МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО–ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора института
Н. Б. СОКОЛОВ
16 июня 1983г

РУКОВОДСТВО ПО ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОМУ ДИНАМИЧЕСКОМУ ЗОНДИРОВАНИЮ ГРУНТОВ

Одобрено Главтранспроектом

Москва 1983

gost.e-ecolog.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

Руководство разработано в развитие главы 2 СНиП 11-15-74 и главы 3 СНиП 11-9-78. В Руководстве рассмотрен метод электроконтактного динамического зондирования, сочетающий динамическое зондирование и токовый каротаж, дана сфера его рационального применения при инженерно-геологических изысканиях, указаны основные требования к оборудованию, аппаратуре и технологии проведения испытаний, приведены способы обработки и интерпретации полученных материалов, порядок представления результатов наблюдений и определения сметной стоимости выполненных работ.

Руководство составлено на основе опытно-производственных и экспериментальных исследований, выполненных на объектах Минтрансстроя, ЦНИИ МПС, объединения "Стройизысканий" и других ведомств с установками, изготовленными на экспериментальном заводе ЦНИИСа.

Руководство разработано инж. В.Я.Пригодой. В проведении экспериментальных работ и подготовке материалов принимали участие инженеры В.В.Земсков (ЦНИИС) и Н.П.Завалишин (Союздорпроект).

Работа предназначена для инженеров-геологов и геофизиков проектно-изыскательских институтов Минтрансстроя, Желдорпроектов и Гипротранспути МПС

Зав.отделением изысканий
и проектирования железных дорог

А.М.Козлов

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Метод электроконтактного динамического зондирования (ЭДЗ) относится к полевым инженерно-геологическим методам и предназначен для исследования песчаных и глинистых грунтов.

1.2. Метод ЭДЗ сочетает в себе два способа испытания грунтов: токовый каротаж и динамическое зондирование. По результатам токового каротажа грунты следует расчленять в основном по их литологическому составу, по данным динамического зондирования - оценивать их физико-механические свойства. Сочетание токового каротажа с динамическим зондированием позволяет значительно уменьшить объем опорного инженерно-геологического бурения.

1.3. Установку электроконтактного динамического зондирования (ЭДЗ) следует применять при инженерно-геологических изысканиях труднодоступных для транспорта участков (болот, мелководных заиленных пойм рек, крутых косогоров, насыпей и выемок железных дорог, станционных и строительных площадок и др.). По сравнению с установкой стандартного динамического зондирования типа УБП-15 м установка ЭДЗ более портативна, транспортабельна, легка (масса установки без штанг составляет 30 кг).

1.4. По параметру условного динамического сопротивления установки УБП-15 м и ЭДЗ имеют вполне удовлетворительную сходимость [1].

1.5. Конструкция установки ЭДЗ, способы тарировки приборов и наконечников, особенности технологии проведения полевых исследований изложены в работах [1, 2, 3]. При разработке конструкции установки учитывались основные требования изыскательских партий по минимальным габаритам, массе, экономичности питания и транспортабельности.

2. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЭДЗ

2.1. Метод ЭДЗ предназначен для исследования песчаных и глинистых грунтов с содержанием крупнообломочных включений не более 40% по массе и условным динамическим сопротивлением $P_д$ не более 20 МПа (200 кгс/см^2).

2.2. Метод ЭДЗ следует применять в сочетании с другими видами исследований для решения следующих инженерно-геологических задач:

расчленения исследуемых массивов по видам грунтов, установления мощностей отдельных слоев и глубин залегания границ их разделов;

ориентировочной количественной оценки физико-механических свойств грунтов: плотности сложения, углов внутреннего трения и модулей деформации песков, нормативного давления и модулей деформации суглинков и глин;

оценки пространственной изменчивости состава и свойств грунтов;

определения уровня грунтовых вод в песчаных отложениях;

определения степени уплотнения и упрочнения во времени искусственно сложенных (насыпных и намывных) грунтов;

определения коррозионной активности грунтов по их удельной электропроводности;

выбора места расположения опытных площадок для детального изучения физико-механических свойств грунтов другими методами (штампами, прессиометрами и др.);

обследования насыпей эксплуатируемых железных дорог с целью определения толщины балластного слоя, границ распространения и мощности балластных шлейфов, выявления и оконтуривания балластных лож, корыт, мешков и гнезд, определения их размеров и конфигурации; установления величин осадок и конфигурации подошв насыпей, возведенных на слабых грунтах (илах, торфах, сапропелях), определения кровли мерзлых грунтов в теле насыпи и др.;

изучения оползневых косогоров, определения мощности разуплотненных оползневых масс, определения границ распространения оползней по площади, выявления переувлажненных зон, установления плоскости скольжения (сплыва), глубины ее залегания и конфигурации;

исследования торфяных залежей и озерных отложений.

2.3. Характеристики свойств мерзлых, просадочных, набухающих, засоленых глинистых грунтов, а также пылеватых водонасыщенных песков и супесей по условному динамическому сопротивлению $P_д$ не определяют.

2.4. Глубина зондирования зависит от плотности сложения грунтов и изменяется от 3 до 20 м. Расчетная глубина, допускающая определение физико-механических свойств грунтов по $P_д$, при удельной энергии зондирования 500 Н/см (массе молота 10 кг и высоте его падения 0,5 м) не превышает 10 м, а при удельной энергии зондирования 1100 Н/см (массе молота 15 кг и высоте его падения 0,73 м) не превышает 18 м. Глубина зондирования по токовому каротажу неограничена.

2.5. Ошибки в определении глубин залегания границ грунтов различного литологического состава при шаге наблюдений, равном 10 см, и различии грунтов по удельным электрическим сопротивлениям не менее чем в 1,2 раза составляют $\pm$5 см, при шаге наблюдений 5 см составляют $\pm$2,5 см. При нечеткой границе раздела, например проникновении щебня балластной призмы в песчаную подушку, точность определения границ снижается в 2–3 раза.

2.6. Данные зондирования (силу тока, пропускаемого через исследуемые грунты, и количество постоянных по силе ударов молота, необходимых для погружения зонда на глубину 10 см) заносят в соответствующие графы полевого журнала (приложение 1).

3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОБОРУДОВАНИЮ И АППАРАТУРЕ

3.1. В состав установки электроконтактного динамического зондирования должны входить следующие основные узлы (рис.1):

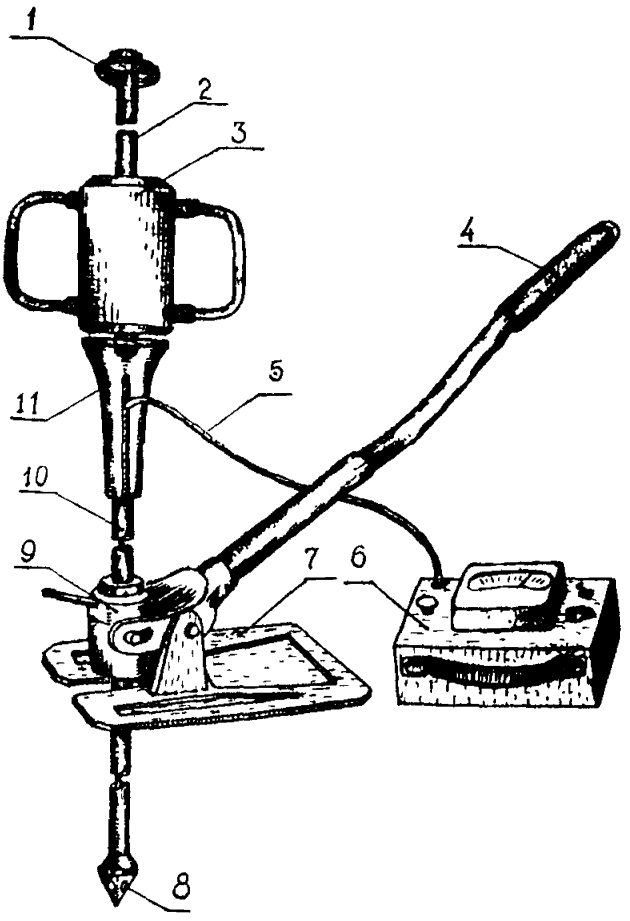


Рис. 1. Общий вид установки электроконтактного динамического зондирования (ЭДЗ):
1- ограничитель высоты подъема молота; 2 - направляющая штанга; 3 - молот; 4 - рычаг извлекающего устройства; 5 - двухжильный кабель, соединяющий изолированные контакты наконечника с измерительным прибором; 6 - измерительный прибор ИТ-81; 7 - опорная плита; 8 - инвентарный двухконтактный наконечник; 9 - самозахватывающий механизм; 10 - штанги, составляющие зонд; 11 - подбабок (упор для молота)

инвентарный двухконтактный наконечник;

зонд (штанги с наконечником);

ударное устройство (молот с подбабком и направляющей штангой);

измерительное устройство (генератор и измеритель тока ИТ-81);

извлекающее устройство (самозахватывающий механизм, рычаг, опорная плита).

3.2. Зонд погружают в исследуемые грунты постоянными по силе ударами молота. Молот массой 10 кг применяют для исследования грунтов с условным динамическим сопротивлением до 7–8 МПа, а молот массой 15 кг – от 5 до 20 МПа.

3.3. Параметры оборудования и аппаратуры установки ЭДЗ приведены в табл. 1. Изменение высоты падения молота и его массы допускается при условии, что удельная энергия зондирования составляет от 500 до 1100 Н/см (50–110 кгс/см), а отношение массы молота к массе подвижных частей установки ЭДЗ – от 0,3 до 1,6 по всей глубине зондирования.

Таблица 1

№ п/п	Состав оборудования и его характеристика	Значения параметров
1	**Наконечник двухконтактный:**	
	геометрическая форма конструкции	Конус с углом при вершине 60°
	диаметр основания, мм	35,7
	диаметр круглых бронзовых контактов, мм	9
	толщина изоляционного слоя, мм	1
	удаление оси контактов от основания конуса, мм	10
	угол между осями контактов, град	120

Продолжение табл. 1

№ п/п	Состав оборудования и его характеристика	Значения параметров
2	Штанги зонда:	
	наружный диаметр, мм	24
	толщина стенок, мм	4
	длина звена с муфтой, м	1
	масса звена с муфтой, кг	2
	длина звена с муфтой, м	0,3
	масса звена с муфтой, кг	0,68
3	Ударное устройство:	
	масса молота, кг	10
	высота падения, м	0,5
	масса молота, кг	15
	высота падения, м	0,73
	масса подбабка, кг	3,7
4	Измерительное устройство ИТ-81:	
	частота генератора, Гц	220
	потребляемая мощность, Вт	0,6
	пределы измерения силы тока, мА	0,001-3

Изменение формы наконечника, диаметра, угла при вершине, размеров и взаимного расположения контактов не допускается. Соотношение диаметра наконечника и диаметра штанг должно быть не менее 1,5.

3.4. В приборе ИТ-81 имеется четыре предела измерений: 100, 300, 1000 и 3000 мкА [1]. В процессе изготовления прибора проводят контроль за его показаниями. Шунты подбирают таким образом, чтобы показания прибора

на разных пределах измерений отличались не более чем на 5%. Наиболее тщательно следует подбирать шунты для пределов измерений 0,3 и 1 мА, которые наиболее часто используют при полевых наблюдениях.

После изготовления прибор тарируют. Для этого параллельно клеммам на выходе прибора подключают магазин сопротивлений и вольтметр с большим входным сопротивлением типа В3-38. Изменяя сопротивление внешней нагрузки, определяют изменение силы тока и падение напряжения.

Для каждого прибора ИТ-81 графики зависимости силы тока и напряжения от величины внешней нагрузки приведены в приложении 2. Расхождения в показаниях приборов величины тока при сопротивлении внешней нагрузки от 10 до 300 Ом не должны превышать 3-5%, а от 300 до 5000 Ом - 5-7%. Расхождение напряжения на выходе прибора при любых сопротивлениях внешней нагрузки допускаются до 20%.

3.5. Сопротивление изоляции между контактами и корпусом наконечника должно быть не менее 1 МОм. Показания прибора ИТ-81 (фон) при включенном сухом наконечнике не должно превышать 0,001 мА, а при влажном чистом наконечнике, извлеченном из исследуемых грунтов, не более 0,003 мА.

3.6. Двухконтактные наконечники после изготовления тарируют в растворах химически чистой соли *NaCl* различной концентрации. Соль растворяют в дистиллированной воде. Тарировку производят при температуре +18°С. Удельное электрическое сопротивление раствора определяют лабораторными резистивиметрами с большим диапазоном измерений (типа Р-38) либо по графикам зависимости удельного электрического сопротивления различных растворов от их концентрации (приложение 5 Методических рекомендаций 4) при известных концентрациях этих растворов.

График зависимости тока от удельного электрического сопротивления раствора *NaCl* (для двухконтактных наконечников со значениями параметров, указанными в табл.1) должен иметь характеристику, приведенную в приложении 3. Отклонения в показаниях тока не должны превышать ±5%.

3.7. По данным параметрических измерений удельное электрическое сопротивление грунтов на 5-10% выше соп-

ротивлений, определяемых по графику приложения 3 для жидких растворов. При определении удельной электропроводимости грунтов по данным ЭДЗ эти отклонения необходимо учитывать.

4. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

4.1. Установки электроконтактного динамического зондирования необходимо проверять при получении их с завода и перед выездом на полевые работы, но не реже 1 раза в месяц, а также после выявления и устранения неисправности или замены деталей.

4.2. В период подготовки к проведению полевых работ мегомметром измеряют сопротивление изоляции между контактами, а также между контактами и корпусом наконечника. Сопротивление должно быть не менее 1 МОм.

В полевых условиях после окончания зондирования сопротивление изоляции наконечника проверяют на приборе ИТ-81. Показания прибора (фон) при подключенном насухо протертом наконечнике не должны превышать 0,003 мА.

4.3. Перед выездом в поле необходимо проверить комплектность установки и инструмента (наличие газовых ключей, запасных шплинтов для подбабка, плоскогубцев, отверток), питание измерительного прибора, сопротивление контактов рабочих наконечников, резьбовые соединения штанг и муфт. Резьбовое соединение наконечника и первой штанги уплотняют сальником или клеем. Обычно наконечник не снимают со штанги до окончания работ или полного его износа.

4.4. Периодически через 10–15 зондирований проверяют прямолинейность штанг, особенно первых трех звеньев. Для этого их соединяют и укладывают на ровной поверхности. Отклонение их в любой плоскости не должно превышать 5 мм.

Уменьшение высоты конуса наконечника при максимальном его износе не должно превышать 3 мм, а диаметра – 0,3 мм.

4.5. Перед началом работ необходимо осмотреть продольный паз подбабка. При наличии в нем заусениц необходимо убрать их. Это предохранит изоляцию кабеля, соединяющего контакты наконечника с измерительным прибором, от нарушений.

4.6. Рабочее состояние прибора контролируется переключателем в положении "Контроль питания". При этом выходные клеммы прибора закорачиваются, а стрелка прибора с помощью реостата устанавливается в положение "100" шкалы прибора. Если стрелка не устанавливается в положение "100", либо постепенно смещается в сторону меньших показаний, питание прибора необходимо заменить.

5. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

5.1. Состав и объемы работ, расстояния между точками зондирования, глубина исследований и очередность выполнения ЭДЗ в сочетании с другими инженерно-геологическими исследованиями определяются конкретными инженерно-геологическими задачами, сложностью и изученностью исследуемых участков, особенностью объектов строительства и стадией проектирования.

5.2. Зонд установки ЭДЗ собирают из отдельных штанг (звеньев) длиною 1 или 0,3 м. Штанги длиною 0,3 м необходимо использовать при обследовании основной площадки эксплуатируемых железных дорог, длиною 1 м - во всех остальных случаях при линейных и площадных изысканиях под искусственные, промышленные и гражданские сооружения, обследовании откосов насыпей, выемок дорог и др.

5.3. Для выполнения зондирования предварительно планируют горизонтальную площадку размерами 0,5х0,5 м. В центре площадки вертикально устанавливают первую штангу с наконечником, навинчивают на верхний торец штанги вкладыш и надевают подбабок с грузом.

5.4. Постоянными по силе ударами молота массой 10 или 15 кг, падающего с высоты соответственно 0,5 или 0,73 м, зонд погружают на глубину 10-20 см. Через каждые 10 см пог-

ружения подсчитывают количество ударов молота, а на приборе ИТ-81 снимают показания силы тока. Ток измеряют в положении опущенного груза на подбабок. Глубину погружения зонда определяют по меткам, нанесенным на штангах через 10 см. Для лучшей видимости метки на штангах прочеркивают мелом. Ошибка в определении глубины погружения зонда не должна превышать ±0,5 см.

5.5. Вертикальность погружения зонда контролируют по отвесу. В процессе зондирования через каждые 0,5 м погружения зонда колонну штанг необходимо повернуть вокруг оси по часовой стрелке. Затруднения при повороте свидетельствуют о возникновении сил трения штанг о грунт. При крутящем моменте от 15 до 150 Н·м (1,5–15 кгс·м) силы трения необходимо учитывать при обработке результатов зондирования согласно п.6.5. Значительное сопротивление повороту штанг (свыше 150 Н·м) свидетельствует об искривлении зонда. В этом случае зонд необходимо извлечь из грунта и испытание повторить заново на расстоянии 2–3 м от предыдущей точки зондирования.

Величину крутящего момента колонны штанг определяют динамометрическим ключом ДК-25. Ключ посредством соответствующего переходника одевают на верхний торец штанги. Крутящий момент определяют по среднему показателю индикатора ключа за его полный оборот при равномерном медленном вращении штанг вокруг оси. Для обеспечения равномерного вращения штанг при крутящем моменте более 70–80 Н·м поворот ключа должны осуществлять двое рабочих. Результаты измерений записывают в полевой журнал. По показаниям индикатора ключа величину трения грунта по боковой поверхности штанг определяют согласно указаниям п.6.5.

5.6. При отсутствии динамометрического ключа наличие трения штанг о грунт устанавливают по следующим признакам. Если колонна штанг легко поворачивается руками, трение штанг о грунт практически отсутствует и при обработке данных ЭДЗ его не учитывают. Если штанги поворачиваются только с помощью штангового или газового ключа, то в результате зондирования необходимо вводить поправки на трение согласно п.6.6. Если же зонд не уда-

ется повернуть с помощью одного или двух ключей, значит сопротивление вызвано искривлением скважины и зондирование необходимо повторить заново.

5.7. Точки зондирования необходимо выносить в натуру геодезическими методами и закреплять на местности временными знаками. Контроль точности планово-высотной привязки точек на песчаных косогорах и откосах насыпей железных дорог должен быть выполнен дважды - до начала и после выполнения зондирования.

5.8. После окончания испытаний зондировочную скважину следует тампонировать грунтом. Площадку нужно очистить от мусора и восстановить почвенно-растительный слой в местах, где он был нарушен в результате производства работ.

5.9. Установку ЭДЗ должны обслуживать три человека: оператор (ИТР или ст.техник) и двое рабочих. Оператор определяет по прибору ИТ-81 силу тока, проходящего через исследуемые грунты, и ведет запись в полевом журнале. Один из рабочих ударами молота погружает зонд и подсчитывает количество ударов на 10 см погружения зонда, второй наблюдает за состоянием штанг и контролирует глубину погружения. Через каждый метр погружения зонда рабочие меняются местами. Зондирование ведут непрерывно до заданной глубины исследования или резкого увеличения количества ударов в залоге. Перерывы допускаются только при наращивании штанг. При количестве ударов более 80 на 10 см погружение зонда работу следует прекратить. Исключение представляют маломощные (до 0,5 м) слои грунта повышенной плотности, под которыми залегают более слабые грунты, подлежащие исследованию. Эти слои проходят даже в том случае, если для этого требуется выполнить до 150 ударов на 10 см погружения зонда.

5.10. При инженерно-геологическом обследовании основной площадки исследуемых дорог на оси пути или у внутренних сторон рельсов соединительные провода протаскивают под рельсами. Оператор с измерительной аппаратурой должен находиться на обочине насыпи. Зонд составляют из звеньев длиной 0,3 м. Перед началом зондирования

предварительно выбирают щебеночный балласт на глубину заложения шпал. В образованную лунку погружают зонд.

5.11. При приближении поезда зонд быстро погружают (без замера тока и подсчета количества ударов) до уровня головки рельса или отсоединяют верхнее звено. Подбабок с направляющей и молотом снимают и укладывают на шпалы, а рабочие отходят на откос насыпи.

Если приближение поезда совпало с извлечением зонда, то после отсоединения очередного звена снимают рычаг. Само извлекающее устройство не должно возвышаться над головкой рельса и создавать помех проходящим поездам. Каждое извлеченное звено зонда необходимо сразу же отсоединить. При интервалах между проходящими поездами меньше 15 мин зондирование на основной площадке проводить не следует.

Работы методом ЭДЗ на насыпях эксплуатируемых железных дорог необходимо проводить согласно технологии, приведенной в работах [2, 3].

5.12. При выполнении работ на действующих линиях исследуемых дорог необходимо руководствоваться правилами техники безопасности [5], производственной санитарии [6] и инструкцией по сигнализации на железных дорогах Союза ССР [7].

6. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

6.1. В процессе выполнения зондирования установкой ЭДЗ получают силу тока J, мА, проходящего через исследуемые грунты, и количество постоянных по силе ударов n, необходимых для погружения зонда на глубину 10 см. Показания J и n заносят в соответствующие графы полевого журнала (см. приложение 1).

6.2. Условное динамическое сопротивление грунта определяют по формуле

$$P_д = n \cdot Q, \qquad (1)$$

где Q – коэффициент, учитывающий влияние параметров установки на результаты зондирования.

6.3. Значение Q, согласно СН 448-72 [8], определяют по формуле

$$Q = \frac{M_г \cdot H \cdot \varphi \cdot K}{h \cdot S} \cdot \frac{M_г + e^2 \Sigma M_э}{M_г + \Sigma M_э}, \qquad (2)$$

где $M_г$ – масса молота, кг;

$M_э$ – масса движущихся частей установки (зонда, подбабка с направляющей и др.);

S – площадь поперечного сечения наконечника, $см^2$;

H – высота падения молота, м;

h – глубина погружения зонда за залог (шаг наблюдений), см;

e – коэффициент учета упругого удара, принимаемый 0,56;

φ – коэффициент учета трения грунта о боковую поверхность штанг;

K – поправочный коэффициент для груза массой 10 кг, установленный по результатам сопоставительных испытаний установок ЭДЗ и УБП-15М [1].

Значения $M_э$ получают из выражения

$$M_э = M_н + M_п + M_{пм} + M_ш + M_к, \qquad (3)$$

где $M_н, M_п, M_{пм}, M_ш, M_к$ – соответственно массы направляющей, подбабка, полумуфты, штанги и наконечника, кг.

6.4. Коэффициенты Q определяют отдельно для молота массой 10 и 15 кг. При отсутствии трения штанг о грунт их следует обозначать соответственно Q_{10} и Q_{15}; при наличии трения штанг о грунт обозначить $Q_{10} \cdot \varphi$ и $Q_{15} \cdot \varphi$. Величина Q расочитывается для каждого метра зондирования, т.е. для каждой вновь наращиваемой штанги: для первого метра зондирования, т.е. для установки ЭДЗ с одной штангой, величину Q определяют из формул (2) и (3); для последующих метров масса подвижных частей установки увеличивается на массу штанги $M_ш$ и массу переходной муфты $M_м$, т.е.

$$M_{э1-2} = M_э + M_ш + M_м; \quad M_{э2-3} = M_{э1-2} + M_ш + M_м \qquad (4)$$

и так далее.

6.5. Величину трения грунта по боковой поверхности штанг $F_б$ определяют по показаниям индикатора динамометрического ключа ДК-25 (см.п.5.5) из следующего выражения

$$F_б = \frac{M}{r},$$

где M – крутящий момент, определяемый ключом ДК-25, Н·м (кгс.см);

r – радиус штанги, см.

Удельная сила сопротивления погружению зонда $p_б$, обусловленная трением грунта по боковой поверхности штанг, будет равна

$$p_б = \frac{F_б}{S} = \frac{M}{r \cdot S}, \qquad (5)$$

При r = 1,2 см и S = 10 $см^2$ выражение (5) будет иметь вид

$$p_б = 0,083 \cdot M. \qquad (6)$$

Для учета влияния трения штанг на результаты зондирования необходимо из величины условного динамического сопротивления $p_д$, рассчитанного по формулам (1) и (2) без учета коэффициента трения Φ, вычесть величину $p_б$ (приложение 4).

6.6. При отсутствии данных о величине трения грунта по боковой поверхности штанг, определяемых по показаниям динамометрического ключа либо по данным двух параллельных сопоставительных испытаний, одно из которых выполняют в разбуриваемой по интервалам скважине, для расчетов $p_д$ допускается пользоваться значениями коэффициентов Φ, приведенных в табл. 2.

6.7. Коэффициент К вводят только при M_r = 10 кг. При M_r = 15 кг принимают K = 1. Значения K приведены в табл. 3.

6.8. Значения коэффициента Q_{10} для опытной партии установок ЭДЗ приведены в табл. 4. Основные исходные параметры этих установок следующие: M_r = 10 кг, Н = 0,5 м;

h = 10 см, S = 10 см^2, e = 0,56, $M_п$ = 1,66 кг; $M_п$ = = 3,67 кг; $M_{пм}$ = 0,12 кг; $M_ш$ = 1,78 кг; $M_м$ = 0,23 кг и $M_к$ = = 0,40 кг. При изменении исходных параметров установок коэффициенты Q следует пересчитывать по формулам (2) и (3).

