимости от факторов, описанных выше, глубина исследования составляет от 1/3 до 1/10 максимального действующего разноса. Оптимальная глубина исследования оценивается как 1/5 максимального действующего разноса.

5 Измерительное оборудование и основные установки

5.1 Оборудование при выполнении ЭП состоит из следующих основных частей:

- генератора постоянного или переменного тока низкой частоты для возбуждения электрического поля в грунтовом массиве;
- измерительного устройства, применяемого для измерения разности электрических потенциалов, соответствующего типу генератора электрического тока;
- питающей линии AB;
- приемной линии MN;
- питающих (A и B) электродов;
- приемных (M и N) электродов.

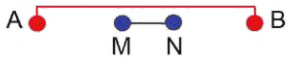
5.2 Для проведения исследований методом ЭП используют электроразведочные установки различных типов (см. 5.3). Установки отличаются положением электродов относительно точки ЭП и выбором электродов, между которыми определяется действующий разнос.

5.3 При выполнении ЭП применяют следующие типы установок:

- симметричную установку ЭП (СЭП), в которой измерительную линию MN устанавливают в центре питающей линии AB с симметричным расположением питающих электродов относительно при-

емных электродов. Точка записи расположена в центре MN. Установка СЭП может применяться в двух разновидностях;

- четырехэлектродную симметричную установку Шлюмберже AMNB, представляющую собой систему из питающей линии AB и приемной линии MN, вытянутых вдоль одной линии (линия установки). Длина приемной линии MN меньше или равна одной трети длины питающей линии AB (см. рисунок 1). Действующий разнос установки Шлюмберже равен половине длины AB.



A, B — питающие электроды, образующие питающую линию AB; M, N — приемные электроды, образующие приемную линию MN

Рисунок 1 — Схема четырехэлектродной симметричной установки Шлюмберже

Геометрический коэффициент установки рассчитывают по формуле (1) (преобразованной из формулы (2) ГОСТ Р 71757—2024)

$$K = \frac{\pi \cdot AM \cdot AN}{MN}; \quad (1)$$

- установку Веннера (см. рисунок 2) — частный случай симметричной четырехэлектродной установки Шлюмберже, которая представляет собой систему из питающей линии AB и приемной линии MN, вытянутых вдоль одной линии, в которой размер приемной линии MN всегда равен одной трети длины питающей линии AB. Действующий разнос установки Веннера равен одной трети длины AB.



Рисунок 2 — Схема установки Веннера

Геометрический коэффициент установки рассчитывают по формуле (2) (преобразованной из формулы (2) ГОСТ Р 71757—2024)

$$K = 2\pi r, \quad (2)$$

где r — действующий разнос установки;

- трехэлектродную установку Шлюмберже AMN (или MNB) (см. рисунок 3), которая представляет собой систему, состоящую из четырех электродов, три из которых вытянуты вдоль одной линии, а один из питающих электродов является бесконечностью. Если бесконечность расположена вдоль линии установки, то расстояние от этого электрода до точки ЭП должно быть в семь—десять раз больше максимального действующего разноса. Если бесконечность расположена перпендикулярно к линии установки, то расстояние от этого электрода до точки ЭП должно быть в три—пять раз больше максимального действующего разноса. Действующий разнос трехэлектродной установки Шлюмберже равен расстоянию от рабочего питающего электрода до центра приемной линии MN и имеет обозначение O. Действующий разнос трехэлектродной установки Шлюмберже равен расстоянию от электрода A или B до центра приемной линии (AO или BO, в зависимости от того, какой электрод является бесконечностью). Точка записи расположена в центре MN.

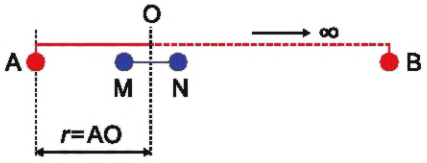


Рисунок 3 — Схема трехэлектродной установки Шлюмберже

Геометрический коэффициент установки рассчитывают по формуле (3) (преобразованной из формулы (2) ГОСТ Р 71757—2024)

$$K = \frac{2\pi \cdot AM \cdot AN}{MN}; \quad (3)$$

- дипольную осевую установку профилирования (ДОП) (см. рисунок 4), которая представляет собой систему, где все электроды расположены вдоль одной линии, вытянутой вдоль профиля наблюдений, состоящую из двух пар диполей равной длины питающих (АВ) и приемных (MN); при этом приемная линия удалена от питающей линии на расстояние, в пять—семь раз превышающее размеры диполей. Действующий разнос установки ДОП равен половине расстояния между центрами питающих и приемных линий ОО′, где О — центр приемного диполя, а О′ — центр питающего диполя. Точка записи относится к центру приемной или питающей линии.

