ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОСНОВАНИЙ
И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ЭЛЕКТРООСУШЕНИЮ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМУ ЗАКРЕПЛЕНИЮ ГЛИНИСТЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ

Москва — 1971

gost.e-ecolog.ru

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОСНОВАНИЙ
И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ЭЛЕКТРООСУШЕНИЮ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМУ ЗАКРЕПЛЕНИЮ ГЛИНИСТЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
Москва—1971

УДК 624.138.5

Брошюра содержит энергетический расчет сети электродов, рекомендации по применению электроосмоса и электрохимического закрепления в зависимости от коэффициентов фильтрации и удельного электрического сопротивления грунтов.

Рекомендации предназначены для проектных, изыскательских и производственных организаций, ведущих работы по закреплению грунтов.

3-2-4

План I кв. 1971 г., № 18

НИИОСП Госстроя СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ЭЛЕКТРООСУШЕНИЮ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМУ ЗАКРЕПЛЕНИЮ ГЛИНИСТЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ

* * *

Стройиздат
Москва, К-31, Кузнецкий мост, 9

* * *

Редактор издательства Л. Т. Калачева
Технический редактор В. Д. Павлова
Корректор Л. П. Бирюкова

Сдано в набор 28/VII 1971 г. Подписано к печати 28/IX 1971 г. Т-15279 Бумага 84×108$^{1}/_{32}$—0,5 бум. л. 1,68 усл. печ. л. (уч-изд. 1,61 л.) Тираж 11.000 экз. Изд. № XII—3060. Зак. № 1390. Цена 8 коп.

Типография № 32 Главполиграфпрома. Москва, Цветной бульвар, 26

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из эффективных приемов улучшения свойств водонасыщенных глинистых грунтов является обработка их постоянным электрическим током, иногда (для закрепления) с добавкой химических растворов. В результате электрообработки в грунте происходит ряд процессов: электроосмос (передвижение воды от анода к катоду), электролиз, обменные реакции, образование и накопление новых химических соединений и пр., что приводит к осушению, уплотнению и закреплению грунта.

За последнее время метод электрообработки грунтов при совместном применении иглофильтровой водопонижающей установки применяется для обезвоживания при проходке строительных котлованов (по схеме проф. Б. А. Ржаницына). В результате пропускания тока через грунт и откачки небольшого количества воды через иглофильтры по периметру котлована создается электрическая завеса, препятствующая поступлению воды в осушаемый грунт, а оставшаяся вода в массиве переходит в капиллярно-натяженное состояние (по проф. Н. М. Герсеванову), напор быстро снижается и котлован может быть вскрыт «насухо». Этот способ неоднократно был применен на стройках в Москве, Владимире и других городах.

При более длительном пропускании тока и введении электролитов (хлористого кальция и др.) в грунте происходят глубокие и сложные физико-химические процессы. Эти физико-химические преобразования переводят грунт из коагуляционно-тиксотропного состояния в коагуляционно-кристаллизационное необратимое состояние. В результате значительно уменьшается влажность глинистого грунта, увеличивается сцепление, прочность и водоустойчивость, резко уменьшается пучинистость и набухаемость.

Электрохимическое закрепление водонасыщенных глинистых грунтов успешно применялось при укреплении верхней площадки земляного полотна для борьбы со сплывами, оползнями откосов выемок и насыпей и с пучением грунтов на Октябрьской, Северной, Южной, Южно-Уральской, Дальневосточной и других железных дорогах.

Этот вид закрепления может быть рекомендован при упрочнении грунтов в основании фундаментов сооружений для увеличения расчетного сопротивления грунтов

в связи с деформацией сооружений или ростом нагрузки на основание (надстройка зданий), для увеличения несущей способности свайных фундаментов и др. Укреплять электросиликатизацией лёссовые грунты не рекомендуется, так как их коэффициенты фильтрации больше верхнего предела применения постоянного электрического тока. Применение этого способа на практике не дало положительных результатов.

По электроосушению грунтов НИИОСП в 1958 г. были изданы «Временные указания по осушению строительных котлованов в глинистых грунтах с применением иглофильтровой установки и постоянного электрического тока», по электрохимическому закреплению грунтов до настоящего времени пока нет нормативных документов, поэтому настоящие Рекомендации помогут проектировщикам и производственникам использовать накопленный опыт при решении практических задач.

Рекомендации составлены д-ром техн. наук, проф. *Б. А. Ржаницыным,* д-ром техн. наук *Б. П. Горбуновым,* д-ром геолого-минерал. наук *В. В. Аскалоновым* и канд. техн. наук *Б. С. Федоровым.* В разделах 3, 5 и 7 использованы работы д-ра техн. наук, проф. *К. Н. Жинкина.*

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации распространяются на проектирование и производство работ:

а) по электроосушению;

б) по электрохимическому закреплению водонасыщенных глинистых грунтов.

1.2. Электроосушение и электрохимическое закрепление применяются в грунтах с коэффициентом фильтрации от 0,05 до 0,005 *м/сутки,* где обычные способы водопонижения не эффективны и инъекция химических растворов под давлением неприменима из-за незначительной фильтрации этих грунтов. Эти способы рекомендуется также применять только для незасоленных и слабозасоленных грунтов с удельным электрическим сопротивлением более 500 *ом · см.*

1.3. Электроосушение грунтов применяется при проходке строительных котлованов и состоит в создании вокруг осушаемого массива грунта электроосмотической завесы, которая приводит заключенную в массиве воду в капиллярно-натяженное состояние и позволяет вскрыть котлован «насухо». В этих целях по периметру будущего котлована устанавливаются два ряда электродов: с внешней стороны иглофильтры (катоды), из которых производится откачка воды, а с внутренней — металлические трубы (аноды).

1.4. Электрохимическое закрепление грунтов применяется при укреплении верхней площадки земляного полотна для борьбы со сплывами и оползнями откосов выемок и насыпей и с пучением грунтов на железных дорогах и др.

Электрохимическое закрепление может быть рекомендовано для упрочнения грунтов в основании фундаментов сооружений в связи с их деформацией или ростом нагрузки, а также для увеличения несущей способности свайных фундаментов. Закрепление грунта производится путем длительной обработки его постоянным электрическим током через систему забитых электродов, одни из которых (аноды) служат для заливки химических растворов, а другие (катоды) — для откачки поступающей из грунта воды.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ИЗЫСКАНИЯМ

2.1. Проект производства работ по электроосушению и электрохимическому закреплению грунтов составляется на основе следующих материалов:

а) инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий строительной площадки;

б) технических данных о зданиях и сооружениях;

в) результатов опытного закрепления грунтов;

г) технических требований, предъявляемых к электрообрабатываемой площадке.

2.2. Исследовательские работы выполняются в два этапа:

а) предварительное исследование для определения возможности осушения и закрепления грунта;

б) основные исследования по изучению геологического строения, гидрогеологических условий, состава, свойств и состояния грунтов.