Таблица 2

Глубина, м	Ф		Глубина, м	Ф	
	для песков	для глин и суглинков		для песков	для глин и суглинков
0-1	0,98	0,97	10-11	0,74	0,65
1-2	0,94	0,88	11-12	0,72	0,63
2-3	0,91	0,82	12-13	0,70	0,61
3-4	0,88	0,79	13-14	0,68	0,59
4-5	0,86	0,77	14-15	0,66	0,565
5-6	0,84	0,75	15-16	0,64	0,545
6-7	0,83	0,73	16-17	0,62	0,52
7-8	0,80	0,71	17-18	0,60	0,50
8-9	0,78	0,69	18-19	0,58	0,48
9-10	0,76	0,67	19-20	0,56	0,46

Таблица 3

Глубина, м	K	Глубина, м	K	Глубина, м	K
0-1	1,039	5-6	0,930	10-11	0,820
1-2	1,018	6-7	0,910	11-12	0,800
2-3	0,996	7-8	0,890	12-13	0,780
3-4	0,974	8-9	0,866	13-14	0,760
4-5	0,950	9-10	0,845	14-15	0,740

6.9. Значения коэффициента Q_{15} при $M_г$ = 15 кг, H = = 0,73 м и $M_н$ = 2,73 кг (остальные параметры те же, что и в п.6.8) приведены в табл.5.

6.10. При обследовании основной площадки грузонапряженных железных дорог для повышения безопасности обслуживающего персонала зондирование необходимо выполнять зондами, составленными из коротких штанг длиною 0,3 м.

Значения коэффициента Q_{10} при $M_ш$ = 0,68 кг приведены в табл.6.

Таблица 4

Номера штанг	Глубина погружения, м	K	Q_{10}	$Q_{10} \cdot \Phi$	
				для песков	для глин и суглинков
1	0–1	1,039	3,65	3,58	3,54
2	1–2	1,018	3,37	3,17	2,97
3	2–3	0,996	3,14	2,86	2,57
4	3–4	0,974	2,94	2,59	2,32
5	4–5	0,950	2,76	2,37	2,13
6	5–6	0,930	2,61	2,18	1,96
7	6–7	0,910	2,48	2,06	1,81
8	7–8	0,890	2,36	1,89	1,68
9	8–9	0,866	2,24	1,75	1,55
10	9–10	0,845	2,14	1,62	1,43
11	10–11	0,820	2,03	1,50	1,32
12	11–12	0,800	1,94	1,40	1,22
13	12–13	0,780	1,86	1,30	1,13
14	13–14	0,760	1,79	1,22	1,06
15	14–15	0,740	1,71	1,13	0,97
16	15–16	0,720	1,65	1,06	0,90
17	16–17	0,700	1,58	0,98	0,82
18	17–18	0,680	1,52	0,91	0,76
19	18–19	0,670	1,50	0,87	0,72
20	19–20	0,650	1,44	0,81	0,66

Таблица 5

Номера штанг	Глубина погружения, м	Q_{15}	$Q_{15} \cdot \Phi$	
			для песков	для глин и суглинков
1	0–1	8,19	8,03	7,94
2	1–2	7,82	7,35	6,88
3	2–3	7,50	6,83	6,15
4	3–4	7,22	6,35	5,70

Продолжение табл. 5

Номера штанг	Глубина погружения, м	Q_{15}	$Q_{15} \cdot \Phi$	
			для песков	для глин и суглинков
5	4-5	6,98	6,00	5,37
6	5-6	6,77	5,69	5,08
7	6-7	6,58	5,46	4,69
8	7-8	6,42	5,14	4,45
9	8-9	6,27	4,89	4,23
10	9-10	6,13	4,66	4,03
11	10-11	6,01	4,45	3,83
12	11-12	5,89	4,24	3,71
13	12-13	5,79	4,05	3,53
14	13-14	5,69	3,87	3,36
15	14-15	5,61	3,70	3,17
16	15-16	5,52	3,53	3,00
17	16-17	5,45	3,38	2,83
18	17-18	5,38	3,23	2,69
19	18-19	5,31	3,08	2,55
20	19-20	5,25	2,94	2,42

6.11. При обработке результатов ЭДЗ коэффициенты Q вводят в соответствующую графу полевого журнала при глубине зондирования 0-0,9; 0,9-1,9; 1,9-2,9 м и т.д., что обусловлено технологией проведения работ. Обычно запись ведется с глубины 10 или 20 см. Иногда (при зондировании со дна шурфов, водоемов) запись ведется с глубины 0,5; 1 и 2 м. Значения Q должны приниматься с учетом этих глубин.

Согласно выбранным значениям Q по формуле (1) рассчитывают условное динамическое сопротивление $\rho_д$.

6.12. Результаты ЭДЗ представляют в виде графиков J и $\rho_д$. Графики J строят в виде плавно изменяющейся кривой, график $\rho_д$ - в виде непрерывной ступенчатой кривой. Для ускорения построения графиков $\rho_д$ рекомендуется вначале на миллиметровой бумаге через каждые 10 см в масштабе глубин нанести вертикальные прямолинейные

Таблица 6

Номера штанг	Глубина погружения, см	K	Q_{10}	φ		$Q_{10} \cdot \varphi$	
				для песков	для глин и суглинков	для песков	для глин и суглинков
1	0–30	1,032	3,783	1,0	1,0	3,79	3,79
2	30–60	1,025	3,681	1,0	1,0	3,68	3,68
3	60–90	1,018	3,577	0,988	0,973	3,54	3,48
4	90–120	1,011	3,480	0,975	0,948	3,39	3,30
5	120–150	1,004	3,389	0,963	0,920	3,26	3,12
6	150–180	0,997	3,306	0,950	0,890	3,14	2,95
7	180–210	0,989	3,214	0,940	0,873	3,00	2,80
8	210–240	0,982	3,142	0,930	0,850	2,92	2,67
9	240–270	0,975	3,071	0,920	0,830	2,82	2,55
10	270–300	0,966	2,995	0,910	0,815	2,72	2,44
11	300–330	0,958	2,931	0,900	0,805	2,64	2,36
12	330–360	0,950	2,869	0,895	0,795	2,57	2,28
13	360–390	0,943	2,806	0,885	0,790	2,48	2,22
14	390–420	0,937	2,755	0,875	0,780	2,41	2,15
15	420–450	0,930	2,706	0,870	0,775	2,36	2,10
16	450–480	0,923	2,649	0,865	0,765	2,29	2,03
17	480–510	0,917	2,613	0,855	0,760	2,23	1,98
18	510–540	0,910	2,566	0,850	0,755	2,18	1,94
19	540–570	0,903	2,519	0,845	0,750	2,13	1,89
20	570–600	0,897	2,476	0,840	0,745	2,08	1,85
21	600–630	0,890	2 430	0,835	0,740	2,03	1,80

Продолжение табл. 6

Номера штанг	Глубина погружения, см	K	Q_{10}	φ		$Q_{10} \cdot \varphi$	
				для песков	для глин и суглинков	для песков	для глин и суглинков
22	630-660	0,882	2,387	0,830	0,730	1,98	1,74
23	660-690	0,874	2,342	0,825	0,725	1,93	1,70
24	690-720	0,866	2,304	0,815	0,720	1,87	1,66
25	720-750	0,859	2,268	0,810	0,715	1,84	1,62
26	750-780	0,852	2,224	0,800	0,710	1,78	1,58
27	780-810	0,845	2,189	0,798	0,705	1,75	1,54
28	810-840	0,837	2,151	0,790	0,700	1,70	1,50
29	840-870	0,828	2,111	0,785	0,695	1,66	1,47
30	870-900	0,820	2,075	0,780	0,690	1,61	1,43

отрезки значений $\rho_д$, а затем соединить их горизонтальными линиями.

Графики электродинамического зондирования следует строить в масштабах: 1:100 – глубина зондирования по вертикали; в 1 см 2 МПа (20 кгс/см^2) – условное динамическое сопротивление по горизонтали и в 1 см 0,1 мА – сила тока. При слабодифференцированных разрезах графики тока следует строить в масштабе в 1 см 0,05 мА.

6.13. Анализируя сведения общей геологической изученности района работ, данные имеющихся опорных выработок и лабораторного анализа образцов грунта и сопоставляя их с результатами ЭДЗ, исследуемые массивы грунтов по графикам J и $\rho_д$ визуально расчленяют на отдельные инженерно-геологические элементы (слои), сложенные грунтами с близкими физико-механическими свойствами.

6.14. По выделенным инженерно-геологическим элементам подсчитывают средние арифметические значения $J_{ср}$ и $\rho_{д\,ср}$. Полученные данные служат для уточнения вида грунтов и оценки их физико-механических характеристик. По параметру $\rho_д$ по каждому элементу подсчитывают среднее квадратическое отклонение [9]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^n (\rho_{д\,ср} - \rho_{д\,i})^2}{n-1}} \qquad (7)$$

и коэффициент вариаций

$$\nu = \frac{\sigma}{\rho_{д\,ср}} \,. \qquad (8)$$

6.15. Верхний предел коэффициента вариации, учитывая большую чувствительность установки ЭДЗ по сравнению с установкой УБП-15 м, принимают равным 0,4. Если значение ν в выделенном слое превышает 0,4, то этот слой делят на менее мощные слои с близкими характеристиками грунтов, чтобы соблюдалось условие $\nu \leq 0,4$.

6.16. Для сопоставления результатов зондирований, выполненных в одной точке через какой-то промежуток времени, с целью осуществления контроля за изменением плотности, влажности или других характеристик грунтов

графики $\rho_д$ рекомендуется строить способом нарастающих итогов, т.е. таким образом, чтобы значения $\rho_д$ в каждой точке наблюдений с нарастанием глубины зондирования увеличивались на сумму всех предыдущих значений [10, 11]. Этот способ построения графиков удобен при сравнении результатов ЭДЗ вдоль профиля либо по площади в нескольких точках зондирования. Однако он не приемлем для оценки характеристик свойств грунтов, так как при встрече наконечником твердых включений, гальки, валунов суммарное значение $\rho_д$ намного возрастает и создается впечатление о наличии плотных прослоев грунта.

7. РАСЧЛЕНЕНИЕ ГРУНТОВ ПО ЛИТОЛОГИЧЕСКОМУ СОСТАВУ

7.1. Грунты различного литологического состава расчленяют в зависимости от показания величины тока. Уверенное выделение границ разделов возможно при различии грунтов по удельному электрическому сопротивлению не менее чем в 1,2 раза. Глубину залегания границ раздела грунтов различного литологического состава устанавливают по положению точки, соответствующей началу резкого изменения графика тока. При выполнении зондирования с изношенными наконечниками, особенно при переходе от глинистых грунтов к песчаным, глубины залегания границ получают завышенными на 10–15 см. Это обусловлено тем, что выработанные в изоляционном слое канавки не сразу очищаются от вышележащего грунта. В этих случаях положение границ раздела необходимо корректировать с учетом изменения графика $\rho_д$.

7.2. Вид грунтов устанавливают по силе тока. На основе статистической обработки большого объема полевых исследований в приложении 5 приведена диаграмма распределения значений J и $\rho_д$ в зависимости от разновидности грунтов, их состава и состояния. Общее представление об исследуемых разрезах можно составить по установленным пределам изменения J и $\rho_д$, более точно – сопоставлением результатов ЭДЗ с данными опорного бурения по каждому участку работ. По результатам сопоставления

получают более узкие пределы изменения J и ρ_k для каждого вида грунта.

7.3. Самые малые значения тока получают в сухих и слабовлажных дренирующих грунтах. По многочисленным опорным данным сила тока в щебеночном балласте в зависимости от степени его загрязнения изменяется от 0,01 до 0,1 мА, в сухих и слабовлажных чистых песках - от 0,02 до 0,15, в пылеватых и глинистых песках иногда возрастает до 0,2 мА. В песках, насыщенных водой, в зависимости от минерализации последней сила тока изменяется от 0,03 мА при минерализации воды $C < 0,3$ г/л до 0,4 мА при $C = 2$ г/л сухого остатка.

Сила тока в глинах и суглинках зависит от минерализации воды в меньшей мере. Электропроводность их связана, в основном, с площадью двойного электрического слоя, образованного на контакте минерального скелета и поровой жидкости в процессе адсорбции ионов (анионов). По данным ЭДЗ сила тока в суглинках изменяется от 0,15 до 0,6 мА, в глинах - от 0,25 до 1,2 мА.

7.4. Торфяные залежи в большинстве случаев по электропроводности близки к суглинкам, но отличаются значительно меньшим сопротивлением динамическому зондированию (рис.2). Залежи низинного типа, питающиеся минерализованными подземными водами, характеризуются силою тока от 0,15 до 0,5 мА. Залежи верхового типа, формирующиеся под влиянием атмосферных осадков, характеризуются силою тока от 0,02 до 0,1 мА, При одной и той же минерализации насыщающих вод наблюдается увеличение электропроводности от группы моховых торфов (пушицевого, сфагнового, магеланикум и др.) к травяным (тростниково-осоковым) и древесным (ольховым, березовым, еловым и др.).

На участках с выдержанной минерализацией грунтовых вод наблюдается количественная корреляционная связь между электропроводностью торфа и степенью его разложения. С увеличением электропроводности степень разложения торфа возрастает.