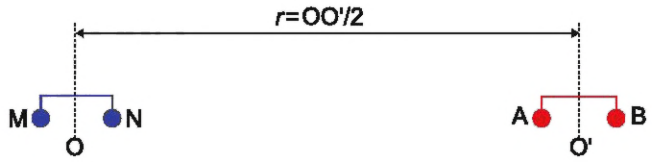


Рисунок 4 — Схема дипольной осевой установки профилирования

Геометрический коэффициент установки рассчитывают по формуле (4) (преобразованной из формулы (2) ГОСТ Р 71757—2024)

$$K = \frac{\pi \cdot r^3}{AB \cdot MN}; \quad (4)$$

где r — это действующий разнос установки;

- дипольную экваториальную установку профилирования (ДЭП) (см. рисунок 5), которая представляет собой систему, где питающие и приемные линии расположены перпендикулярно к направлению линии профиля; при этом приемная линия диполей удалена от питающей линии на расстояние, в пять—семь раз превышающее размеры диполей. Действующий разнос установки ДЭП равен расстоянию между центрами питающих и приемных линий ОО´, где О — центр приемного диполя, а О′ — центр питающего диполя. Точка записи относится к центру приемной или питающей линии.

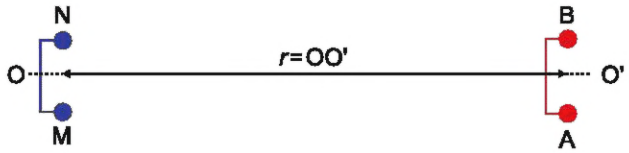


Рисунок 5 — Схема дипольной экваториальной установки профилирования

Геометрический коэффициент установки рассчитывают по формуле (5) (преобразованной из формулы (2) ГОСТ Р 71757—2024)

$$K = \frac{2\pi \cdot r^3}{AB \cdot MN}, \quad (5)$$

где r — это действующий разнос установки;

- установку срединного градиента (СГ) (см. рисунок 6), которая представляет собой систему, в которой два питающих электрода АВ являются неподвижными, приемные электроды MN передвигают в средней трети линии АВ. Размещение точек наблюдения внутри АВ может быть выполнено на площади съемки, ограниченной размерами по X и Y линиями одной третью длины АВ; точка записи относится к центру MN; для каждого положения MN необходимо рассчитывать свой геометрический коэффициент, так как на каждой точке записи взаимное положение питающих и приемных электродов меняется.

Действующий разнос установки срединного градиента равен половине длины АВ. Точка записи расположена в середине приемной линии.

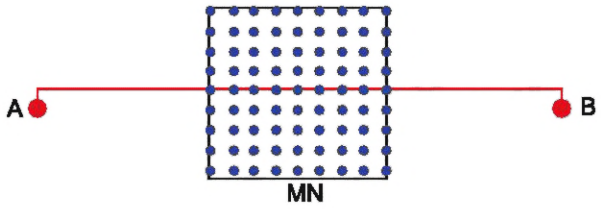


Рисунок 6 — Схема установки срединного градиента

Геометрический коэффициент установки рассчитывают по формуле (2) ГОСТ Р 71757—2024 для каждого нового положения электродов.

5.4 Методика ЭП предусматривает одновременное использование двух или более действующих разносов, что позволяет определять параметры неоднородностей, расположенных на разных глубинах. Для дипольного профилирования достаточно использования одного действующего разноса с построением графиков КС с отнесением точки записи к центру разных диполей.

6 Подготовка и проведение измерений

6.1 При исследованиях методом ЭП допускается выполнять измерения по профилю или по системе профилей на площади. Перед началом инженерно-геофизических исследований методом ЭП необходимо выбрать методику выполнения работ.