2.3. Предварительное исследование предусматривает: бурение с отбором проб грунтов для лабораторных исследований; лабораторные определения водопроницаемости грунтов; лабораторные испытания грунтов на закрепляемость, прочность и водоустойчивость; лабораторные определения удельного электрического сопротивления грунтов.

2.4. Основные исследования включают: разведочное бурение и шурфование с отбором проб грунтов и грунтовых вод; лабораторные работы по изучению состава, свойств, состояния грунтов, химического состава воды; полевое определение коэффициента фильтрации и удельного электрического сопротивления; опытное закрепление грунтов.

2.5. Количество скважин, шурфов и их расположение на площадке назначают в зависимости от сложности геологического строения и размеров сооружения. При этом расстояние между разведочными выработками должно быть не более 15 *м*.

2.6. При бурении и проходке шурфов выявляются и фиксируются: геологическое строение грунтов с расчленением на генетические и литологические разновидности, характер сложения, наличие включений, водоносных горизонтов, их особенности и установившиеся уровни.

Пробы грунтов весом 2—5 *кг* отбираются из каждого слоя через 0,5 *м* по глубине, а пробы грунтовых вод объемом 1—2 *л* — из каждого водоносного горизонта.

2.7. Лабораторные работы включают: анализы гранулометрического состава грунтов; определение влажности, пластичности, пористости, сопротивления сдвигу, размокания, коэффициента электроосмоса и удельного электрического сопротивления грунтов (приложение 1 и 2).

Примечание. Определение основных характеристик грунтов и воды производится согласно действующим ГОСТам, техническим правилам и инструкциям.

2.8. Возможность и эффективность электрообработки грунтов устанавливается в лабораторных условиях, где подбираются оптимальные дозировки электрического тока, электролита, расход электроэнергии и продолжительность (приложение 3).

2.9. В результате основных исследований представляются следующие материалы:

план площадки в масштабе 1 : 200 с нанесенными контурами сооружения, разведочными выработками и высотными отметками их устий и с обозначением направлений инженерно-геологических профилей;

каталог выработок с указанием глубин, координат, высотных отметок;

инженерно-геологические продольные и поперечные профили в масштабе: вертикальный 1 : 100, горизонтальный 1 : 200, отображающие литологию, геологический возраст и генетические особенности грунтов, уровень грунтовых вод, а также средние нормативные значения номенклатурных и расчетных характеристик грунтов и их вариантности;

чертежи колонок отдельных скважин;

таблицы, графики с результатами исследования грунтов, грунтовой воды и испытаний грунта на электроосушение и электрохимическое закрепление.

2.10. Технические данные о зданиях и сооружениях должны содержать описания фундаментов, конструкций подземных коммуникаций и план расположения.

3. СОСТАВ ПРОЕКТА И УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Электроосушение

3.1. Проект электроосушения грунтов разрабатывается на основе:

а) заключения о целесообразности применения способа;

б) данных предварительного расчета электроосушения грунтов;

в) материалов исследования грунтов;

г) технических данных о сооружении;

д) проектного задания.

3.2. Проект электроосушения грунтов должен содержать:

а) геологические профили по участку площади, в пределах которой расположен котлован или траншея, с указанием уровня грунтовых вод до начала работы по электроосушению; таблицы гранулометрического состава, пористости и коэффициента фильтрации водоносных слоев, удельных электрических сопротивлений грунтов; план котлована с указанием его основных размеров, отметок поверхности земли, заложения откосов, разрезов котлована, с указанием на нем статического уровня грунтовых вод и проектируемого понижения (депрессионной кривой), увязанного с геологическим профилем;

б) принципиальную технологическую схему электроосушения при совместном применении иглофильтровой водопонижающей установки с указанием схемы расположения:

иглофильтров (катодов), труб (анодов) и расстояний между ними и в ряду между одноименными электродами, а также расстоянии от бровок или осей котлована;

насосных и электрических станций отвода откачиваемой воды;

пьезометрических скважин для наблюдения за понижением уровня грунтовых вод в котловане;

в) расчетные данные водопонижающей установки с указанием:

количества иглофильтров (катодов) и их длины;

количества насосов и их типов;

характеристики электродвигателей и их общей мощности;

расчетные данные сети электродов с указанием:

количества электродов (катодов);

плотности электрического тока;

характеристики электроустановки постоянного тока (двигатель-генератора или выпрямителей), ее мощности, напряжения и силы тока;

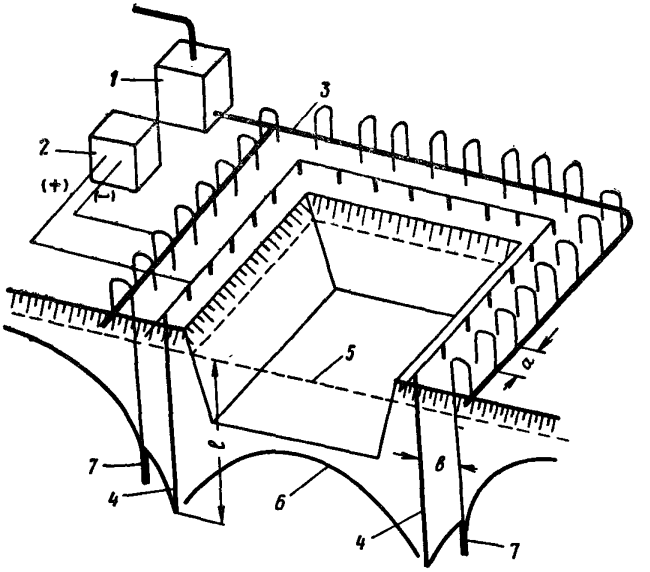

Рис. 1. Схема расположения электродов при электроосушении грунтов

1 — насосная установка, *2* — двигатель-генератор; *3* — водопонизительный коллектор; *4* — аноды, *5* — уровень грунтовых вод до водопонижения, *6* — уровень грунтовых вод при водопонижении, *7* — иглофильтры (катоды)

схемы присоединения иглофильтров к общему коллектору;

г) схему организации производства работ с указанием:

монтажа иглофильтровой установки насосного оборудования;

монтажа электродов и установки постоянного тока;

погружения иглофильтров и устройства обсыпки;

погружения электродов (анодов);

порядка подключения иглофильтров (катодов) и труб (анодов) в насосную и электрическую сеть;

порядка эксплуатации иглофильтровой и электрической установок;

потребности в рабочих и основных материалах;

сметы с калькуляцией и единичными расценками на работы;

данных общестроительного характера по транспорту, вспомогательным устройствам, мероприятиям в зимнее время и пр.;

календарного плана работ со сроками и способами производства земляных и строительных работ.

3.3. При составлении проекта электроосушения грунтов в отношении выбора типа водопонижающих иглофильтровых установок и их расчета в зависимости от гидрогеологических условий и технических требований, а также в отношении монтажа, погружения иглофильтров и эксплуатации иглофильтровых установок необходимо руководствоваться главой СНиП III-Б.3-62 «Открытый водоотлив и искусственное понижение уровня грунтовых вод. Правила производства и приемки работ».