7.5. Гранулометрический состав песков по величине силы тока определяют неоднозначно. Большое влияние на силу

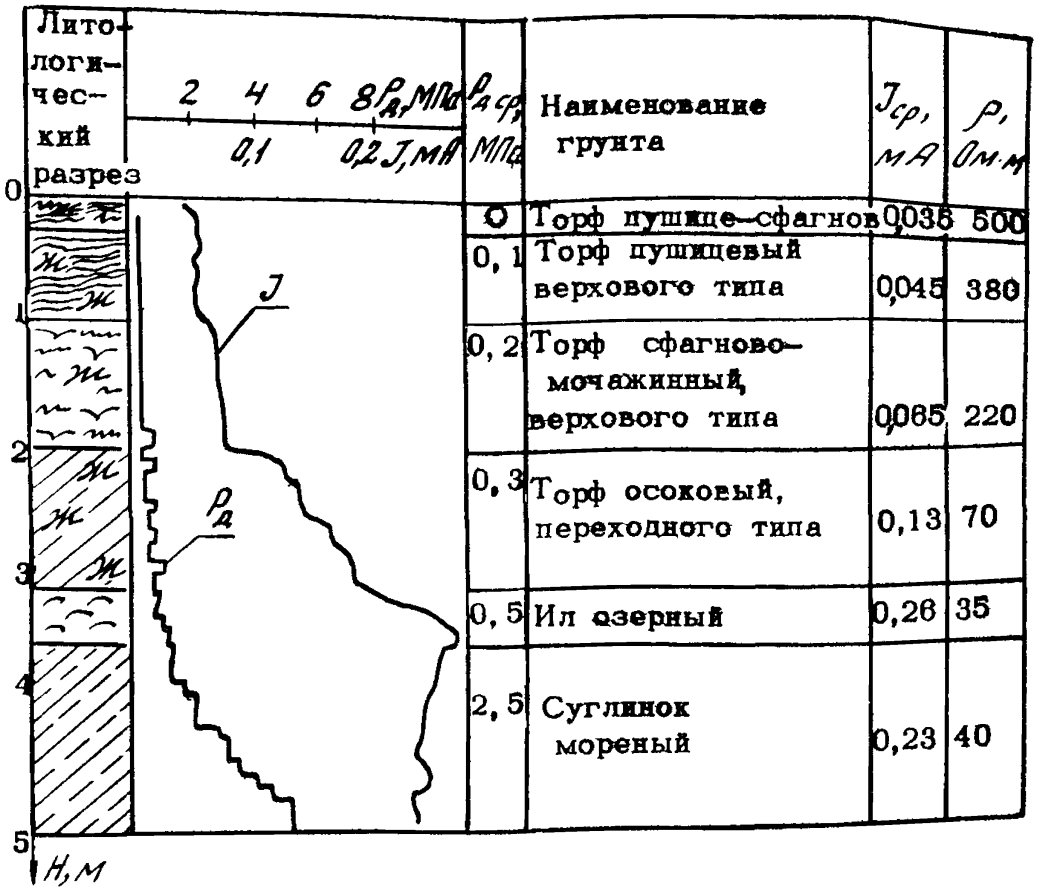


Рис. 2. Результаты зондирования торфяной залежи смешанного типа

тока оказывает минерализация грунтовых вод. Обычно разновидность песков по гранулометрическому составу устанавливают по данным опорных скважин. По данным ЭДЗ определяют их электропроводность и, анализируя графики тока, прослеживают распространение их по площади в пределах исследуемых участков. Общие представления о разновидностях грунтов по их гранулометрическому составу можно получить по следующим данным. Слабовлажные (сухие) гравелистые, крупные, средние и мелкие пески характеризуются изменением тока от 0,01 до 0,1 мА, пылеватые и глинистые – от 0,05 до 0,15 мА. В легких суглинках ток изменяется от 0,2 до 0,45 мА при среднем статистическом значении $J_{ср}$ = 0,3 мА; в тяжелых суглинках – от 0,25 до 0,65 мА при $J_{ср}$ = 0,45 мА; в глинах – от 0,30 до 1,2 мА при $J_{ср}$ = 0,6 мА.

7.6. Вид грунта по ρ_R определяется неоднозначно. При выполнении динамического зондирования без токового каротажа разновидности грунтов определяют по данным опорного бурения. По данным динамического зондирования мягкопластичные суглинки характеризуются теми же показателями ρ_R, что и рыхлые пески, тугопластичные и полутвердые – теми же показателями ρ_R, что и пески средней плотности. Значение ρ_R в каждой разновидности грунтов изменяется в более широких пределах, чем значения силы тока (см.приложение 5). Узкие пределы изменения ρ_R наблюдаются только в торфе от 0 до 2 МПа, илах и сопропелях от 0 до 0,8 МПа.

7.7. Выделенные на основе анализа графиков J и ρ_R слои грунтов различного литологического состава представляют в виде геологической колонки, составленной в масштабе глубин 1:100. При составлении колонки учитывают данные опорного бурения и лабораторного анализа имеющихся образцов грунта. При выполнении зондирования на каждом литолого-генетическом комплексе грунтов должно быть пробурено не менее одной опорной скважины. В общем случае объем опорного бурения должен составлять 30% от объема ЭДЗ.

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТОВ И МИНЕРАЛИЗАЦИИ ГРУНТОВЫХ ВОД

8.1. Удельное электрическое сопротивление грунтов $\rho_г$ определяют по средним значениям тока, подсчитанным для отдельных однородных по электрическим свойствам слоев. Основой для определения величины $\rho_г$ служит график зависимости $J=f(\rho)$ (см.приложение 3). Удельное электрическое сопротивления грунтов на 10–15% выше сопротивления, полученного по тарировочному графику для *NaCl*. Его определяют из выражения

$$\rho_г = 1{,}15 \cdot \rho, \qquad (9)$$

либо по пунктирному графику приложения 3.

8.2. Для оценки электрического сопротивления исследуемого массива грунтов в целом либо отдельных элементов его, сложенных из слоев грунта различной электропроводности, вычисляют среднеквадратическое сопротивление ρ_m по известной формуле

$$\rho_m = \sqrt{\rho_l \cdot \rho_n}, \qquad (10)$$

где $\rho l = \dfrac{\sum_1^n h_i}{\sum_1^n \frac{h_i}{\rho_i}}$ – среднее продольное сопротивление;

$\rho_n = \dfrac{\sum_1^n h_i \cdot \rho_i}{\sum_1^n h_i}$ – среднее поперечное сопротивление;

h_i и ρ_i – соответственно мощность, м, и удельное сопротивление, Ом·м, отдельных слоев или инженерно-геологических элементов внутри общего массива исследуемых грунтов.

Полученные значения $\rho_г$ следует использовать для оценки минерализации подземных вод, определения коррозийной активности исследуемых грунтов, расчета заземляющих устройств СЦБ, подстанций и линий электропередач.

8.3. Коррозионную активность грунтов в соответствии с удельным электрическим сопротивлением, определяемым по данным ЭДЗ, оценивают следующим образом:

$\rho_г$, Ом·м	Коррозионная активность
100	Низкая
30–100	Средняя
10–30	Повышенная
5–10	Высокая
5	Весьма высока.

8.4. Минерализацию вод в источниках, водоемах и выработках необходимо определять в следующем порядке. Предварительно очищенный от глинистых частиц, высушенный двухконтактный наконечник погружают в воду на глубину не менее 5 см и измеряют прибором ИТ-81 силу тока J, мА. Замеры производят не менее трех раз. Перед каждым замером тонкой наждачной бумагой снимают слой окислов на изолированных латунных контактах. По средней величине тока определяют значение ρ. Учитывая температуру воды t°, полученные значения ρ приводят к температуре воды 18°С по формуле

$$\rho_в^{18} = \rho_в^t [1 + \alpha_t (t^\circ - 18^\circ)], \qquad (11)$$

где $\rho_в^t$ – удельное сопротивление воды при температуре t°С;

$\rho_в^{18}$ – удельное сопротивление воды при температуре 18°С;

α_t – температурный коэффициент электропроводности, который в общем случае принимают равным 0,023, а для соли $NaHCO_3$ $\alpha_t = 0{,}018$.

По найденным значениям $\rho_в^{18}$ на графике $J = f(\rho)$ с учетом типа воды определяют ее минерализацию.

8.5. Для облегчения пересчета значения $\rho_в^t$ в значение $\rho_в^{18}$ составлены номограммы зависимости $\rho_в = f(t)$ (приложение 6). Промежуточные показания $\rho_в^t$ определяют путем интерполяции значений, определяемых по имеющимся графикам.

8.6. Для количественной оценки минерализации подземных вод необходимо иметь сведения о величине относительного сопротивления F водонасыщенных грунтов

$$F = \frac{\rho_г}{\rho_в}, \qquad (12)$$

где $\rho_г$ – удельное сопротивление водонасыщенных грунтов;

$\rho_в$ – удельное сопротивление грунтовых вод.

Величина F для средних и мелких водонасыщенных песков при минерализации воды С $< 1,5$ г/л изменяется от 1,5 до 7,5. Среднее статистическое значение F составляет 4 [12.]

Для этих песков, насыщенных минерализованной водой при С $> 1,5$ г/л, значения F изменяются от 4 до 10, а его среднее значение будет близким к 5.

Наиболее низкие значения F связаны с тонкозернистыми и глинистыми песками. Для этих песков, насыщенных пресной водой, среднее значение F принимают равным 3.

Приближенное значение относительного сопротивления приведено в табл. 7.

8.7. Более точные значения F можно получить при наличии данных о химическом анализе подземных вод. Определив по графику $J=f(\rho)$ удельное электрическое сопротивление подземных вод $\rho_в^t$, а по данным ЭДЗ – сопротивление этих грунтов, по формуле (12) рассчитывают значение F. Используя значения F, по формуле Арчи [12] определяют пористость однородных песков

$$n_п = \sqrt[1/3]{\frac{1}{F}} \qquad (13)$$

либо коэффициент пористости

$$e_п = \frac{1}{F^{0,77}} - 1 \qquad (14)$$

Для песков, имеющих в своем составе глинистые и пылеватые частицы, связь между F и $n_п$ более сложная и пользоваться формулой (13) не рекомендуется.

Пористость и коэффициент пористости можно определить по значениям f (приложение 7) [13].

Таблица 7

Песок	Минерализация С, г/л	Хлоридные воды			Сульфатные воды			Гидрокарбонат воды		
		ρ, Ом·м	J, мА	F	ρ, Ом·м	J, мА	F	ρ, Ом·м	J, мА	F
Крупный	$>1,5$	<25	$>0,30$	5	<30	$>0,25$	5	<40	$>0,20$	5
Средний и мелкий	$<1,5$	>25	$<0,30$	4	>30	$<0,25$	4	>40	$<0,20$	4
Пылеватый и глинистый	$<1,5$	>15	$<0,35$	3	>20	$<0,30$	3	>30	$<0,25$	3

Используя установленную зависимость (13) по величине пористости, определяемой на образцах грунтов в лабораторных условиях, можно установить значение F.

8.8. Таким образом, определив значение F для различных видов водонасыщенных песков, их удельное электрическое сопротивление ρ_r, по формуле (12) находят удельное электрическое сопротивление воды $\rho_в^t$. Значения $\rho_в^t$ по номограмме $\rho = f(t)$ приводят к температуре воды 18°С. Учитывая тип подземных вод, по величине $\rho_в^{18}$ определяют их минерализацию. Температуру подземных вод на участке работ устанавливают по измерениям в опорных скважинах. В средней полосе Европейской части СССР температура грунтов на глубине от 5 до 10 м изменяется от 4 до 6°С.

9. ПРИБЛИЖЕННАЯ ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

9.1. Приближенное значение характеристик свойств грунтов определяют по средним значениям $\rho_д$ согласно таблицам 10–14 СН 448–72 [8]. Основой для оценки характеристик свойств грунтов по СН 448–72 послужили результаты сопоставительных испытаний на установках ЭДЗ и УБП–15М и материалы натурных экспериментальных исследований. Для удобства пользования табличные данные СН 448–72 представлены в виде диаграмм и графиков, приведенных в приложениях 8–10.

9.2. Плотность песков естественного залегания и искусственно сложенных (насыпных и намывных) следует определять по диаграмме, приведенной в приложении 8.

Для песков плотных и средней плотности при известном их гранулометрическом составе по табл. 1 приложения 2 СНиП II–15–74 [14] находят условное расчетное давление R_0 с целью предварительного определения размеров фундаментов под промышленные и гражданские сооружения, а также условное сопротивление песчаных грунтов R' по табл. 76 СН 200–72 [15] для предварительного расчета сопротивления оснований под массивные фундаменты мостовых опор. Зависимость R_0 и R' от плотности сложения песков и их состава приведена в табл. 8.

Таблица 8

Песок	R_0, МПа (кгс/см^2)		R', МПа (кгс/см^2)	
	средней плотности	плотные	средней плотности	плотные
Гравелистый и крупный независимо от влажности	0,5(5)	0,6(6)	0,35 (3,5)	0,45 (4,5)
Средней крупности:				
маловлажный	–	–	0,3(3)	0.4(4)
очень влажный	0,4(4)	0,5(5)	–	–
насыщенный водой	–	–	0,25 (2,5)	0,35 (3,5)
Мелкий:				
маловлажный	0,3(3)	0,4(4)	0,2(2)	0,3(3)
очень влажный и насыщенный водой	0,2(2)	0,3(3)	0,15 (1,5)	0,25 (2,5)
Пылеватый:				
маловлажный	0,25 (2,5)	0,3(3)	0,2(2)	0,25 (2,5)
очень влажный	0,15 (1,5)	0,2(2)	0,15 (1,5)	0,2 (2)
насыщенный водой	0,10 (1)	0,15 (1,5)	0,10 (1)	0,15 (1.5)

9.3. Угол внутреннего трения φ^o и модуль деформации $E_п$ в песках различной зернистости следует определять по графикам, приведенным в приложении 9. При этом модули деформации $E_п$ в песках определяют по данным зондирования только до глубины 6 м.

9.4. Нормативное давление $R_н$ и модуль деформации $E_г$ в глинах и суглинках определяют по графикам, приведенным в приложении 10. При значениях $R_д$ меньших 1,5 МПа

физико-механические свойства глинистых грунтов следует определять только по результатам сопоставительных экспериментальных исследований, выполненных по каждому участку работ.

9.5. При оценке физико-механических свойств грунтов данные ЭДЗ по $\rho_д$ до глубины 0,7 м в расчет не принимают.

9.6. В генетически однородных глинистых грунтах наблюдается корреляционная зависимость между значениями $\rho_д$ и показателя констистенции J_L [16]. Однако на эту зависимость влияют структурные связи грунтов. Приближенное состояние пластических свойств грунтов определяют по следующим показателям $\rho_д$: при увеличении $\rho_д$ от 0 до 0,7 МПа суглинки и глины находятся в текучем и текучепластичном состоянии, от 0,6 до 1,7 МПа – в мягкопластичном, от 1,5 до 4 МПа – в тугопластичном, более 4 МПа – в полутвердом и твердом состояниях. Более точные зависимости между значениями $\rho_д$ и показателя консистенции J_L устанавливают экспериментально по каждому участку работ.

9.7. Сила тока в меньшей мере зависит от показателя консистенции J_L. В однородных грунтах до предела их максимальной плотности и оптимальной влажности при переходе к разным показателям консистенции сила тока изменяется на +10%. Чем выше показатель консистенции, тем больше сила тока. За пределами максимальной плотности и оптимальной влажности для данного вида грунта сила тока при разных показателях консистенции остается практически неизменной.

9.8. Метод ЭДЗ по сравнению со стандартным динамическим зондированием более чувствителен к неоднородностям грунтов. При помощи установки ЭДЗ получают более дифференцированные графики $\rho_д$, чем при помощи установки УБП. Это позволяет расчленять грунты с близкими характеристиками, а также выделять маломощные слои (до 10–15 см) ослабленных грунтов, что важно при обследовании оползневых косогоров.

9.9. Образец формы представления результатов обработки и интерпретации данных ЭДЗ приведен в приложении 11.

При необходимости определения среднеквадратичного удельного сопротивления всей исследуемой толщи грунтов вводится дополнительная колонка значений ρ_m, которые определяют по формуле (10).

9.10. Порядок составления сметной стоимости проектных и изыскательских работ методом ЭДЗ, расчет норм времени и расценок на сдельные работы приведены в приложении 12. Ускоренный способ расчета сметной стоимости без учета затрат на внешний и внутренний транспорт следует производить по формулам, приведенным в приложении 13. В стоимость работ, выполняемых в местах с районными коэффициентами, вводят соответствующие поправки. Ускоренный способ целесообразно применять при составлении сводного плана работ для координации объемов и стоимости работ по отдельным объектам.

10. МАШИННАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ЭДЗ

10.1. Для обработки и интерпретации данных ЭДЗ разработан комплекс программ *ZOND* с использованием графопостроителя.

Комплекс программ *ZOND* составлен по схеме диалога машина – человек и включает в себя следующие программы: *ZONDQ*, *ZONDC* и *ZONDT*

10.2. Программа *ZONDQ* предназначена для расчета коэффициентов Q по заданным параметрам установки ЭДЗ с учетом и без учета трения штанг о грунт. Исходными являются формулы (2), (3) и (4) и значения коэффициентов Φ и K, приведенные в табл. 2 и 3. Выходные данные записываются на магнитный диск (МД) в файл программы *ZOND* и выводятся на АЦПУ в виде таблицы значений коэффициентов Q.

10.3. Программа *ZONDC* предназначена для расчетов ρ_k по формуле (1), определения координат ρ_k и J в зависимости от глубины исследования и построения графиков ρ_k и J в масштабах, соответствующих требованиям, изложенным в п.6.12.

10.4. Программа *ZONDT* предназначена для определения средних арифметических значений $J_{ср}$ и $\rho_{k\,ср}$ по выде-

ленным на графиках слоям грунтов, расчетов коэффициентов вариаций по ρ_q и определения физико-механических свойств грунтов по табл. 10-14 СН 448-72 или графикам приложений 8-10 настоящей работы.

10.5. Комплекс программ *ZOND* составлен на языке ФОРТРАН 1У и рассчитан для работы на ЭВМ типа ЕС-1022 с использованием графопостроителя ЕС-7054 (дигиграф 1612-3 *G*).

Приложение 1

Трасса _____

Участок _____

Партия _____

ПОЛЕВОЙ ЖУРНАЛ ЭДЗ

Начат _____

Окончен _____

Заполнено страниц _____

Исполнитель _____

Руководитель работ _____

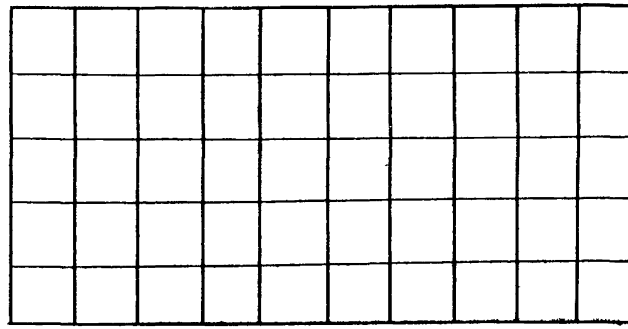
ОГЛАВЛЕНИЕ

№ п/п	№точек зондирования	Участок работ	Пикет+	Глубина зондирования (м)	Страница

Наименование объекта_____

Элемент рельефа_____

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗОНДИРОВОЧНЫХ СКВАЖИН НА ОБЪЕКТЕ



Тип установки_____ Измерительный прибор____№____

Масса груза, кг_____ Высота падения, м_____

Длина штанги, м_____ Масса штанги, кг_____

Диаметр конуса_____ Угол раскрытия_____№_____

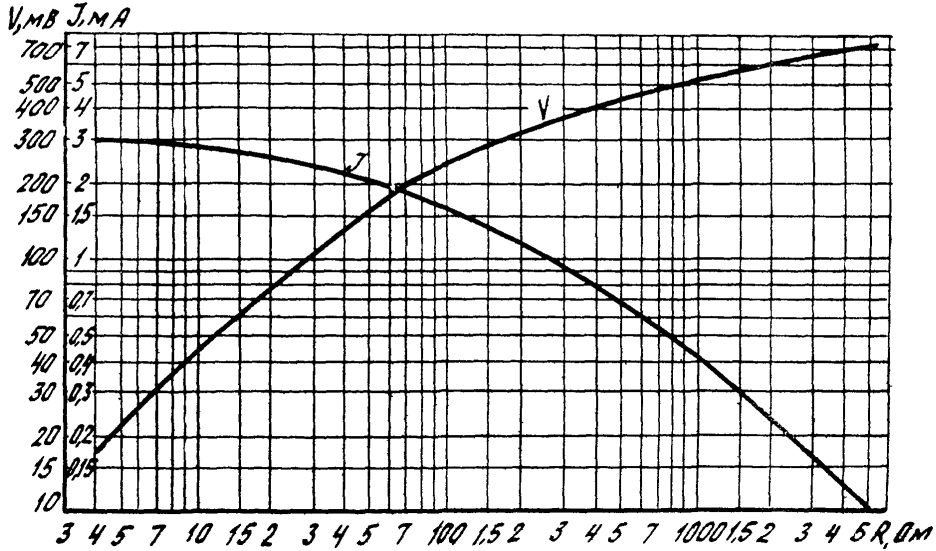
Форма заполнения страницы полевого журнала электродинамического зондирования (ЭДЗ)

ЭДЗ№_____Объект_____

км_____ПК_____Дата_____

№ штака	Н, см	J, мА	n	Q	$\rho_g = nQ$ кгс/см²	Примечание
	00					
	10					
	20					
	30					
	40					
	50					
	60					
	70					
	80					
	90					
	00					
	10					
	20					
	30					
	40					
	50					
	60					
	70					
	80					
	90					

ГРАФИКИ ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ ТОКА J И НАПРЯЖЕНИЯ V ОТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКИ R



Приложение 3

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ СИЛЫ ТОКА J В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ρ РАСТВОРА $NaCl$ И ИССЛЕДУЕМЫХ ГРУНТОВ

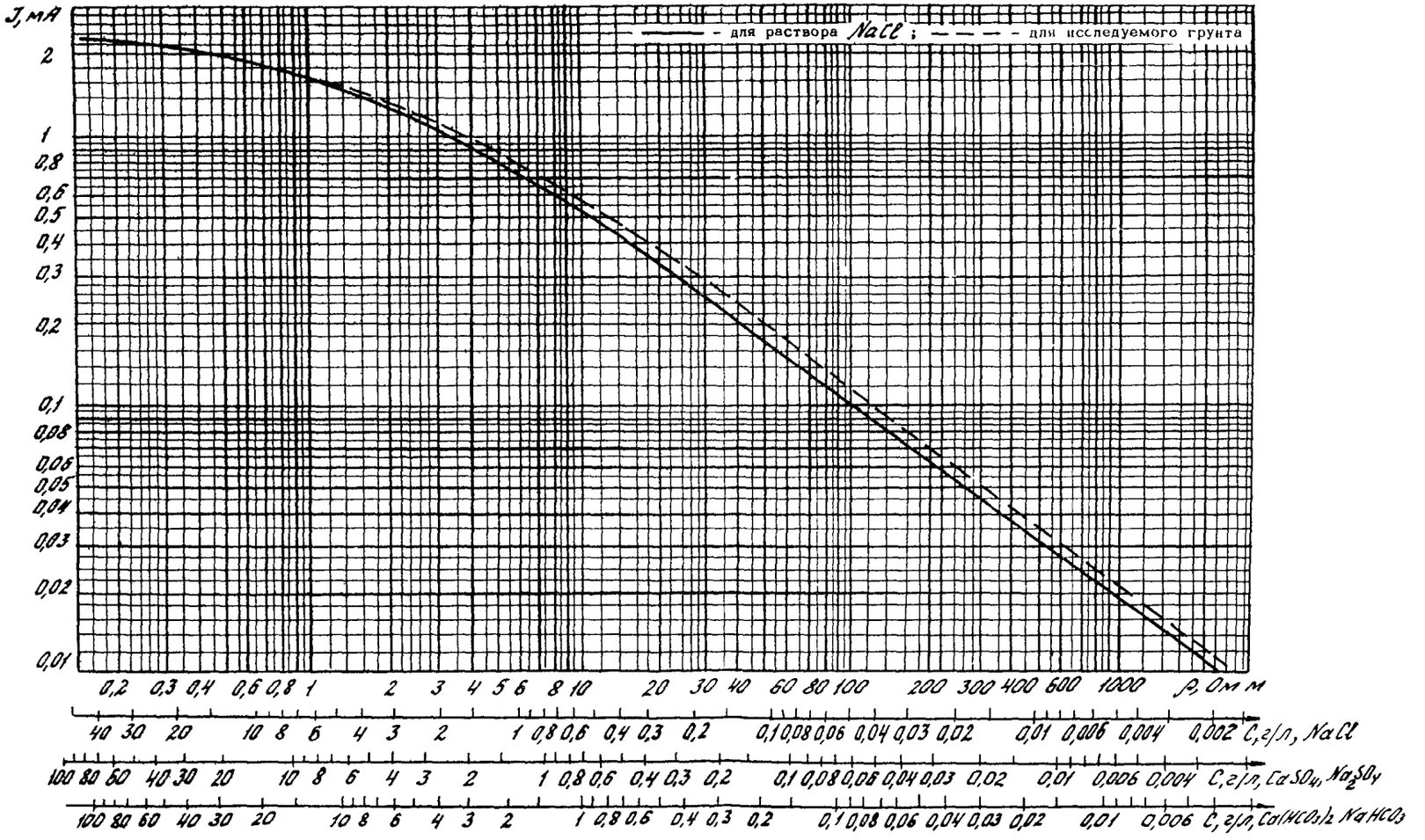
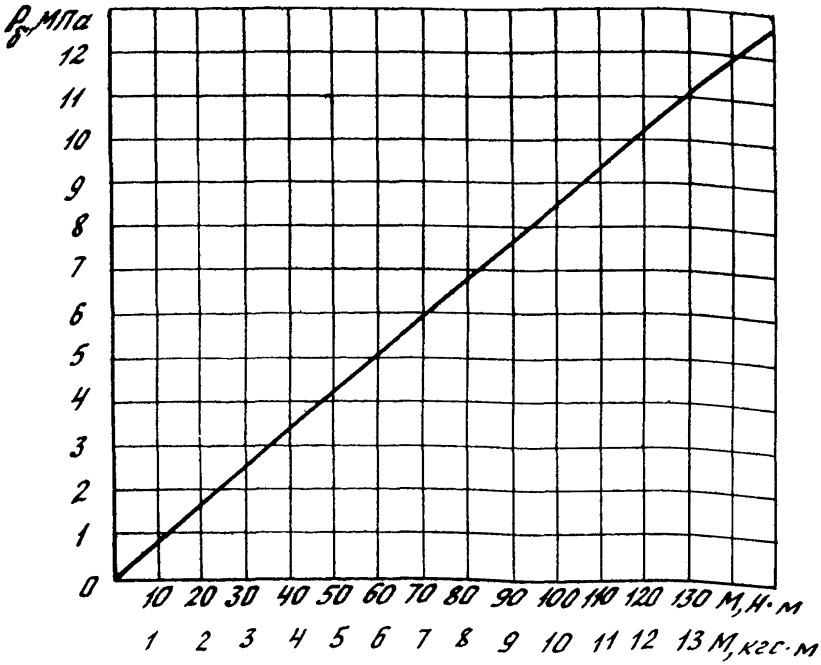


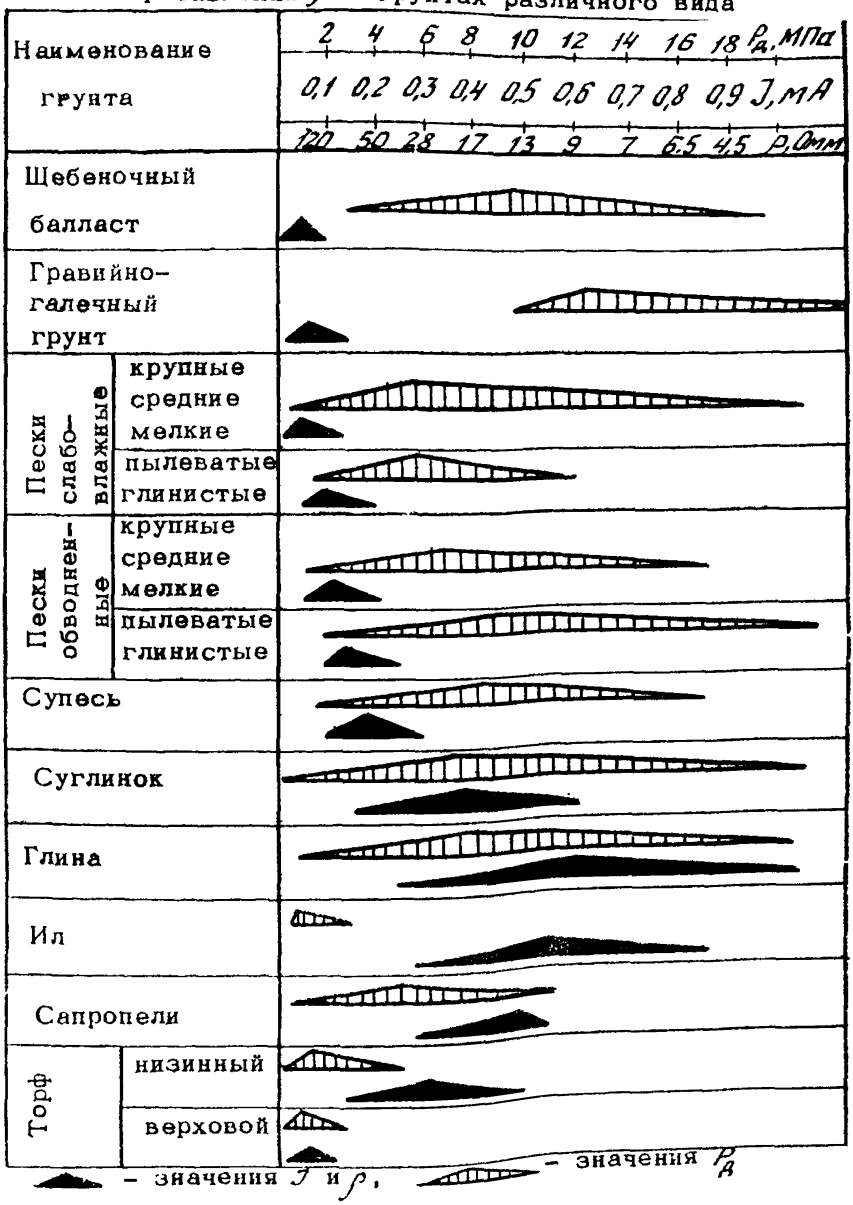
ГРАФИК ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОЙ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОГРУЖЕНИЮ ЗОНДА $R_д$ ОТ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА М



Примечание. Физико-механические характеристики глин и суглинков при $M > 90$ Н·м определять по данным ЭДЗ не рекомендуется, т.к. в этом случае их показатели получаются завышенными.

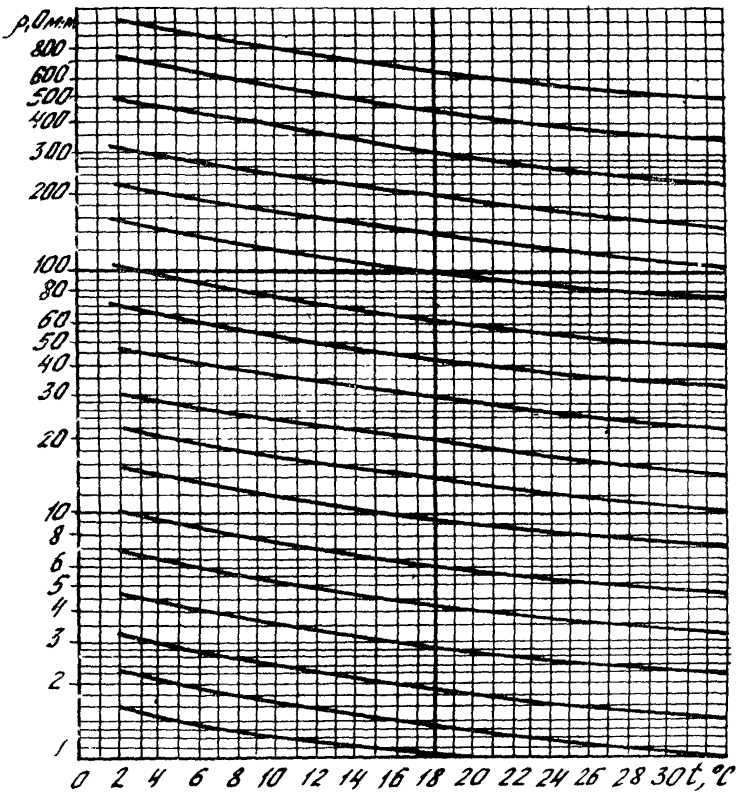
Приложение 5

Диаграмма распределения условного динамического сопротивления $p_д$, силы тока J и удельного электрического сопротивления ρ в грунтах различного вида



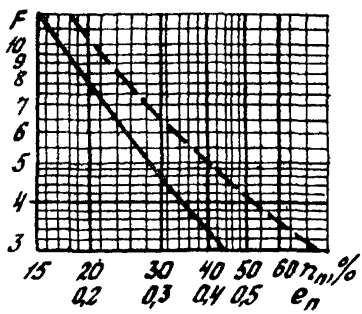
Приложение 6

НОМОГРАММА ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ ρ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ t, °С



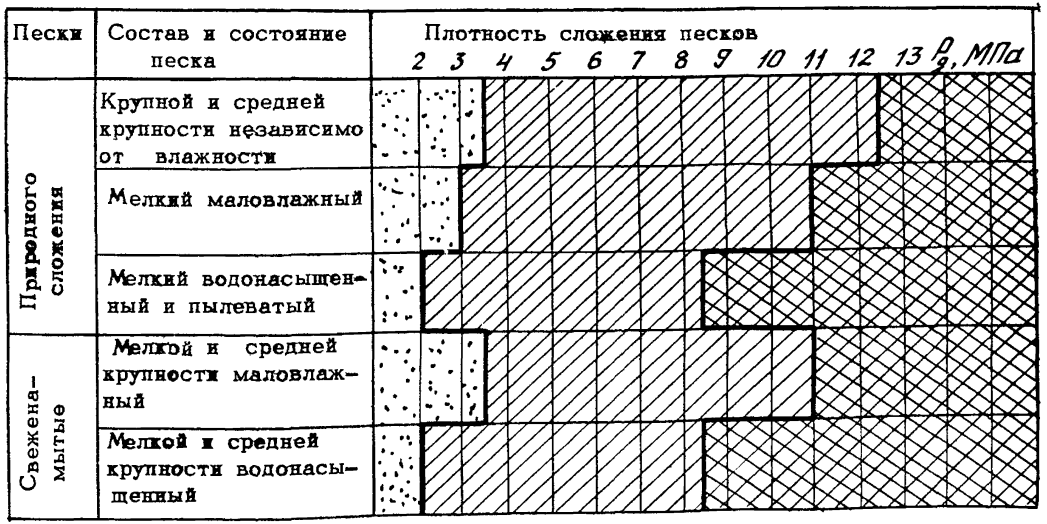
Приложение 7

ГРАФИКИ ЗАВИСИМОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ F ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРИСТОСТИ $n_п$ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОРИСТОСТИ $e_п$ В ОДНОРОДНЫХ ПЕСКАХ
(по В.Н.Дахнову)



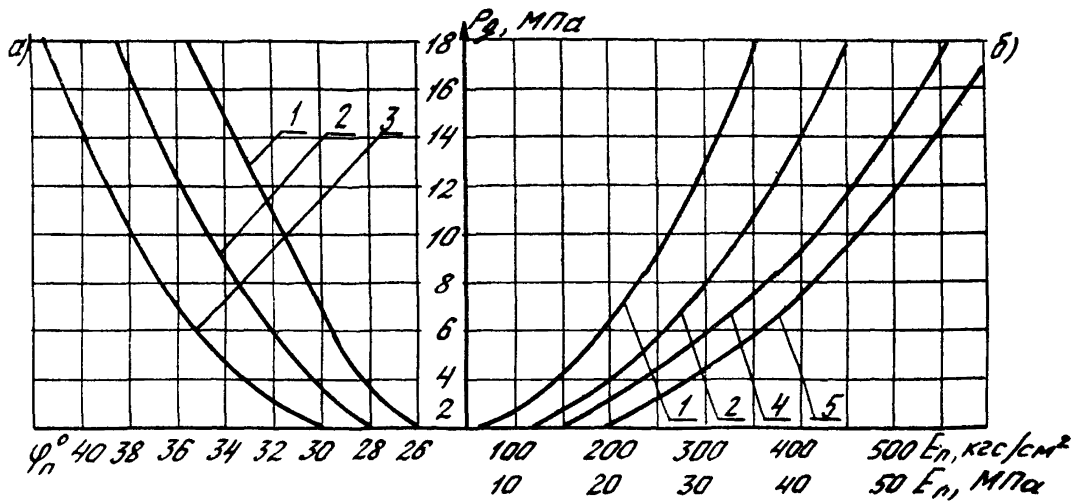
——— – пористость; — — — – коэффициент пористости

ДИАГРАММА ЗАВИСИМОСТИ УСЛОВНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ $p_д$ ОТ ПЛОТНОСТИ СЛОЖЕНИЯ ПЕСКОВ В ЕСТЕСТВЕННОМ ЗАЛЕГАНИИ



Приложение 9

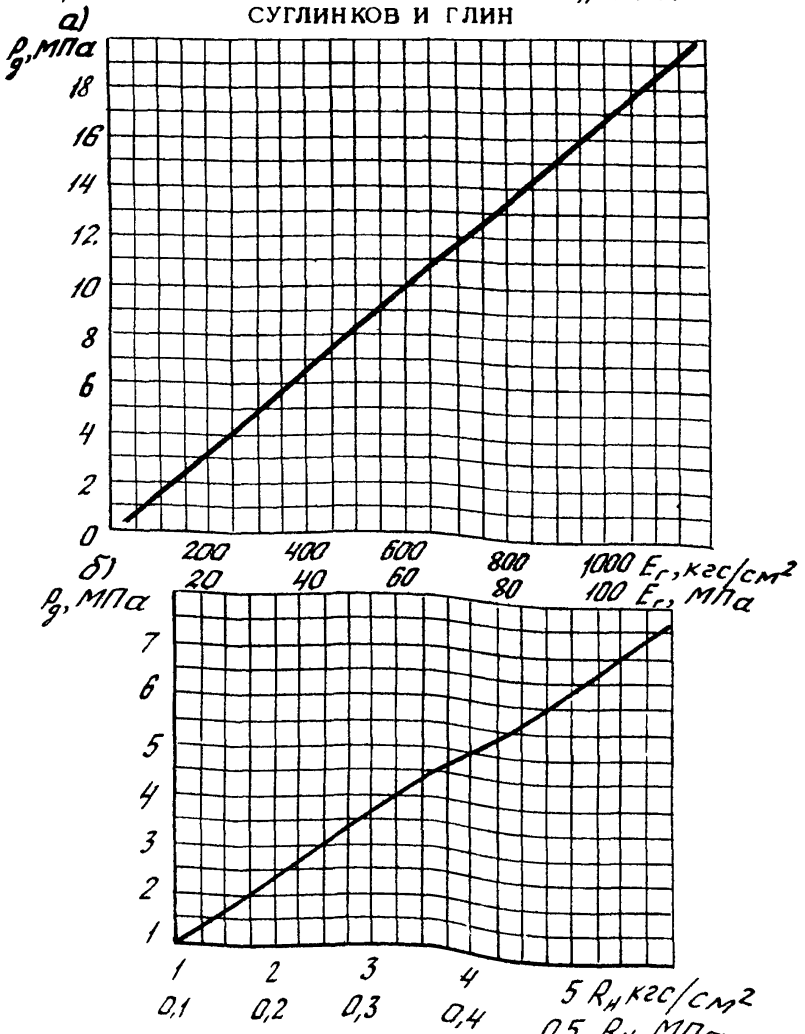
ГРАФИКИ ЗАВИСИМОСТИ УСЛОВНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТ УГЛОВ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ φ^{o} ДЛЯ ЛЮБОЙ ГЛУБИНЫ (а) И МОДУЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ $E_{п}$ ДО ГЛУБИНЫ 6 м (б) ДЛЯ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ



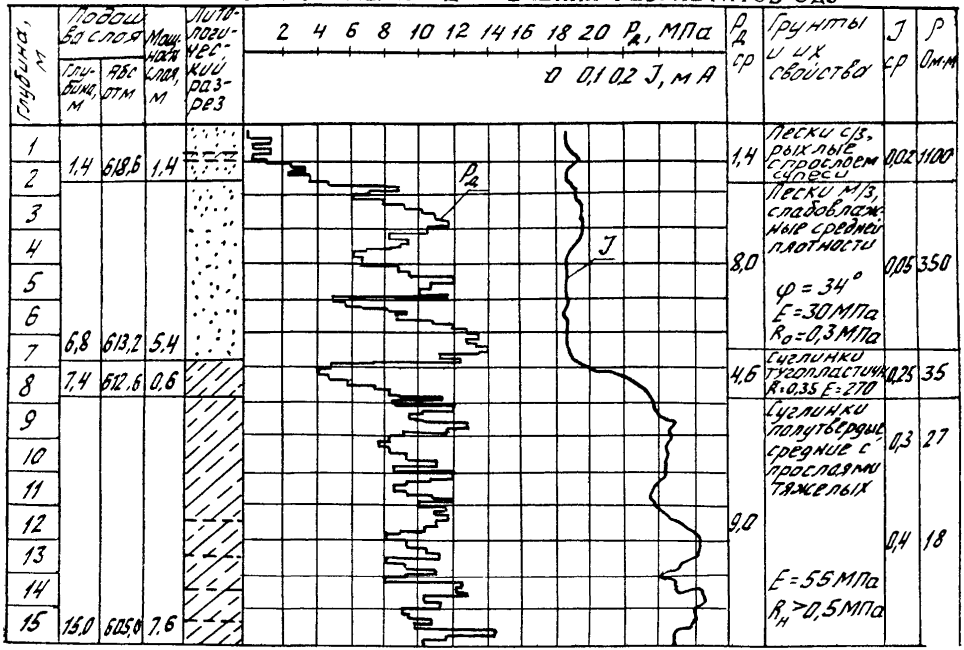
1 – пылеватые; 2 – мелкие: 3 – крупные и средней крупности; 4 – средней крупности; 5 – крупные

Приложение 10

ГРАФИКИ ЗАВИСИМОСТИ УСЛОВНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ $\rho_д$ ОТ МОДУЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ $E_г$ (а) И НОРМАТИВНОГО ДАВЛЕНИЯ $R_н$ (б) ДЛЯ СУГЛИНКОВ И ГЛИН



ОБРАЗЕЦ ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭДЗ



Приложение 12

ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ НА ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ МЕТОДОМ ЭДЗ И СОСТАВЛЕНИЯ НОРМ ВРЕМЕНИ И РАСЦЕНОК НА СДЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Определение сметной стоимости

Электроконтактное динамическое зондирование (ЭДЗ) сочетает в себе два способа исследования грунтов: динамическое зондирование и токовый каротаж. Сметную стоимость изыскательских работ методом ЭДЗ определяют по "Сборнику цен на изыскательские работы для капитального строительства" (М., Стройиздат, 1982).

Стоимость динамического зондирования определяют по табл.226 и 227* из выражения

$$C_1 = a \cdot N,$$

где a – стоимость одного испытания динамическим зондированием в зависимости от категории сложности грунтов и глубины зондирования;

N – количество испытаний (точек зондирования).

Стоимость 1 м токового каротажа при точечной регистрации тока, согласно табл.280, § 4, составляет 4,6 руб.

Следовательно, стоимость каротажных работ составит

$$C_2 = 4{,}6 \cdot L \text{ , руб. ,}$$

где L – объем каротажных работ, м.

---

* Здесь и далее номера таблиц, пунктов и параграфов взяты из "Сборника цен на изыскательские работы для капитального строительства"

Стоимость составления программы и проекта производства работ, определения их объемов, составления графика выполнения и сметы для районов 1 категории сложности определяют по табл. 308, §1. При сметной стоимости до 15 тыс.руб. она составляет

$$C_3 = 200 \text{ руб.}$$

Для районов 2 и 3 категорий сложности (табл. 308, примечание 3) к этой стоимости применяют соответственно коэффициенты 1,2 и 1,3.

Стоимость камеральной обработки данных динамического зондирования, согласно табл. 310, §6, составляет

$$C_4 = 0,2 \cdot C_1 = 0,2 \cdot a \cdot N \text{ , руб.}$$

Стоимость камеральной обработки данных токового каротажа, согласно расценкам на камеральные геофизические работы (стр.288), составляет

$$C_5 = 0,3 \cdot C_2 = 1,38 \cdot L \text{ , руб.}$$

При выполнении камеральных работ в полевых условиях с выплатой полевого довольствия к ценам на эти работы, согласно общим указаниям п.14 (стр.10), применяют коэффициент 1,15.

Стоимость составления инженерно-геологического отчета по материалам исследований для районов 1 категории сложности, согласно табл. 311, §1, составляет

$$C_6 = 0,15 \ (C_4 + C_5) = 0,15 \ (0,2 \cdot a \cdot N + 1,38 \cdot L), \text{ руб.}$$

Для 2 и 3 категорий сложности (табл. 311, примечание 4) к цене C_6 применяют соответственно коэффициенты 1,2 и 1,3.

Стоимость затрат на организацию и ликвидацию геофизических работ (табл.8, §3) составляет соответственно 6 и 5% от общей суммы затрат на полевые работы

$$C_7 = (C_1 + C_2)\,0,06 + (C_1 + C_2)\,0,05 = 0,11 \cdot a \cdot N + 0,506 \cdot L \text{ , руб.}$$

Расходы на внутренний транспорт определяют по табл.4 в процентах от сметной стоимости полевых изысканий из выражения

$$C_8 = (C_1 + C_2) K_{тр} \text{ . руб.}$$

где $K_{тр}$ – коэффициент, зависящий от общей стоимости полевых изысканий, расстояния проезда и перевозок оборудования, а также продолжительности периода полевых работ.

Расходы на внешний транспорт определяют по сумме сметной стоимости полевых изысканий и расходов на внутренний транспорт, исключая затраты на аренду специальных транспортных средств

$$C_9 = (C_1 + C_2 + C_8) K_{вн.тр},$$

Коэффициент $K_{вн.тр}$ выражен в процентах от сметной стоимости изысканий и определяется по табл.5.

Дополнительные затраты на проведение работ в неблагоприятный период года, согласно общим указаниям п.7, г (стр. 6), определяют из выражения

$$C_{10} = (C_1 + C_2 + C_7 + C_8) \cdot 0{,}2,$$

Дополнительные затраты на проведение работ на территориях (акваториях) с особым режимом, согласно общим указаниям п.7, в (стр. 5), определяют из выражения

$$C_{11} = (C_1 + C_2 + C_7 + C_8) \cdot 0{,}25,$$

При выполнении работ в районах, для которых в соответствии с действующим законодательством установлены районные коэффициенты к заработной плате, в общую стоимость полевых изыскательских работ, согласно общим указаниям п.7, д, е (стр.6), вводят соответствующие коэффициенты $K_р$.

Общая сметная стоимость изыскательских работ методом ЭДЗ при выполнении камеральных работ без получения полевого довольствия составит

$$C = (C_1 + C_2 + C_7) K_р + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_8 + C_9 + C_{10} + C_{11},$$

Общая сметная стоимость изысканий при камеральной обработке полевых материалов в полевых условиях составит

$$C=[C_1+C_2+C_7+(C_4+C_5)\cdot 1{,}15]\cdot K_p+C_3+C_6+C_8+C_9+C_{10}+C_{11}.$$

При частичном выполнении камеральных работ в экспедиции производят соответствующие расчеты, учитывая долевую часть камеральных работ, выполненную в полевых условиях.

Составление норм времени и расценок на сдельные работы

Наряд на сдельные работы для бригады, обслуживающей установку ЭДЗ, составляют по "Единым нормам и расценкам на изыскательские работы" (ЕНВ и Р-И), ч.2 (М., Стройиздат, 1979).

Предварительно по полевым журналам, учитывая количество ударов молота n, необходимое для погружения зонда на 10 см, определяют объемы работ в метрах, выполненные в грунтах разных категорий (табл.20, стр.206). По норме 938 (стр. 207) определяют единичные нормы времени и расценки для каждой категории исследованных грунтов. Умножая расценки на объем выполненных работ, определяют сумму выплаты.

В зависимости от количества опытов (точек зондирования) по норме 937 (стр.206) устанавливают затраты времени и денег на монтаж и демонтаж установок, а также на погрузку (норма 378, стр.83) и разгрузку (норма 380, стр.83) оборудования у каждой точки зондирования.

Стоимость токового каротажа определяют по норме 1581 (стр.337). По табл.27, § 7 (стр. 335) определяют коэффициенты, обусловленные глубиною зондирования (1.3 – до глубины 10 м и 1,2 – при глубине более 10 м), а также неблагоприятным периодом года (1,3 – при температуре окружающего воздуха от минус 5 до минус 15°С).

Стоимость 1 м каротажа при глубине зондирования до 10 м в летний период года составляет

$$1.06 \cdot 1,3 = 1.378 \text{ руб.}$$

при глубине зондирования более 10 м составляет

$$1,06 \cdot 1,2 = 1,278 \text{ руб.}$$

В осенне-зимний период при глубине зондирования до 10 м и более стоимость 1 м каротажа соответственно составит:

$$1,06 \cdot 1,3 \cdot 1,3 = 1,791 \text{ руб;}$$

$$1,06 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 1,654 \text{ руб.}$$

Бригада, обслуживающая установку ЭДЗ, состоит из трех человек: одного ИТР и двух рабочих. Вместо ИТР может быть старший техник. Согласно приложению 1 (стр.396) и приложению 2 (п.96, стр. 406) ЕНВ и Р-И, месячная ставка инженера шестого разряда работ составляет 137,5 руб. (часовая 0,794 руб.), а рабочего третьего разряда 99,71 руб. (часовая 0,576 руб.). Часовая ставка бригады в целом составляет 1,946 руб.

Расчет зарплаты производят по затратам труда каждого члена бригады пропорционально коэффициенту участия, который определяют путем деления часовой расчетной ставки каждого члена бригады на часовую ставку бригады:

$$0,794 : 1,946 = 0,408 \text{ (для инженера);}$$
$$0,576 : 1,946 = 0,296 \text{ (для рабочего).}$$

Затем определяют количество участвующих единиц, равное произведению коэффициента участия каждого члена бригады на количество рабочих смен. Разделив заработную плату на сумму участвующих единиц, определяют стоимость одной единицы.

Все приведенные расчеты заносят в соответствующие графы бланка наряда на сдельные работы. Дни профилактических работ оплачивают из расчета месячного оклада рабочих.

Пример составления расценок на сдельные работы

При линейных инженерно-геологических изысканиях зимой на объекте А выполнено 15 зондирований, из которых 5 зондирований глубиною 15 м, 5 – глубиною 10 м и 5 – глубиною 5 м.

Расстояние проезда и перевозок не превышает 100 км.

Полевые работы выполнены за 10 рабочих смен.

По полевым журналам, учитывая количество ударов молота /7/, необходимое для погружения зонда на 10 см, объемы работ, выполненные в грунтах разных категорий, согласно табл. 20 ЕНВ и Р-И, следующие: I категория 25, II категория 75, III категория 50 м.

По норме 938 стоимость 1 м зондирования грунтов I категории составляет 0,193, 2 категории 0,232, 3 категории 0,278 руб.

Сумма денег, причитающаяся за выполнение динамического зондирования, равна

$$25 \cdot 0,193 + 75 \cdot 0,232 + 50 \cdot 0,273 = 36,1 \text{ руб.}$$

Стоимость 1 м точечного каротажа, согласно норме 1581, равна 1,06 руб.

Учитывая коэффициенты, обусловленные глубиною зондирования (табл. 27, §7), выполнение работ в неблагоприятный период года (табл. 27, §9) при глубине зондирования до 10 м, стоимость каротажных исследований составляет:

$$(10 \cdot 5 + 5 \cdot 5) \cdot 1,06 \cdot 1.3 \cdot 1,3 = 134,22 \text{ руб.}$$

При глубине зондирования более 10 м получим

$$15 \cdot 5 \cdot 1.06 \cdot 1.2 \cdot 1,3 = 139,00 \text{ руб.}$$

Затраты на монтаж установки (норма 937, а) составляют

$$15 \cdot 0,802 = 12 \text{ руб.};$$

на демонтаж установки (норма 937, б)

$$15 \cdot 0,405 = 6,1 \text{ руб.};$$

на погрузку оборудования массой 0,1 т с укладкой (норма 378)

$$15 \cdot 0,1 \cdot 0,314 = 0,47 \text{ руб.};$$

на разгрузку оборудования массой 0,1 т с укладкой (норма 380)

$$15 \cdot 0,1 \cdot 0,251 = 0,38 \text{ руб.}$$

Всего стоимость выполнения 15 ЭДЗ общим объемом 150 м равна

$$36,1 + 134,22 + 139,00 + 12 + 6,1 + 0,47 + 0,38 = 328,27 \text{ руб.}$$

Стоимость работ с учетом доплаты за неблагоприятный период года (табл. 2) равна

$$328,27 \cdot 1,1 = 362,18 \text{ руб.}$$

Работы выполнены бригадой ЭДЗ в составе: ст. техника пятого разряда работ с месячной ставкой 126,5 руб. (часовая ставка 0,731 руб.), рабочего третьего разряда с месячной ставкой 99,71 руб. (часовая ставка 0,576 руб.) и рабочего второго разряда с месячной ставкой 91,74 руб. (часовая ставка 0,530 руб.).

Часовая ставка бригады составляет

$$0,731 + 0,576 + 0,53 = 1,837.$$

Коэффициент участия каждого члена бригады составляет:

$$0,731 : 1,837 = 0,398 \text{ (для ст. техника);}$$

$$0,576 : 1,837 = 0,314 \text{ (для рабочего третьего разряда);}$$

$$0,530 : 1,837 = 0,288 \text{ (для рабочего второго разряда).}$$

Количество участвующих единиц равно

$$0,398 \cdot 10 \text{ смен} = 3,98 \text{ (для ст. техника);}$$

$$0,314 \cdot 10 \text{ смен} = 3.14 \text{ (для рабочего третьего разряда);}$$

0,288 · 10 смен = 2,88 (для рабочего второго разряда).

Всего участвующих единиц 3,98 + 3,14 + 2,88 = 10.
Стоимость одной единицы 362,18 руб. : 10 = 36,22 руб.
Причитающаяся зарплата:

для ст.техника 36,22 · 3,98 = 134,06 руб.;

для рабочего третьего разряда 36,22 · 3,14 = 113.73руб.;

для рабочего второго разряда 36,22·2,88 =104,31 руб.

Приложение I3

ФОРМУЛЫ УСКОРЕННОГО РАСЧЕТА СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ МЕТОДОМ ЭДЗ

Категория сложности грунта	§	Условия выполнения камеральных работ	Глубина бурения, м	Условия выполнения полевых работ			
				Благоприятный (весенне-летний) период года	Неблагоприятный (осенне-зимний) период года	Территория со специальным режимом	
						Благоприятный период года	Неблагоприятный период года
I	2	3	4	5	6	7	8
I	I	Без получения полевого довольствия	I0	$25,46 \cdot N + 6,693 \cdot L + U$	$29,26 \cdot N + 7,6I3 \cdot L + U$	$30,2I \cdot N + 7,843 \cdot L + U$	$34,0I \cdot N + 8,763 \cdot L + U$
			I5	$33,50 \cdot N + 6,693 \cdot L + U$	$38,50 \cdot N + 7,6I3 \cdot L + U$	$39,75 \cdot N + 7,843 \cdot L + U$	$44,75 \cdot N + 8,763 \cdot L + U$
	2	С выплатой полевого довольствия	I0	$26,03 \cdot N + 6,900 \cdot L + U$	$30,70 \cdot N + 8,I37 \cdot L + U$	$30,78 \cdot N + 8,050 \cdot L + U$	$35,45 \cdot N + 9,287 \cdot L + U$
			I5	$34,25 \cdot N + 6,900 \cdot L + U$	$40,40 \cdot N + 8,I37 \cdot L + U$	$40,50 \cdot N + 8,050 \cdot L + U$	$46,65 \cdot N + 9,287 \cdot L + U$
	3	С выплатой 50% полевого довольствия	I0	$25,75 \cdot N + 6,796 \cdot L + U$	$29,98 \cdot N + 7,875 \cdot L + U$	$30,50 \cdot N + 7,946 \cdot L + U$	$34,78 \cdot N + 9,025 \cdot L + U$
			I5	$33,87 \cdot N + 6,796 \cdot L + U$	$39,45 \cdot N + 7,875 \cdot L + U$	$40,I2 \cdot N + 7,946 \cdot L + U$	$45,70 \cdot N + 9,025 \cdot L + U$
II	4	Без получения полевого довольствия	I0	$29,48 \cdot N + 6,693 \cdot L + U$	$33,88 \cdot N + 7,6I3 \cdot L + U$	$34,98 \cdot N + 7,843 \cdot L + U$	$39,38 \cdot N + 8,763 \cdot L + U$
			I5	$38,86 \cdot N + 6,693 \cdot L + U$	$44,66 \cdot N + 7,6I3 \cdot L + U$	$46,II \cdot N + 7,843 \cdot L + U$	$5I,9I \cdot N + 8,763 \cdot L + U$
	5	С выплатой полевого довольствия	I0	$30,I4 \cdot N + 6,900 \cdot L + U$	$35,55 \cdot N + 8,I37 \cdot L + U$	$35,64 \cdot N + 8,050 \cdot L + U$	$4I,05 \cdot N + 9,287 \cdot L + U$
			I5	$39,73 \cdot N + 6,900 \cdot L + U$	$46,86 \cdot N + 8,I37 \cdot L + U$	$46,98 \cdot N + 8,050 \cdot L + U$	$54,I2 \cdot N + 9,287 \cdot L + U$
	6	С выплатой 50% полевого довольствия	I0	$29,8I \cdot N + 6,796 \cdot L + U$	$34,72 \cdot N + 7,875 \cdot L + U$	$35,3I \cdot N + 7,946 \cdot L + U$	$40,22 \cdot N + 9,025 \cdot L + U$
			I5	$39,29 \cdot N + 6,796 \cdot L + U$	$45,76 \cdot N + 7,875 \cdot L + U$	$46,55 \cdot N + 7,946 \cdot L + U$	$53,0I \cdot N + 9,025 \cdot L + U$

I	2	3	4	5	6	7	8
Ш	7	Без получения полевого довольствия	I0	$33{,}50 \cdot N + 6{,}693 \cdot L + U$	$38{,}50 \cdot N + 7{,}6I3 \cdot L + U$	$39{,}75 \cdot N + 7{,}843 \cdot L + U$	$44{,}75 \cdot N + 8{,}763 \cdot L + U$
			I5	$44{,}22 \cdot N + 6{,}693 \cdot L + U$	$50{,}82 \cdot N + 7{,}6I3 \cdot L + U$	$52{,}47 \cdot N + 7{,}843 \cdot L + U$	$59{,}07 \cdot N + 8{,}763 \cdot L + U$
	8	С выплатой полевого довольствия	I0	$34{,}25 \cdot N + 6{,}900 \cdot L + U$	$40{,}40 \cdot N + 8{,}I37 \cdot L + U$	$40{,}50 \cdot N + 8{,}050 \cdot L + U$	$46{,}65 \cdot N + 9{,}287 \cdot L + U$
			I5	$45{,}2I \cdot N + 6{,}900 \cdot L + U$	$53{,}33 \cdot N + 8{,}I37 \cdot L + U$	$53{,}46 \cdot N + 8{,}050 \cdot L + U$	$6I{,}58 \cdot N + 9{,}287 \cdot L + U$
	9	С выплатой 50% полевого довольствия	I0	$33{,}87 \cdot N + 6{,}796 \cdot L + U$	$39{,}45 \cdot N + 7{,}875 \cdot L + U$	$40{,}I3 \cdot N + 7{,}946 \cdot L + U$	$45{,}70 \cdot N + 9{,}025 \cdot L + U$
			I5	$44{,}72 \cdot N + 6{,}796 \cdot L + U$	$52{,}07 \cdot N + 7{,}875 \cdot L + U$	$52{,}96 \cdot N + 7{,}946 \cdot L + U$	$60{,}32 \cdot N + 9{,}026 \cdot L + U$
IУ	I0	Без получения полевого довольствия	I0	$37{,}52 \cdot N + 6{,}693 \cdot L + U$	$43{,}I2 \cdot N + 7{,}6I3 \cdot L + U$	$44{,}52 \cdot N + 7{,}843 \cdot L + U$	$50{,}I2 \cdot N + 8{,}763 \cdot L + U$
			I5	$52{,}26 \cdot N + 6{,}693 \cdot L + U$	$60{,}06 \cdot N + 7{,}6I3 \cdot L + U$	$62{,}0I \cdot N + 7{,}843 \cdot L + U$	$69{,}8I \cdot N + 8{,}763 \cdot L + U$
	II	С выплатой полевого довольствия	I0	$38{,}36 \cdot N + 6{,}900 \cdot L + U$	$45{,}25 \cdot N + 8{,}I37 \cdot L + U$	$45{,}36 \cdot N + 8{,}050 \cdot L + U$	$52{,}25 \cdot N + 9{,}287 \cdot L + U$
			I5	$53{,}43 \cdot N + 6{,}900 \cdot L + U$	$62{,}02 \cdot N + 8{,}I37 \cdot L + U$	$63{,}I8 \cdot N + 8{,}050 \cdot L + U$	$7I{,}77 \cdot N + 9{,}287 \cdot L + U$
		С выплатой 50% полевого довольствия	I0	$37{,}94 \cdot N + 6{,}796 \cdot L + U$	$44{,}I8 \cdot N + 7{,}875 \cdot L + U$	$44{,}94 \cdot N + 7{,}946 \cdot L + U$	$5I{,}I8 \cdot N + 9{,}025 \cdot L + U$
			I5	$52{,}85 \cdot N + 6{,}796 \cdot L + U$	$6I{,}54 \cdot N + 7{,}875 \cdot L + U$	$62{,}60 \cdot N + 7{,}946 \cdot L + U$	$7I{,}29 \cdot N + 9{,}025 \cdot L + U$

Примечания: I. N – количество испытаний (точек зондирования).

2. L – объем токового каротажа, м.

3. U – стоимость составления программы и проекта работ, равная при стоимости изысканий до I5 тыс.руб. – 200 руб., при I5–30 тыс.руб. – 500 руб., при 30–50 тыс.руб. – 800 руб. и т.д.

4. Сметная стоимость по приведенным формулам определяется в рублях без учета затрат на внешний и внутренний транспорт.

5. При выполнении работ в районах с поясными коэффициентами в расчет стоимости вводят соответствующие поправки.

6. Категории сложности грунтов: I – при $n \leq 6$; II – при $n = 6 \div I2$; III – при $n = I2 \div I8$; IУ – при $n = I8 \div 24$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пригода В.Я. Методические рекомендации по производству электродинамического зондирования при инженерно-геологических изысканиях, М., ЦНИИС, 1980.

2. Пригода В.Я., Коншин Г.Г. Методические рекомендации по геофизическому обследованию насыпей железных дорог. М., ЦНИИС, 1975.

3. Дружинин М.К., Пригода В.Я., Горшенин Ю.В. Наставления по инженерно-геологическим изысканиям для проектирования вторых путей. М., ЦНИИС, 1972.

4. Пригода В.Я., Ряполова В.А. Методические рекомендации по каротажу скважин на воду в районах БАМ. М, ЦНИИС, 1978.

5. Правила техники безопасности при железнодорожных изысканиях. М., Оргтрансстрой, 1962

6. Правила техники безопасности и производственной санитарии при производстве работ в путевом хозяйстве. М., Транспорт, 1965.

7. Инструкция по сигнализации на железных дорогах Союза ССР. М., Транспорт, 1971.

8. СН 448-72. Указания по зондированию грунтов для строительства. М., Стройиздат, 1973.

9. ГОСТ 20522-75. Грунты. Метод статистической обработки результатов определений характеристик.

10. Бондарик Г.К., Комаров И.С., Ферронский В.И. Полевые методы инженерно-геологических исследований. М., Недра, 1967.

11. Трофименков Ю.Г., Воробков Л.Н. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов. М., Стройиздат, 1981.

12. Ряполова В.А. Методические указания по геофизическим методам исследования скважин на изысканиях железных дорог. М., ВПТИтрансстрой, 1962.

13. Дахнов В.Н. Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин. М., Гостоптехиздат, 1965.

14. СНиП П-15-74. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Основания зданий и сооружений. М., Стройиздат, 1975.

15. СН 200-62. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб. М., Трансжелдориздат, 1962.

16. Л е б е д е в В.И. Применение метода динамического зондирования для определения несущей способности свай.-"Энергетическое строительство", 1978, № 4.

gost.e-ecolog.ru