Основными параметрами методики являются:

- тип установки;
- действующий разнос (или действующие разносы);
- длина приемной линии;
- шаг между точками ЭП, расположенными вдоль профиля;
- длина и направление профиля;
- количество профилей при площадных исследованиях;
- азимут линии установки.

6.2 Питающую линию подключают к генератору электрического тока, приемную линию — к измерительному устройству. Питающие и измерительные электроды заземляют путем забивания их в грунт.

6.3 Перед началом измерений, при каждом изменении положения питающих или приемных электродов, проводят проверку заземления электродов приемной линии с помощью измерительного устройства. Заземление считается удовлетворительным, если полученное значение переходного сопротивления между электродом и землей не превышает 3—5 кОм. При производстве работ с аппаратурой, не позволяющей проводить автоматическую проверку качества заземлений питающих и приемных электродов, необходимо выполнить проверку заземления с помощью омметра.

Допускается смещать электроды от их планового положения согласно типу установки и параметрам методики на 10 % от значения действующего разноса, но не более чем на 2 м.

6.4 При необходимости уменьшения сопротивления заземления применяют:

- увеличение глубины забивки электродов в грунт;
- увлажнение и/или добавление рассола в места их забивки;
- растепление грунта, находящегося в мерзлом состоянии.

6.5 Силу тока в питающей линии АВ регулируют с помощью генератора электрического тока.

6.6 Разность электрических потенциалов, возникающую на приемных электродах M и N, определяют измерительным устройством.

6.7 Результаты измерений на каждой точке ЭП записывают в бумажном или электронном виде в журнале (см. приложение А) перед переходом на следующую точку ЭП. При проведении работ с использованием аппаратуры, позволяющей сохранять в памяти результаты измерений, запись результатов каждого измерения в журнале не требуется.

6.8 После записи результатов измерения переходят на следующую точку ЭП согласно параметрам выбранной методики.

6.9 Полученные в ходе измерений значения разности электрических потенциалов пересчитывают в значения КС. Для этого вычисляют геометрический коэффициент *K*, зависящий от взаимного расположения и расстояний между электродами A, B, M и N (см. 3.7).

6.10 Если полученные на соседних точках ЭП значения КС заметно отличаются, следует проверить правильность расположения (расстановки) электродов, провести повторные измерения и проконтролировать возможные утечки электрического тока (далее — утечка) в линиях в соответствии с методикой, описанной ниже. При выявлении утечки дальнейшие работы необходимо остановить до ее полного устранения.

Контроль утечки проводят на максимальном действующем разносе. Наличие утечек на питающей линии выявляют путем измерения силы тока при незаземленном электроде A или B. Если при незаземленном электроде A в питающей линии обнаруживается ток, то в линии A имеется утечка. Аналогично для линии B: если при отключенном электроде B в питающей линии обнаруживается ток, то в линии B имеется утечка. Аналогичным образом выявляют утечку в приемной линии, отключая электроды M и N.

6.11 Необходимо проводить контрольные измерения в объеме не менее 5 % от количества точек наблюдения. При этом отклонение основных и контрольных значений КС при контрольных измерениях не должно превышать ±5 %.

Относительную погрешность измеренных значений КС вычисляют по формуле

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \frac{\left(\rho_к^{ряд} - \rho_к^{конт}\right)^2}{\rho_к^{ряд} \cdot \rho_к^{конт}}} \cdot 100\ \%, \qquad (6)$$

где $\rho_к^{ряд}$ и $\rho_к^{конт}$ — основное и контрольное значения измеряемого параметра на *i*-м измерении;

N — общее число контрольных точек.

6.12 Оценку качества полевых данных проводят ежедневно по окончании рабочего дня.

7 Обработка и интерпретация результатов измерений

7.1 На этапе обработки результатов измерений ЭП строят графики КС (см. приложение Б) по отдельным профилям, карты КС при площадных исследованиях, круговые диаграммы. Графики КС различных установок, полученные на одном профиле, строят на одном бланке. Для построения карт КС на инженерно-топографические планы наносят профили и точки ЭП с рассчитанными значениями КС. Для построения круговых диаграмм из центра проводят лучи, совпадающие с азимутом исследования, а по каждому лучу в логарифмическом масштабе откладывают рассчитанные по этому направлению значения КС.

7.2 Качественная интерпретация результатов измерений ЭП заключается в выделении на графиках КС и картах КС аномалий и проведении анализа возможных причин их появления.