3.4. Электроосушение грунтов производится по двухрядной схеме расположения электродов (рис. 1).

3.5. Схема электроосушения грунтов в сочетании с иглофильтрами предусматривает осушение при проходке котлована шириной до 40 *м* ниже статического уровня грунтовых вод.

Иглофильтры (катоды) устанавливаются по периметру котлована на расстоянии 1,2—1,5 *м* друг от друга и на расстоянии 1,5 *м* от бровки котлована. Глубина погружения иглофильтров должна быть не менее чем на 3 *м* ниже проектного пониженного уровня грунтовых вод.

Электроды (аноды), состоящие из металлических труб, погружаются по периметру котлована с внутренней стороны контура иглофильтров на таком же расстоянии друг от друга, как и иглофильтры (катоды). Расстановка электродов (анодов) и иглофильтров (катодов) производится в шахматном порядке.

3.6. Расстояние между рядами электродов (иглофильтров — катодов и труб — анодов) должно быть 0,8 *м*.

3.7. Глубина погружения электродов (анодов) должна соответствовать глубине погружения иглофильтров. Электроды должны выступать на 0,2—0,4 *м* над поверхностью земли.

3.8. Рабочее напряжение электрической установки по правилам безопасности производства работ следует устанавливать 40—60 *в*.

3.9. Время активного электроосушения, т. е. время с начала включения электрического тока до начала про-

ходки котлована, должно быть равно трем суткам. Время пассивного электроосушения определяется сроком производства строительных работ в котловане.

3.10. Общее электрическое сопротивление ортогональной схемы определяется по формуле

$$R = \frac{\rho\left(\frac{b}{a} + \frac{1}{\pi}\ln\frac{a}{2\pi r}\right)}{lN} \text{ ом}, \qquad (1)$$

где ρ — удельное электрическое сопротивление грунта в *ом · см*;

a — расстояние между электродами в ряду в *см;*

b — расстояние между рядами в *см;*

r — радиус электродов в *см;*

l — глубина электродов в *см*;

N — число электродов в ряду.

Электрическое сопротивление шахматной схемы определяется по формуле

$$R = \rho\left(\frac{b}{a}C + \frac{2}{\pi}\ln\frac{a}{2\pi r\sqrt{C}}\right),$$

где C — безразмерный параметр:

$$C = 1 + \left(\frac{a}{2b}\right)^2. \qquad (1б)$$

3.11. Потребная мощность установки постоянного электрического тока вычисляется по формуле

$$P = \frac{U^2 \cdot 10^{-3}}{R} \text{ квт}, \qquad (2)$$

где U — разность потенциалов между электродами в *в*.

Ток на единицу длины завесы определяется по формуле

$$i = \frac{U}{R} \cdot \frac{100}{aN} \text{ а/м}. \qquad (3)$$

Предельный ток на единицу длины завесы определяется по формуле

$$i_0 = \frac{1{,}6l\sqrt{\frac{1000}{\rho}}}{a\lg\frac{10}{r}} \text{ а/м}. \qquad (3а)$$

Заданная разность потенциалов допустима, если $i_0 \geqslant i$.

3.12. Расход электроэнергии на электроосушение подсчитывается по формуле

$$W = 24PT \ квт \cdot ч, \qquad (4)$$

где T — продолжительность работы установки в сутках.

3.13. Расход электроэнергии водопонизительных установок определяется по формуле

$$W_н = 24P_н T \ квт \cdot ч, \qquad (5)$$

где $P_н$ — установленная мощность одновременно работающих водопонизительных установок в *квт*.

3.14. В качестве примера приводится расчет электроосушения котлована.

Периметр котлована 100 *м;* глубина электродов $l=600$ *см;* расстояние между электродами $a=120$ *см;* расстояние между рядами электродов $b=80$ *см;* радиус электрода $r=2{,}5$ *см;* удельное электрическое сопротивление грунта $\rho=1200$ *ом·см*; схема — ортогональная.

Определяем число пар электродов.

$$N = \frac{100}{1{,}2} = 83.$$

Определяем общее сопротивление системы электродов по формуле (1):

$$R = \frac{1200}{600 \cdot 83}\left(\frac{80}{120} + \frac{1}{3{,}14} \ln \frac{120}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 2{,}5}\right) = 0{,}0315 \ ом.$$

Мощность генератора постоянного электрического тока при разности потенциалов 40 *в* определяем по формуле (2):

$$P = \frac{40^2 \cdot 10^{-3}}{0{,}0315} = 51 \ квт.$$

Ток на единицу длины завесы определяем по формуле (3):

$$i = \frac{40}{0{,}0315} \cdot \frac{100}{120 \cdot 83} = 12{,}7 \ а/м.$$

Предельный ток на единицу длины завесы определяем по формуле (3 а):

$$i_0 = \frac{1{,}6 \cdot 600 \sqrt{\frac{1000}{1200}}}{120 \cdot \lg \frac{10}{2{,}5}} = 12{,}1 \ а/м.$$

Получили i чуть больше i_0, следовательно, в работе разность потенциалов должна быть немного понижена.

Расход электроэнергии за сутки на электроосмос по формуле (4) $W=24 \cdot 51 \cdot 1=1224$ *квт · ч.*

На 83 иглофильтра достаточна установка ЛИУ-6 мощностью 5,5 *ква.* Расход электроэнергии за сутки по формуле (5) $W_н=24 \cdot 5{,}5 \cdot 1=132$ *квт · ч/сутки.*

Общий суточный расход энергии $W_0=1224+132=$ $=1356$ *квт · ч/сутки.*

При работе сроком 1 месяц вместе с временем активного осушения $W_н=1356 \cdot 30=40\,680$ *квт · ч.*

Электрозакрепление

3.15. Проект электрохимического закрепления грунтов должен содержать:

геологические профили участка работ;

материалы исследования грунтов;

план, разрезы и конфигурацию закрепляемого массива;

принципиальную технологическую схему;

план расположения отдельных электродов и глубины их погружения;

данные об объеме работ по закреплению и указания о контроле работ;

данные о количестве химических растворов, заливаемых в один электрод, и в расчете на весь закрепляемый массив;

данные о плотности электрического тока, градиенте напряжения и продолжительности обработки;

требования к закрепляемому грунту;

спецификацию на оборудование и материалы (мощность и тип электростанции и водоотка чивающего насоса, суммарную длину электродных труб, арматурного железа и пр.);

схему организации производства работ с указанием погружения электродов, их монтажа и порядка подключения в электрическую сеть, порядка эксплуатации насосных и электрических установок;

потребность в рабочих и в основных материалах;

смету с калькуляцией и единичными расценками на работы;

данные общестроительного характера по транспорту, вспомогательным устройствам и пр.;

календарный план работ.

3.16. В зависимости от объема грунта, подлежащего закреплению, и характера деформации (сплыв, оползень, пучины) электроды располагаются в плане рядами вдоль или поперек площадки соответственно технологической схеме закрепления с расчетом перекрытия контура закрепления во всех направлениях на 1—3 *м*.

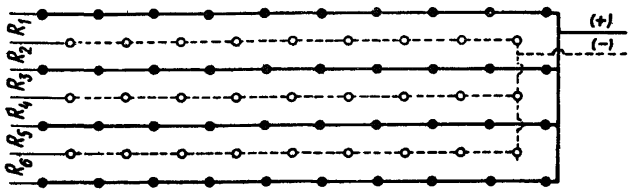

Рис. 2. Схема расположения электродов при электрохимическом закреплении грунта

Расстояние между рядами электродов зависит от напряжения источника тока и приближенно определяется из условия 1 *в* на 1 *см*, т. е. при напряжении 100 *в* на 1 *м*, а между электродами в ряду 0,7—0,9 *м*.

Принятой схемой расположения электродов является порядовая, в которой катодные ряды чередуются с анодными, образуя шесть параллельно включенных сопротивлений (рис. 2).

Глубина погружения электродов в грунт зависит от толщины закрепляемого слоя и может колебаться от 1 до 10 *м*.

При больших объемах закрепляемого грунта по площади в ряде случаев (например, при оползнях) не требуется производить закрепление всего массива.

В этих целях, применяя различные схемы расположения электродов, рекомендуется производить закрепление отдельными поперечными или продольными полосами определенной ширины, создавая как бы упоры из закрепленного грунта.

3.17. Для обеспечения однородного и равномерного закрепления на больших площадях можно рекомендовать схему «скользящего включения электродных рядов», состоящую в том, что в секции из шести-восьми рядов по *N* электродов в каждом одновременно в цепь включаются два ряда в последовательности 1^{+}—3^{-}, 2^{+}—4^{-},

3^{+}—5^{-} и т. д., т. е. оставляя между работающими рядами один нейтральный.

Продолжительность обработки грунта определяется исходя из условия образования вокруг каждого анода закрепленной зоны радиусом $^1/_4$ расстояния между работающими электродами (или $^1/_2$ расстояния между рядами установленных электродов). При этом возможно повышение градиента напряжения до 1,5—2 *в/см* и сокращение на 15—20% времени электрообработки грунта.

3.18. Для улучшения электрозакрепления через аноды вводятся в грунт химические растворы, которые способствуют цементации грунта в катодной и коагуляции в анодной зонах. В качестве наилучшего химического раствора рекомендуется применять раствор хлористого кальция удельным весом 1,032—1,066 *г/см*^{3} в количестве от 50 до 200 *л/м*^{3} грунта, а также раствор тринатрийфосфата удельным весом 1,05 *г/см*^{3}.

Введение химических растворов исключается в грунтах с коэффициентом фильтрации менее 0,005 *м/сутки*, а также в грунтах, богатых солями кальция.

Примечание. Для борьбы с пучением грунтов надежные результаты закрепления получаются при более высоких концентрациях раствора хлористого кальция (18—20%) и длительной электрообработке (40—50 *квт·ч/м*^{3}).

3.19. При электрохимическом закреплении в целях более равномерного упрочнения грунта и большего радиуса применяется электроток плотностью 2—4 *а/м*^{2} на площади сечения анодного ряда, при этом градиент напряжения между электродами должен быть 1 *в/см* и лишь в некоторых схемах 1,5—2 *в/см*.

3.20. Расход электроэнергии для получения устойчивого электрозакрепления составляет 40—80 *квт·ч* на 1 *м*^{3} грунта. Продолжительность обработки грунта током колеблется от 10 до 30 суток. Ориентировочно можно сказать, что грунты карбонатные и менее влажные требуют меньшего времени электрообработки.

3.21. Способ электрохимического закрепления рекомендуется применять для борьбы со сплывами, оползнями, пучением и набуханием водонасыщенных глинистых грунтов типа супесей, суглинков, глин и илов, имеющих высокую влажность, близкую к пределу текучести, и незначительную величину сопротивления сдвигу. В результате электрозакрепления грунтов резко снижается влажность, увеличивается в 2—4 раза кубиковая прочность,

сопротивление сдвигу, водоустойчивость и уменьшается набухание (от 60 до 85%).

3.22. Показатели свойств грунтов после электрохимического закрепления, указанные в п. 3.21, определяются в лабораторных и полевых условиях.

3.23. Оптимальные условия электрохимического закрепления грунтов определяются лабораторными опытами на уменьшенных моделях, воспроизводящих натурные схемы (приложение 3). При этом вводятся следующие масштабные отношения:

$$m_1 = \frac{l_н}{l_м}; \quad m_2 = \frac{E_н}{E_м}, \tag{6}$$

где $l_н$ — натурные линейные размеры;

$l_м$ — модельные линейные размеры;

$E_н$ — разность потенциалов в натуре;

$E_м$ — разность потенциалов на модели.

При работе на моделях определяется продолжительность закрепления $t_м$. Время, необходимое в натуре, $t_н$, допуская, что физико-химические процессы в модели и в натуре одинаковы в первом приближении, можно вычислить по формуле

$$t_н = t_м \frac{m_1^2}{m_2}. \tag{7}$$

Если плотность тока в натуре и на модели одинакова, то линейный масштаб и масштаб напряжений равны: $m_1 = m_2$.

В лотке при расстоянии между электродами $l_м = 25$ *см* и разности потенциалов между ними $E_м = 40$ *в* закрепление грунта было достигнуто в течение $t_м = 25$ *ч*.

В натурных условиях предполагается провести закрепление при разности потенциалов $E_н = 100$ *в* и при расстоянии между электродами $b = 100$ *см*.

Определяем масштабные коэффициенты по формуле (6):

$$m_1 = \frac{100}{25} = 4; \quad m_2 = \frac{100}{40} = 2{,}5.$$

Продолжительность закрепления грунтов в натуре определяем по формуле (7):

$$t_н = 25 \frac{4^2}{2{,}5} = 160 \text{ ч}.$$

3.24. Расчет потребных мощностей и расхода электроэнергии при электрохимическом закреплении производится следующим образом:

а) сопротивление между двумя рядами электродов определяем по формуле

$$R_p = \frac{\rho\left(\frac{b}{a}C + \frac{2}{\pi}\ln\frac{a}{2\pi r\sqrt{C}}\right)}{lN}, \qquad (8)$$

где обозначения те же, что и в формуле (1);

б) сопротивление параллельно включенных нескольких рядов электродов R_0 определяется по формуле

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}\ ом, \qquad (9)$$

где R_1; R_2; R_n —сопротивление между электродами каждой пары рядов, определяемое формулой (8);

в) мощность генератора постоянного тока, обеспечивающего закрепление всего участка по найденному сопротивлению, определяется по формулам (2)—(4).

3.25. В качестве примера приводится расчет электрической сети при электрохимическом закреплении грунта.

Дано: $\rho = 1000$ *ом · см;* $a = 80$ *см;* $b = 100$ *см;* $r = 2$ *см;* $N = 20$; $l = 200$ *см.*

Схема расположения электродов — шахматная.

По формуле (16) вычисляем:

$$C = 1 + \left(\frac{80}{2 \cdot 100}\right)^2 = 1{,}16.$$

Определяем начальное омическое сопротивление одного ряда по формуле (8):

$$R_0 = \frac{1000\left(\frac{100}{80}1{,}16 + \frac{2}{3{,}14}\ln\frac{80}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 2\sqrt{1{,}16}}\right)}{200 \cdot 20} = 0{,}75\ ом.$$

Определяем сопротивление всей системы.

При условии, что все сопротивления равны, по формуле (9) находим:

$$\frac{1}{R_0} = \frac{6}{0{,}75}; \quad R_0 = 0{,}125\ ом.$$

По формуле (2), принимая разность потенциалов 100, получаем мощность

$$P = \frac{100^2 \cdot 10^{-3}}{0{,}125} = 80 \text{ квт}.$$

По формуле (3) проверяем плотность тока

$$i = \frac{100}{0{,}75} \cdot \frac{10^4}{80 \cdot 200 \cdot 20} = 4{,}2 \text{ а/м}^2.$$

Принимая продолжительность закрепления равной 10 суткам, получаем расход электроэнергии по формуле (4):

$$W = 24 \cdot 80 \cdot 10 = 19\,200 \text{ квт} \cdot \text{ч}.$$

4. ОБОРУДОВАНИЕ

4.1. При электроосушении грунтов помимо иглофильтровой установки применяется следующее оборудование и аппаратура:

а) электрические машины постоянного тока или выпрямители мощностью 5—20 *квт* при силе тока 40—200 *а* и напряжении 40—60 *в* (приложение 4);

б) электроды;

в) оборудование для извлечения электродов;

г) кабель, провода и пр.;

д) контрольно-измерительная аппаратура (амперметры, вольтметры).

4.2. Аноды состоят из звеньев газовых труб диаметром 38 *мм,* соединенных в случае надобности муфтами или сваркой.

Примечание. Вместо газовых труб могут быть применены некондиционные трубы или арматурные стержни, рельсы и т. п.

4.3. При электрохимическом закреплении грунтов кроме оборудования, указанного в п. 4.1, применяются:

а) компрессорная установка типа ЗИФ, ВКС-6 или другие для питания пневматических молотков;

б) пневматические молотки весом 18—30 *кг* или механические копры весом бабы 50 *кг* для забивки анодов и катодов;

в) ручные поршневые насосы для удаления воды;

г) емкости для приготовления и хранения химических растворов.

4.4. Катоды при электрохимическом закреплении грунтов имеют на 1 *м* 40—60 перфорированных отверстий диаметром 1,5—2 *мм,* расположенных четырьмя рядами

в шахматном порядке по длине, соответствующей глубине закрепления.

В качестве анодов, через которые заливается электролит, используются трубы также перфорированные на глубину закрепления, часть которых может быть заменена обычными арматурными стрежнями.

5. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

Электроосушение

5.1. Электроосушение грунтов выполняется строго по проекту; изменения и отклонения от проекта допускаются лишь с ведома проектной организации и оформляются актами.

5.2. Электроосушение грунтов можно производить только после опробования в производственных условиях всех смонтированных установок и коммуникаций.

5.3. Производство работ по электроосушению состоит: из монтажа водопонижающей иглофильтровой установки; гидравлического погружения электродов; монтажа электроустановки и электрической сети; эксплуатации электрической и иглофильтровой установки; извлечения электродов и иглофильтров, демонтажа оборудования.

5.4. Монтаж водопонижающей иглофильтровой установки (сборка и прокладка всасывающего коллектора, погружение иглофильтров, монтаж насосов водоотводных труб и измерительной аппаратуры), а также ее эксплуатация производятся согласно инструкциям по применению иглофильтровых установок для понижения уровня грунтовых вод.

Примечание. В случае соединения звеньев коллектора резиновыми хомутами, а также присоединения иглофильтров к коллектору резиновыми шлангами необходимо соединить иглофильтры и аноды между собой арматурной сталью диаметром 8—10 *мм* (на сварке).

5.5. Монтаж иглофильтровой установки целесообразно производить с площадки, расположенной выше уровня грунтовых вод на 25—30 *см*.

5.6. При погружении иглофильтров в целях создания вакуума вблизи иглофильтра верхняя часть обсыпки заменяется глиняной пробкой. Для этого после погружения иглофильтра до проектной отметки песчаная обсып-

ка не доводится на 1 *м* до поверхности земли и в зазор между грунтом и трубой иглофильтра набивается глинистый грунт. Все данные погружения иглофильтров записываются в журнал (приложение 5). При наличии прослоек плотных глин при гидропогружении иглофильтров и анодов допускается применять бурение и забивку.

5.7. Погружение анодов (приложение 6) производится аналогично погружению иглофильтров, т. е. гидравлическим способом.

При этом давление воды в насосе, в зависимости от плотности грунта, составляет 4—10 *атм*.

5.8. Пьезометрические скважины устанавливаются путем бурения или гидравлическим погружением оборудованных фильтрами труб с обсыпкой песком.

Скважины располагаются по линии от центра котлована и за электроосмотической завесой (две-три скважины в котловане и одна-две вне его).

5.9. Монтаж электрической сети состоит в следующем. Все аноды поверху соединяются (на сварке) в общую сеть арматурной сталью диаметром 10 *мм* и подключаются к плюсу источника постоянного тока через распределительный щит, на котором смонтированы амперметр и вольтметр. Включение и регулирование электрического тока производится через реостат.

Все иглофильтры, являющиеся катодами, подключаются в общую электрическую сеть через коллектор, который соединяется с минусом источника постоянного электрического тока.

5.10. Монтаж электроустановки (двигатель-генератор и распределительный щит), в зависимости от ее типа, производится в соответствии с действующими нормативными документами на монтаж и эксплуатацию электроустановок.

5.11. Эксплуатация водопонижающей иглофильтровой установки состоит в непрерывной откачке воды из грунта как до достижения проектируемого понижения уровня грунтовых вод, так и в период производства земляных и строительных работ в котловане.

5.12. В процессе работы иглофильтровой установки следует вести наблюдение за работой насосов, дебитом всей установки и иглофильтров, за показанием вакуумметра, а также за исправностью водоотводящих труб или лотков и выносом частиц грунта. Все данные наблюдений записываются в журнал (приложение 7).

5.13. Обработка электрическим током грунта производится одновременно с работой иглофильтровой установки и продолжается непрерывно как до достижения проектируемого понижения уровня грунтовых вод, так и в период производства земляных и строительных работ в котловане.

5.14. В процессе работы надлежит непрерывно вести наблюдение за работой электроустановки согласно действующим инструкциям, а также за исправностью электрической сети, соединяющей все электроды, и за исправностью электроизмерительных приборов (амперметра, вольтметра). При этом ведется журнал, в котором записываются данные о напряжении, токе и расходе электроэнергии (*приложение 8*).

5.15. Электроды и иглофильтры извлекаются из грунта после окончания работ водопонижающей установки с помощью тали, подвешенной к треноге, кранами или другими подъемными приспособлениями. Для облегчения вытаскивания иглофильтров иногда следует применять размыв грунта струей воды тем же способом, что и при погружении иглофильтров.

Примечания: 1. Срок службы анодов из труб, подвергающихся при электроосушении коррозии при напряжении 40—60 *в*, ориентировочно следует принимать 6 месяцев.

2. Электроды, бывшие в употреблении, могут быть использованы вторично при условии, что нижние их концы (сильно корродированные) должны быть отрезаны, а к верхним — приварены соответствующей длины отрезки труб.

Электрозакрепление

5.16. Основными элементами производства работ по электрозакреплению являются: погружение электродов, монтаж электроустановки и электросети, заливка химических растворов и пропускание электротока. Извлечение электродов и демонтаж оборудования.

5.17. Электроды погружаются в грунт пневматическими молотками или механическими копрами, указанными в подпункте 4.3, б.

При небольшой глубине (1,5—2 *м*) электроды можно забивать кувалдой. Обязательным условием погружения электродов является полное соприкасание их стенок с грунтом.

5.18. Монтаж электрической установки производится, как указано в п. 5.10. Электрический ток включается че-

рез реостат при уменьшенном напряжении, которое затем плавно увеличивается до заданной нагрузки.

5.19. Рабочее напряжение электрической установки по правилам безопасности работ следует устанавливать в пределах 40—60 *в*.

5.20. Монтаж электрической цепи состоит в следующем. Вдоль линий расположения анодных и катодных электродов прокладывается магистральный провод (сечением 20—50 *мм*^{2}) прямо на земле (при изолированных проводах) либо подвешивается на деревянных рогатках (при неизолированных проводах). Электроды соединяются с магистральным проводом при помощи монтажных проводов (сечением 4—7 *мм*^{2}), один конец которых зажимается клеммой электрода, а другой — присоединяется к магистральному проводу. Магистральные провода с подключенными к ним электродами соединяются с соответствующими полюсами источника тока. Правильность подключения электродов проверяется электроизмерительными приборами.

5.21. Заливать химические растворы в грунт следует через анодные электроды лейкой немедленно после их погружения в грунт. Количество химических растворов, заливаемых в грунт, задается проектом ориентировочно, поэтому при производстве работ необходимо следить за постоянством уровня и тщательностью заливки растворов. При поддержании постоянного уровня введение растворов допускается под напряжением, если рабочий одет в резиновые сапоги и резиновые перчатки; при отсутствии защитной одежды на время введения растворов электрический ток выключается. Введение растворов прекращается по истечении $^3/_4$ времени общей продолжительности закрепления.

5.22. Вода, поступающая в катоды, в зависимости от качества и состояния грунтов, удаляется либо самотеком, либо насосами. Откачка воды (с помощью насоса) производится по мере ее накопления, примерно через 3—4 *ч*.

5.23. Температура жидкости в анодах не должна быть выше 40°С, при повышении температуры необходимо понизить напряжение.

5.24. После окончания работ по электрозакреплению грунтов электроды извлекаются из грунта талью или домкратами.

В некоторых случаях при закреплении оползней и

сплывов в целях придания большей устойчивости закрепляемому массиву электроды могут быть оставлены в грунте.

5.25. Скважины после извлечения электродов необходимо затампонировать цементно-песчаным раствором или глиной и плотно утрамбовать штангой или шестом.

5.26. Демонтаж оборудования (электрической установки, электрической сети, насосного оборудования и пр.) производится в соответствии с действующими нормативными документами на соответствующие виды работ.

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. При производстве работ по электроосушению и электрохимическому закреплению следует руководствоваться «Инструкцией по заземлению передвижных строительных механизмов и электрифицированного инструмента» (СН 38-58), в соответствии с которой необходимо заземлить: корпусы электрических машин, трансформаторов; каркас — распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов.

6.2. Особое внимание должно быть обращено на соблюдение правил по электрозащите людей, работающих непосредственно на площадке. Весь обслуживающий персонал должен быть хорошо обучен правилам безопасности, обеспечен комплектом диэлектрической защитной одежды (резиновыми сапогами, резиновыми перчатками, резиновыми ковриками и инструментом с изолированными рукоятками).

Территория площадки должна быть ограждена на расстоянии не менее 50 *см* от электродов и освещена в ночное время. Электросиловые установки должны иметь соответствующее защитное заземление, а рубильники и переключатели на распределительных щитах — защитные кожухи и рукоятки с изоляцией.

6.3. Участок между рядами электродов должен быть очищен от посторонних металлических предметов. Ремонтные работы на площадке могут производиться только после выключения тока. Для прохода и проезда при электроосушении в котлован через линию электродов должны быть устроены деревянные настилы.

6.4. Рабочие при работе с химическими растворами (растворы хлористого кальция и др.) должны быть обес-

печены предохранительными очками и спецодеждой (брезентовый костюм, рукавицы и резиновая обувь).

6.5. При попадании растворов химикатов на тело следует тело промыть холодной водой. При сильном раздражении необходимо немедленно обратиться в медицинский пункт.

7. КОНТРОЛЬ ЗА КАЧЕСТВОМ, ДОКУМЕНТАЦИЯ И СДАЧА РАБОТ

Электроосушение

7.1. Контроль за качеством работ по электроосушению грунта производится путем наблюдения за снижением уровня грунтовой воды в контрольных скважинах.

7.2. Перед началом эксплуатации электроводопонижающей установки составляются следующие документы:

исполнительные планы и разрезы с указанием отметок, на которых установлены фильтровые звенья иглофильтров;

акт, в котором указываются результаты непрерывной 24-часовой откачки воды, произведенной перед началом работ из смонтированной установки, с указанием достигнутого понижения уровня воды по данным контрольных скважин.

7.3. Для контроля за работой ведутся журналы (приложения 5—8), в которых записываются данные о напряжении и токе, расходе воды, показания вакуумметра на всасывающем патрубке насоса и уровень воды в контрольных скважинах.

7.4. По окончании работ по электроосушению грунтов составляется технический акт, к которому прилагаются следующие материалы: технический проект на электроосушение грунтов объекта; журналы погружения иглофильтров (катодов) (приложение 5) и анодов (приложение 6); эксплуатации иглофильтровой установки, эксплуатации электроустановки.

Электрозакрепление

7.5. Контроль за качеством работ по электрозакреплению производится путем проверки химических растворов, вводимых в грунт, наблюдений за электрическими показателями и определением свойств закрепленного грунта.

7.6. Качество закрепленного грунта (уплотнение, прочность, водоустойчивость, монолитность закрепленного массива) в зависимости от его назначения проверяется:

а) бурением контрольных скважин с отбором образцов грунта;

б) вскрытием шурфов с отбором образцов грунта;

в) наблюдениями за осадкой, подвижкой или пучением грунта, а в случае закрепления оснований существующих сооружений, за осадкой их фундаментов.

7.7. Количество и расположение контрольных выработок на площадке и их глубина устанавливаются проектной организацией, исходя из необходимости проверки монолитности закрепления и оценки свойств закрепленного грунта по всему массиву.

7.8. К контрольному бурению и вскрытию шурфов приступают не менее чем через 7 суток после окончания работ по электрохимическому закреплению грунтов.

7.9. Контрольное бурение производится колонковым способом при медленном вращении инструмента. Диаметр скважин должен быть не менее 89 *мм*. При бурении производится тщательное описание извлекаемых образцов грунта; через каждые 0,75—1 *м* по глубине отбирают крены закрепленного грунта для последующего испытания на прочность и водоустойчивость.

7.10. Качество работ по закреплению оснований существующих сооружений оценивается по материалам наблюдений за осадкой фундаментов.

7.11. Грунт считается незакрепленным, если его прочность составляет менее 90% установленной проектом и при испытании в воде размокает или набухает.

7.12. При сдаче работ по электрохимическому закреплению грунтов должны составляться следующие журналы: производства работ (приложение 9); анализа химических материалов; наблюдений за электрическими показателями; журналы и акты контрольных испытаний образцов закрепленного грунта; нивелировки и наблюдений за осадкой фундаментов и перемещений грунта в плане; журнал и план расположения контрольных скважин.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Полевой метод определения удельного электрического сопротивления грунта

В основе данного метода лежит измерение сопротивления грунта в радиальном поле высокочастотного переменного тока, создаваемого между двумя заглубленными цилиндрическими электродами, именуемыми пáрами, в количестве от 2 до 5, размещаемыми в различных грунтах на глубину не менее 1 *м* ниже уровня грунтовых вод

В качестве измерительных электродов используют 1,5-дюймовые газовые трубы

Комплект одного электрода состоит из нескольких звеньев труб и соответствующего количества соединительных муфт. Верхние звенья комплектов предварительно оборудуют клеммами. Общая длина измерительного электрода должна соответствовать глубине завесы. Погружение электродов производят подмывом или задавливанием на расстоянии 1—2 *м* один от другого.

Для измерения сопротивления грунта можно использовать существующие разведочные скважины, пьезометры и т. п.

Сопротивление электродной пары измеряется измерителем сопротивления заземления МС-08 или подобными измерителями других марок, например МС-07.

Измерение производят с 5—6-кратной повторностью; в качестве расчетной величины принимают среднеарифметическую.

Удельнсе электрическое сопротивление грунтов вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{R\pi h}{\ln \frac{a}{r}} \; ом \cdot см,$$

где R — измеренная величина сопротивления электродной пары в *ом*,

h — усредненная глубина электрода в *см*;

a — расстояние между электродами в *см;*

r — радиус скважины в *см.*

Определяемая таким образом величина удельного сопротивления является средней на участке измерения.

Среднеарифметическая величина измерений на всех участках площадки дает среднюю величину во всем массиве, которая и используется в расчетах.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Лабораторный метод определения удельного электрического сопротивления грунта

Для этой цели рекомендуется применять метод, основанный на измерении электрического сопротивления грунта на образцах посредством мостика для измерения сопротивлений проводников ионной проводимости и простого прибора. Этот прибор работает в комплекте с измерительным мостиком заводского изготовления и представляет собой прямоугольную ванночку, сделанную из диэлектрика, в которой два противоположных торца представляют собой плоские электроды, выполненные из латуни или из нержавеющей стали Размеры ванночки могут быть любые, но не менее 2×2×2 *см*

Грунт, подлежащий измерению, помещается в ванночку при естественной влажности, уплотняется, затем стеклом выравнивается его поверхность. После чего ванночка включается в мостик и замеряется сопротивление грунта.

Измерение электрического сопротивления образца в приборе осуществляют при 3—4-кратной повторяемости, руководствуясь прилагаемой к измерительным мостикам инструкцией. Величину удельного сопротивления грунта вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{RF}{l} \text{ ом-см.}$$

где R — измеренное на мостике сопротивление образца в *ом*;

F — площадь поперечного сечения плоскости электрода в *см*^{2};

l — расстояние между электродами в *см*.

Из определенных величин удельного сопротивления вычисляют средние арифметические.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Определение оптимальных условий электрохимического закрепления грунта в лабораторных условиях

Грунт, доставленный с площадки, загружается в состоянии соответствующей влажности в линейный лоток, изготовленный из электроизоляционного материала. Размеры лотка в *см*: длина 50, ширина 5, глубина 12. Уровень грунта на 2 *см* ниже верхнего края лотка, выше грунта пространство заливается водой. Электроды пластинчатые; анод и катод размером 5×12 *см* ставятся по краям лотка. Оптимальные дозировки тока подбираются путем пропускания постоянного электрического тока различной плотности от 1 до 3 *ма/см*^{2}.

Продолжительность эксперимента вычисляется из заданных расходов электроэнергии в пределах от 30 до 55 *квт ч/м*^{3}. В каждом отдельном случае определяются результаты электрообработки грунта В этих целях периодически определяется прочность закрепления путем пенетрации образца грунта по всей длине лотка от анода к катоду примерно через 5 *см*. В качестве пенетрометра может быть использован прибор Вика, в котором площадь иглы должна быть равна 16 *мм*^{2}, что при весе иглы 320 *г* составит нагрузку на опорную площадь 2 *кГ/см*^{2}. Поэтому во всех тех случаях, когда игла, не погружаясь, остается на поверхности грунта, можно считать, что временное сопротивление на сжатие грунта превосходит 2 *кГ/см*^{2}. В результате ряда определений чертится эпюра погружения пенетрометра, по которой устанавливаются оптимальные условия обработки грунта электротоком. Для оптимальных условий опыт с током повторяется при добавке электролита (хлористого кальция 4—8%) в анодную зону. После окончания закрепления грунт отбирается для определения влажности, водоустойчивости и сопротивления сдвигу. Пробы грунта берутся по всей длине лотка примерно через 5 *см*.

Влажность и водоустойчивость после закрепления грунта определяются обычными методами. Определение сопротивления сдвигу исходного и закрепленного грунта производится на срезном приборе. Перед срезом образцы подвергаются уплотнению до полной консолидации под нормальными нагрузками, при которых затем выполняется сдвиг. Уплотнение и сдвиг образцов производится под водой.

Ж у р н а л

лабораторного опыта

Опыт № _____

Наименование грунта_____

Влажность грунта до опыта_____%

Расстояние между электродами_____*см*

Дата	Время наблюдения в *ч—мин*	Разность потенциалов в *в*	Сила тока в *а*	Количество прошедшего электричества в *а·ч*	Расход электроэнергии в *квт·ч*	Примечание

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Перечень оборудования для электроосушения и электрохимического закрепления грунта

Оборудование для электроосушения на 100 *м* электрозавесы

Водопонизительная установка ЛИУ-6	1 шт.
Иглофильтры диаметром 50 *см*	83 »
Шарнирное соединение диаметром 38 *мм*	83 »
Водосборный коллектор диаметром 150 *мм*	150 *м*
Задвижка Лудло диаметром 150 *мм*	1 шт.
Надфильтровые стальные трубы длиной 6 *м*, диаметром 38 *мм*	83 »
Анодные трубы длиной 7 *м*, диаметром 38 *мм*	82 »
Электропровод ПРГД-50 *мм*^{2}	50 *м*
Арматурная сталь диаметром 10—12 *мм*	100 *кг*
Генераторы постоянного тока или выпрямители, обеспечивающие силу тока до 200 *а* при напряжении до 60 *в*	—
Амперметр постоянного тока до 1000 *а*	1 шт
Вольтметр постоянного тока до 100 *в*	1 »
Щит управления, оборудованный рубильниками и предохранителями	1 »
Спецодежда. резиновые сапоги или галоши, резиновые перчатки	2 компл.
Шанцевый, слесарный и монтажный инструмент	количество принимается по проекту
Водогрейный куб для приготовления растворов	1 шт.
Металлические и пластмассовые баки для приготовления растворов	количество принимается по проекту

Насосы для откачки воды из катодов. ручной ТН-200 или вихревой В-09	то же
Резиновые шланги диаметром от 15 до 50 *мм* для подачи растворов, откачки и отвода грунтовой воды	»
Спецодежда: брезентовые куртки, резиновые сапоги, резиновые перчатки, защитные очки .	3 компл.
Измерительная аппаратура для контроля растворов: расходомеры, термометры, ареометры, манометры и т д.	количество принимается по проекту
Шанцевый, слесарный и монтажный инструмент .	то же

Оборудование и материалы (количество принимается по проекту) для электрохимического закрепления грунта

Трехфазный двигатель-генератор [1] серий ПН-68, ПН-85, ПН-100, ПН-145, ПН-205.

Силовые кремневые вентили [1] серий ВК-100, ВК-200, ВКВ-350, ВКВ-500, ВК2-100, ВК2-200, ВК2В-350, ВК2В-500.

Автономные дизель-электрические агрегаты [1] серий АД-10-П/115 и АД-5-П/115.

Сварные агрегаты типа САК.

Электроды — стальные перфорированные трубы (толщина стенок 4 *мм*) или стальные стержни диаметром 30—40 *мм* (если откачка воды не предусмотрена).

Амперметр постоянного тока до 1000 *а*.

Вольтметр постоянного тока до 300 *в*.

Щит управления, оборудованный рубильником и предохранителями.

Кабели и изолированные провода (сечением от 4 до 50 *мм*^{2}) ПРГД-50 *мм*^{2}, ПРГД-25 *мм*^{2}, ПР-5 *мм*^{2}.

Отбойные молоты С-358, бетоноломы и перфораторы для погружения электродов.

Компрессор ЗИФ-К5 для питания пневматических инструментов.

Винтовые домкраты, тали и краны для извлечения электродов.

Основные технические данные установки ЛИУ-6

Подача воды в *м*^{3}/*ч*	Напор в *м вод. ст.*	Допустимая высота всасывания в *м вод. ст.*	Мощность электродвигателя в *квт*	Число оборотов в *мин*	Вес насосного агрегата в *кг*
120	35	8	20	1440	1190

[1] Дают ток от 40 до 500 *а* при разности потенциалов от 60 до 150 *в*.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Ж у р н а л

погружения иглофильтров (катодов)

Длина напорной линии от места установки манометра в *м*	Внутренний диаметр напорных шлангов или труб в *мм*	Количество и внутренний диаметр соединений патрубков	Давление по манометру при погружении в *атм*	Показание вакуумметра на всасывающем патрубке насоса в *мм*
20	50	4 соединения патрубка; $d = 37$ *мм*	5	460

Продолжение приложения 5

Расход воды при погружении в *л/сек*	Время погружения 1 иглофильтра в *мин*	Размер зерен обсыпки в *мм*	Объем засыпки на 1 иглофильтр в $м^3$	Тип и характеристика насоса для погружения
12	3	3—5	0,12	Вихревой самовсасывающий насос

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Ж у р н а л

погружения анодов

№ п.п.	Дата	Номера анодов	Длина в *м*	Диаметр в *мм*	Количество обсыпки в *л*	Примечание
1	23/X 1953г.	1—10	7	38	8	

Начальник участка _____
подпись

Производитель работ _____
подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Ж у р н а л

эксплуатации иглофильтровой установки

Дата	Время наблюдения в *ч—мин*	Расход воды, откачиваемой насосом, в *л/сек*	Уровень воды в *м*				Показание вакуумметра на всасывающем патрубке насоса в *мм рт. ст.*	Примечание
			контрольный иглофильтр		скважина № 1			
			глубина	отметка уровня воды	глубина	отметка уровня воды		
29/X 1953 г.	8—30	0,6	6,00	1,58	6,80	1,62	540	

Начальник участка _____
подпись

Производитель работ _____
подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Ж у р н а л

эксплуатации электрической установки

Дата	Время в *ч—мин*		Сила тока в *а*	Напряжение в *в*	Время простоя в *ч—мин*	Подпись мотористa
	наблюдения	работы установки				
25/X 1953 г.	9—20	1—45	150	40		

Начальник участка _____
подпись

Производитель работ _____
подпись

Исполнитель _____
подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Журнал

электрохимического закрепления грунта

Номера электродов		Заливка раствора				Пропускание тока			Примечание
катодов	анодов	время наблюдения в *ч—мин*	удельный вес в *г/см*	температура в °С	количество в *л*	напряжение в *в*	сила тока в *а*	расход электроэнергии по счетчикам в *квт·ч*	

Начальник участка _____
подпись

Производитель работ _____
подпись

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие положения	5
2. Требования к изысканиям	6
3. Состав проекта и указания по проектированию	7
Электроосушение	7
Электрозакрепление	13
4. Оборудование	18
5. Производство работ	19
Электроосушение	19
Электрозакрепление	21
6. Техника безопасности	23
7. Контроль за качеством, документация и сдача работ	24
Электроосушение	24
Электрозакрепление	24
Приложение 1. Полевой метод определения удельного электрического сопротивления грунта	26
Приложение 2. Лабораторный метод определения удельного электрического сопротивления грунта	26
Приложение 3. Определение оптимальных условий электрохимического закрепления грунта в лабораторных условиях	27
Приложение 4. Перечень оборудования для электроосушения и электрохимического закрепления грунта	28
Приложение 5. Журнал погружения иглофильтров (катодов)	30
Приложение 6. Журнал погружения анодов	30
Приложение 7. Журнал эксплуатации иглофильтровой установки	31
Приложение 8. Журнал эксплуатации электрической установки	31
Приложение 9. Журнал электрохимического закрепления грунта	32

gost.e-ecolog.ru