7.3 При количественной интерпретации определяют местоположение и простирание аномалий. Основным способом количественной интерпретации является подбор теоретической модели соответствующей наблюдаемым графикам КС или картам КС и имеющейся инженерно-геологической информации (в том числе геофизическим данным).

Приложение А
(рекомендуемое)

Форма журнала полевых измерений методом ЭП

Журнал полевых измерений методом ЭП

Организация-исполнитель _____

ИНН организации-исполнителя _____

Организация-заказчик _____

ИНН организации-заказчика _____

Наименование объекта _____

Местонахождение объекта _____

_____

(словесное описание)

Погода _____

_____

(словесное описание)

Дата проведения исследования _____

Используемая система координат _____

Географические координаты начала и конца профиля _____

Название (номер) профиля и его протяженность _____

Количество и шаг точек ЭП по профилю _____

Измерительный прибор (производитель, серийный номер) _____

Генератор электрического тока (производитель, серийный номер) _____

Тип установки _____

Азимут действующего разноса _____

Действующий разнос _____ Длина MN _____

Коэффициент установки _____

Дата измерений: начало _____ окончание _____

Номер измерения	ΔU_{MN}, мВ	I_{AB}, мА	$\rho_к$, Ом · м	Примечание
1				
2				
3				

Измерения провел _____ / _____
(должность, фамилия, инициалы) (подпись)

Приложение Б
(рекомендуемое)

Пример оформления графиков КС

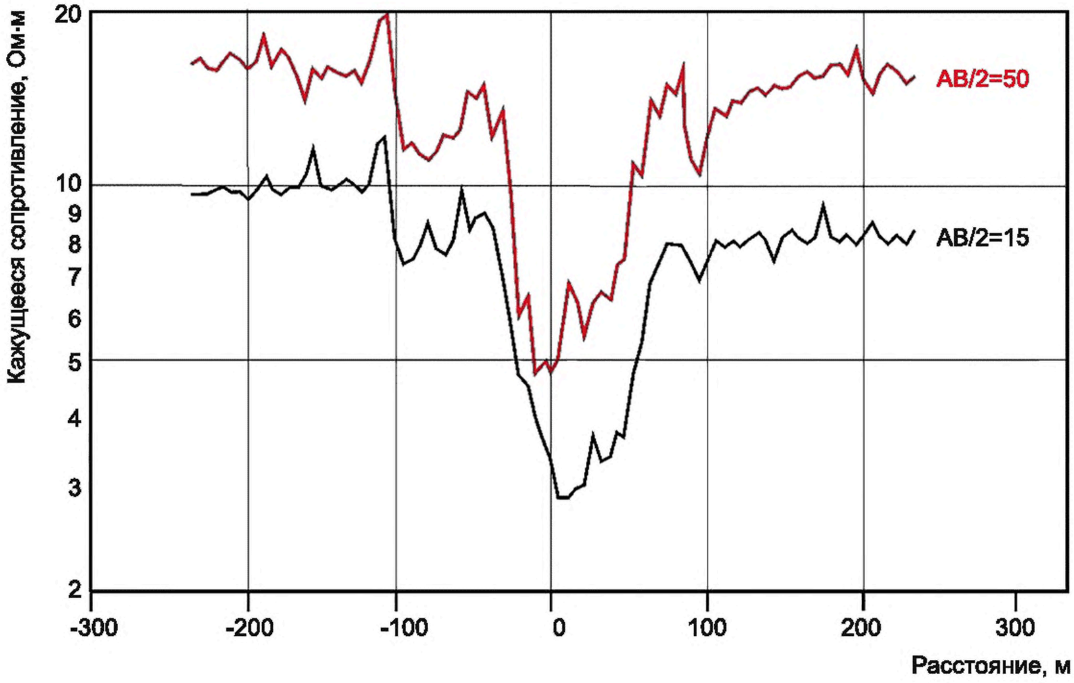


Рисунок Б.1 — Графики КС для двух действующих разносов ЭП

УДК 550.837:006.354 ОКС 93.020

Ключевые слова: инженерные изыскания, инженерно-геофизические исследования, метод электрического профилирования, кажущееся удельное электрическое сопротивление

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 08.11.2024. Подписано в печать 21.11.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,18.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru