ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ОРГАНИЗАЦИИ, МЕХАНИЗАЦИИ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ
СТРОИТЕЛЬСТВУ ГОССТРОЯ СССР
ЦНИИОМТП

РУКОВОДСТВО

ПО ГЕОТЕХНИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

МОСКВА 1974

gost.e-ecolog.ru

УДК 624.13 : 65.012.2

Руководство по геотехническому контролю при производстве земляных работ. М., Стройиздат, 1974, 80 с. (Центр. науч.-исслед. и проектно-эксперимент. ин-т организации, механизации и техн. помощи стр-ву Госстроя СССР).

В Руководстве излагается порядок организации и проведения геотехнического контроля в возводимом насыпном или намывном земляном сооружении. Освещаются вопросы организации и оснащения лабораторий строительных организаций, ведущих контроль за качеством работ при возведении земляных сооружений в летних и зимних условиях. Даются указания по отбору проб и лабораторному определению характеристик грунтов.

Руководство рассчитано на работников лабораторий и инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и производством земляных работ и геотехническим контролем.

© Стройиздат, 1974

Р $\frac{30213-414}{047(01)-74}$ Инструкт.-нормат., II вып. — 20-73

ЦНИИОМТП
Руководство по геотехническому контролю при производстве земляных работ

* * *

Редактор издательства Л. Г. Бальян
Технический редактор В. Д. Павлова
Корректор В. С. Якунина

Сдано в набор 2/I 1974 г. Подписано к печати 19/III 1974 г.
Т-04744 Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 3.
4,2 усл. печ. л. (уч.-изд. 5,85 л.)
Тираж 23.000 экз. Изд. № XII-4601 Зак. № 13 Цена 30 к.

Стройиздат
103777, Москва, Кузнецкий мост, д. 9

Подольская типография Союзполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Подольск, ул. Кирова, д. 25.

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Руководство по геотехническому контролю при производстве земляных работ» разработано в развитие СНиП II-Б.1-71 «Земляные сооружения. Общие правила производства и приемки работ», инструкций и технических условий по возведению земляных сооружений, уплотнению грунтов в насыпных земляных сооружениях, поверхностному уплотнению грунтов оснований тяжелыми трамбовками и глубинному уплотнению просадочных грунтов оснований грунтовыми сваями.

Учтен многолетний опыт производства земляных работ специализированных трестов: Укргидроспецфундаментстроя, Донбассканалстроя, Донбассэкскавации.

Вопросы совершенствования методов уплотнения грунтов имеют большое значение. Правильное применение технологии производства грунтоуплотнительных работ со своевременно организованным контролем за качеством их выполнения необходимо и при разработке проектной документации, и в процессе производства земляных работ. Поэтому при возведении земляных сооружений необходимо производить систематическую и очень тщательную проверку характеристик грунтов.

Ввиду особых условий строительства насыпных и намывных плотин энергетического строительства, а также плотин, сооружаемых по индивидуальным проектам (внеклассные), настоящее Руководство не рассматривает методы геотехнического контроля за качеством выполнения работ и уплотнения грунта в этих сооружениях, контроль при возведении которых осуществляется по отдельным разработанным техническим указаниям, входящим в состав проекта сооружения.

Руководство составлено отделом организации, технологии и механизации земляных работ ЦНИИОМТП Госстроя СССР (инженеры Л. Н. ГОРЕЛОВ, Л. Ф. ЛУКЬЯНЕНКО и В. Ф. ЛЕЩИЛОВСКИЙ) совместно с трестом Укргидроспецфундаментстрой Укрглавспецстроя Министерства монтажных и специальных строительных работ УССР (инженеры *А. П. ДЕГТЯРЕВ, Г. Д. ДАВЫДОВ, Э. С. ШЛЯХОВА, И. С. ЧУМАКОВ* и *В. В. МИНИЧЕВ*).

Замечания и предложения по Руководству просьба направлять по адресу: *Москва. И-434, Дмитровское шоссе, д. 9, ЦНИИОМТП.*

1(0,5) Зак. 13

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство рассматривает вопросы геотехнического контроля качества земляных работ при возведении насыпных или намывных земляных сооружений (исключая плотины энергетического строительства и плотины, сооружаемые по индивидуальным проектам, — внеклассные), поверхностном и глубинном уплотнении грунтов оснований, а также при производстве других видов земляных работ (обратные засыпки пазух, котлованов, траншей и т. п.).

1.2. Геотехнический контроль включает:

а) контроль качества грунта оснований и грунта, уложенного в земляное сооружение;

б) контроль за разработкой, укладкой и уплотнением грунтов и устранением их просадочных свойств;

в) обследование дополнительных или уточнение ранее обследованных резервов, выемок и карьеров;

г) отбор образцов и проб грунта;

д) проведение лабораторных испытаний и анализов грунта, а при необходимости — и грунтовой воды;

е) ведение отчетности.

1.3. Геотехнический контроль выполняется в соответствии с требованиями проекта, действующих Строительных норм и правил,

Таблица 1

Основные физико-механические характеристики грунтов, необходимые для оценки их строительных свойств

Основные характеристики	Грунты		
	крупнообломочные	песчаные	глинистые
Плотность (объемная масса скелета)	+	+	+
Пластичность	—	—	+
Зерновой состав . . .	+	+	+
Содержание водорастворимых солей	+	+	+
Содержание органических веществ	+	+	+
Минералогический состав	+	+	+
Естественная влажность	—	+	+
Коэффициент фильтрации	+	+	+
Показатели сдвига . .	+	+	+
Компрессионные свойства	+	+	+

Примечания: 1. В таблице знак «плюс» обозначает необходимость иметь соответствующую характеристику, знак «минус»— характеристика не требуется.

2. Крупнообломочные грунты — несцементированные грунты, содержащие более 50% по массе частиц размером более 2 мм.

3. Объемная масса крупнообломочных и песчаных грунтов определяется при рыхлом и плотном состоянии, а также в естественном залегании.

инструкций, технических указаний и условий и государственных стандартов.

Примечание. Перечень нормативных документов по определению физико-механических свойств грунтов приведен в прил. 1.

1.4. Геотехнический контроль организуется строительной организацией к началу земляных работ и выполняется на протяжении всего периода производства работ.

В исключительных случаях геотехнический контроль может выполняться сторонними организациями на договорных началах.

1.5. Осуществление геотехнического контроля контрольными постами и лабораториями не снимает ответственности с производственно-технического персонала строительных организаций за качество выполняемых работ и применяемых материалов.

1.6. Оценка строительных свойств грунтов производится по их физико-механическим характеристикам, перечень которых приведен в табл. 1.

1.7. Требуемая объемная масса скелета грунта или коэффициент уплотнения назначается проектом на основании исследований грунта методом стандартного уплотнения, при котором устанавливаются его максимальная объемная масса скелета грунта и оптимальная влажность (прил. 3.1).

1.8. К числу основных факторов, влияющих на степень уплотнения грунта, относятся: вид уплотняемого грунта, влажность, толщина отсыпаемого слоя, способ уплотнения, тип грунтоуплотняющих средств и удельная нагрузка, передаваемая на грунт.

1.9. Уплотнять связные грунты (суглинистые и глинистые) рекомендуется при оптимальной влажности или в пределах 0,9—1,1 W_o, а малосвязные и несвязные грунты (супеси и пески) при 0,8—1,2 W_o.

При естественной влажности укладываемых грунтов менее нижнего предела оптимальной влажности уплотнение грунта следует выполнять при меньшей толщине уплотняемого слоя или уплотнять грунт машинами более тяжелого типа. Уплотнение грунтов с влажностью более верхнего предела не допускается ввиду невозможности их уплотнения до требуемой плотности.

Для однородных песков наименьшее значение оптимальной влажности составляет 6—8%.

1.10. При недостаточной влажности связные грунты увлажняются, как правило, в местах разработки (в карьере, выемке, резерве), а несвязные и малосвязные грунты допускается увлажнять в отсыпаемом слое.

При избыточной влажности грунта следует производить его подсушивание рыхлением или боронованием.

Количество воды Q в т, необходимое для замачивания 1 м³ грунта в резерве, выемке и карьере, следует определять по формуле

$$Q = \gamma_{ск} (W_o - W_к + W_п), \qquad (1)$$

где $\gamma_{ск}$ — объемная масса скелета грунта в карьере в т/м³;

W_o — оптимальная влажность (в отвлеченном выражении);

$W_к$ — влажность грунта в карьере (в отвлеченном выражении);

$W_п$ — потери влаги при разработке, транспортировании и укладке грунта (в отвлеченном выражении).

1.11. Степень пригодности грунтов для возведения земляных сооружений, а также при устройстве подсыпок под полы, обратных засыпок котлованов и траншей должна определяться проектом сооружения и соответствующими главами II части СНиП.

1.12. Если при возведении земляных сооружений с нормируемой объемной массой скелета грунта используются грунты, содержащие валуны, ориентировочно можно считать, что наибольшие размеры камня не должны превышать половины толщины уплотняемого слоя грунта. Количество каменистых включений в гидротехнических сооружениях не должно превышать 20% общего объема грунта в каждом слое и располагаться в нем равномерно без образования скоплений в виде гнезд и цепочек.

Более крупные камни, а также излишнее их количество подлежат удалению.

1.13. Послойное уплотнение грунта производится после его укладки и разравнивания, которое должно выполняться непосредственно перед уплотнением, а в случае увлажнения грунта в самом сооружении — после увлажнения и необходимого времени выстаивания.

1.14. Грунт последующего слоя можно укладывать только после уплотнения нижележащего слоя до установленных норм и его подготовки.

Гладкая поверхность уплотненного слоя насыпи или основания из связных грунтов перед укладкой последующего слоя должна быть разрыхлена боронованием.

Поверхность основания или предыдущего слоя, уплотненного кулачковыми или пневмоколесными катками, перед отсыпкой последующего слоя может не рыхлиться.

1.15. При возведении плотин из связного грунта с наличием в нем значительного количества крупных комьев последние надлежит размельчать боронованием.

1.16. При сооружении плотин из твердых плотных глинистых пород должны быть соблюдены следующие условия:

а) возведение плотин должно выполняться по специальным техническим условиям;

б) твердые глины в виде прочных комьев и глыб различной величины отсыпаются слоями 1—3 м;

в) комья в предварительно отсыпанном и увлажненном слое сплачиваются тремя-четырьмя проходами легкого гладкого катка или гусеничного трактора.

1.17. При возведении плотин смешанного типа, состоящих из нескольких зон, отсыпаемых из различных грунтов, необходимо применять переносные ограничительные знаки и принимать меры к недопущению попадания грунта из одной зоны в другую.

1.18. Фактический объем $V_ф$ выполненных земляных работ с искусственным уплотнением определяют по объемной массе скелета грунтов в резервах, выемках, карьерах и возведенных насыпях как произведение профильного объема грунта в насыпи $V_{проф}$ на коэффициент относительного уплотнения K_1:

$$V_ф = V_{проф} K_1. \qquad (2)$$

1.19. Коэффициент относительного уплотнения грунта вычисляется по формуле

$$K_1 = \frac{\gamma_{ск.\,нас}}{\gamma_{ск.\,рез}}, \qquad (3)$$

где $\gamma_{ск.нас}$ — средняя фактическая объемная масса скелета грунта в насыпи в кг/м^3;

$\gamma_{ск.рез}$ — средняя объемная масса скелета грунта в резерве, выемке, карьере в естественном состоянии в кг/м³.

1.20. Средняя объемная масса скелета грунта насыпи определяется по формуле

$$\gamma_{ск.\,нас} = \frac{\Sigma\,\gamma_{ск.факт}}{n}, \qquad (4)$$

где $\gamma_{ск.факт}$ — фактическая объемная масса скелета грунта на отдельных участках насыпи в кг/м³;

n — число проб.

1.21. При разработке в карьерах, выемках и резервах одновременно нескольких слоев разновидностей грунта среднее значение объемной массы скелета грунта определяется по формуле

$$\gamma_{ск.рез\,(ср)} = \frac{\gamma_{ск\,(1)}\,h_1 + \gamma_{ск\,(2)}\,h_2 + \ldots + \gamma_{ск\,(n)}\,h_n}{h_1 + h_2 + \ldots + h_n}, \qquad (5)$$

где $\gamma_{ск.(1)}, \ldots, \gamma_{ск(n)}$ — объемные массы скелета по отдельным слоям грунта в кг/м³;

$h_1, \ldots, h_n$ — толщина соответствующих слоев в см.

1.22. Грунтоуплотнительные работы, связанные со строительством автомобильных и железных дорог, гидротехнических и мелиоративных сооружений, должны выполняться с дополнительным соблюдением правил, изложенных в соответствующих главах СНиП.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

2.1. Геотехнический контроль при строительстве земляных сооружений осуществляется контрольными постами, полевыми лабораториями и грунтовой лабораторией.

2.2. Контрольные посты подчиняются полевым лабораториям при наличии таковых на строительстве, а при отсутствии — непосредственно грунтовой лаборатории, которой подчиняются также и полевые лаборатории.

2.3. Грунтовая лаборатория организовывается в составе строительной или центральной лаборатории, а также может являться самостоятельным звеном в структуре строительной организации с подчинением главному инженеру этой организации.

2.4. На объектах строительства с суточным объемом менее 3500 м³ укладки грунта в земляные сооружения функции текущего контроля осуществляются контрольными постами, организуемыми на месте производства работ, а при суточном объеме более 3500 м³ — полевыми лабораториями, обслуживающими один или несколько (3—5) объектов строительства.

Полевая лаборатория обслуживает суточный объем укладки грунта не более 20 тыс. м³.

При суточном объеме укладки грунта более 20 тыс. м³ потребность в контрольных постах и полевых лабораториях определяется исходя из объема укладки грунта, условий производства работ и объема геотехнического контроля.

2.5. Штат контрольного поста при двухсменной работе определяется следующим количеством работников (ориентировочно):

а) руководитель контрольного поста (инженер или техник-строитель, специалисты по геотехническим исследованиям) — 1;

б) ст. техники — 2;
в) ст. лаборанты — 2;
г) лаборанты (определяются по объему укладки грунта).

Количество лаборантов определяется из расчета один лаборант на объем 1000—2000 м³ укладываемого сухим способом грунта в смену, при контроле за намывными сооружениями — один лаборант на объем 2000—4000 м³ грунта в смену.

При выполнении работ в нескольких пунктах возможно увеличение количества лаборантов исходя из конкретных условий производства земляных работ и объема геотехнического контроля.

2.6. Штат полевой лаборатории при двухсменной работе определяется из расчета объема укладываемого грунта в сооружение, его протяженности и отдаленности лаборатории от места отбора проб и состоит (ориентировочно) из:

а) начальника лаборатории (инженер-строитель) — 1;
б) ст. техника — 2;
в) ст. лаборанта — 2—3;
г) лаборанты (количество определяется по объему укладки грунта в соответствии с п. 2.5.).

2.7. Штат грунтовой лаборатории определяется ориентировочно количеством 8—15 чел. в зависимости от объема выполняемых земляных работ, их специализации, периода, условий производства работ и объема исследований физико-механических свойств грунта.

2.8. Штаты контрольных постов, полевых и грунтовых лабораторий разрабатываются строительной организацией в соответствии с пп. 2.4—2.7 и утверждаются в установленном порядке.

2.9. В зависимости от условий строительства и объема выполняемых лабораторных работ контрольный пост может быть размещен в передвижных вагончиках или специально оборудованных помещениях.

Полевая и грунтовая лаборатории обеспечиваются помещениями в соответствии с их производственной деятельностью и характером выполняемых работ, помещением для хранения геодезического, бурового и прочего инструмента и подземным помещением для хранения образцов грунта.

2.10. Производственные помещения лабораторий и контрольных постов должны быть оборудованы лабораторными и письменными столами, шкафами, стеллажами, полками и обеспечены электроэнергией, водой, телефоном, а при расположении объектов строительства на значительном расстоянии от контрольных постов или полевых лабораторий — транспортными средствами.

3. СОСТАВ РАБОТ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ КОНТРОЛЬНЫМИ ПОСТАМИ И ЛАБОРАТОРИЯМИ

3.1. Контрольный пост и полевая лаборатория на строительстве земляных сооружений выполняют следующее:

а) в течение смены следят за:

соответствием состава грунта и правильностью его разработки в карьере, выемке и резерве принятому в проекте;

толщиной уплотняемого слоя;

соответствием технологии работ по укладке и уплотнению грунта, установленной проектом;

отсутствием в отсыпаемом слое растительных грунтов, корней, торфа, а также количеством гумусированных грунтов;

числом проходов (ударов) грунтоуплотняющей машины по одному следу;

б) проверяют:

тщательность очистки поверхности основания сооружения от растительного слоя;

удаление из основания сооружения линз и прослоек сильно засоленных грунтов, илистых отложений и т. п.;

подготовку поверхности ранее уплотненного слоя для отсыпки на него последующего слоя;

влажность грунта в слое перед уплотнением;

полученные значения объемных масс скелетов грунтов, которые сопоставляют с требуемыми по проекту или указаниями, инструкциями и техническими условиями;

в) определяют:

объемную массу скелета и влажность в каждом слое грунта в процессе его уплотнения;

на участке опытного уплотнения грунта рациональный режим работы имеющихся грунтоуплотняющих средств, оптимальную толщину слоя уплотняемого грунта и необходимую оптимальную влажность;

г) выполняют:

своевременный отбор проб и образцов грунта из основания, тела возводимого сооружения и карьеров;

лабораторные испытания и анализы грунта, а при необходимости и грунтовой воды. В случае невозможности осуществления некоторых испытаний собственными силами направляют пробы и образцы в грунтовую лабораторию или в лаборатории других организаций;

подготовку материалов отчетности и оформление документации по итогам выполненных лабораторных работ;

д) доводят до сведения технического персонала данного объекта о полученных результатах лабораторных испытаний и контрольных измерений, а также факты несоответствия проекту, технологии производства работ;

е) принимают участие в комиссиях по освидетельствованию скрытых работ и промежуточной приемке законченных конструктивных элементов и частей земляного сооружения;

ж) представляют в установленном порядке по установленной форме отчеты по качеству контролируемых работ и участию в комиссиях.

3.2. Грунтовая лаборатория на строительстве земляных сооружений выполняет следующее:

а) осуществляет:

методическое и общее руководство подведомственных контрольных постов и полевых лабораторий и систематический контроль за их деятельностью;

учет, систематические проверки исправности измерительных приборов и оборудования собственными средствами и средствами других организаций, контроль за их содержанием и хранением;

подготовку лаборантов через учебный пункт (комбинат) строительства или профессионально-технические училища;

по согласованию с руководством строительства приглашение

высококвалифицированных специалистов или привлекает компетентные организации для решения сложных вопросов и консультаций;

б) обеспечивает контрольные посты и полевые лаборатории необходимым лабораторным оборудованием, инвентарем и материалами;

в) проводит:

инструктаж работников контрольных постов и полевых лабораторий;

выборочный контроль за объемной массой скелета грунта в основании, в возводимом и возведенном земляном сооружении, а при необходимости и в местах разработки грунта;

обследование возводимых или возведенных земляных сооружений и подготовку необходимых заключений;

семинары и совещания по качеству выполняемых земляных работ, геотехническому контролю и внедрению передового опыта по указанным вопросам;

г) принимает участие по поручению руководства строительной организации:

в проведении контрольными постами и полевыми лабораториями опытного уплотнения грунта;

в комиссиях по актированию скрытых работ и промежуточной приемке законченных конструктивных элементов и частей земляного сооружения;

в комиссиях по выявлению причин некачественного выполнения земляных работ и происшедших аварий земляных сооружений в период строительства;

в рабочей комиссии по сдаче земляного сооружения в эксплуатацию;

д) составляет в установленном порядке по установленной форме отчеты о качестве выполняемых земляных работ и о результатах геотехнического контроля на строительстве.

В случаях, когда на грунтовую лабораторию дополнительно возлагаются функции полевой лаборатории или контрольного поста, грунтовая лаборатория также выполняет работы, предусмотренные п. 3.1.

3.3. Методы отбора проб, упаковки, хранения, транспортировки образцов, полевых испытаний и лабораторных определений физико-механических свойств грунтов выполняются в соответствии с ГОСТами (прил. 1) и лабораторными определениями, приведенными в прил. 3.

4. СПОСОБЫ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

4.1. Механизированное уплотнение грунтов осуществляется укаткой, трамбованием, вибрированием и гидровиброуплотнением, а также комбинированным способом, предусматривающим возможность сочетания различных уплотняющих механических воздействий на грунт или совмещение уплотнения грунта с другими процессами, выполняемыми при производстве земляных работ.

4.2. Для уплотнения грунтов при строительстве земляных сооружений или при обратной засыпке котлованов, траншей и других сооружений применяются следующие типы машин: катки кулачковые, решетчатые, на пневматических шинах и вибрационные, а также машины трамбующие и виброуплотняющие, установки гидровиброуплотнения и трамбовки.

4.3. Послойное уплотнение грунта ходовыми частями пневмоколесных землеройно-транспортных машин и транспортных средств при возможности обеспечения соответствующей организации работ может выполняться как основное средство уплотнения грунта.

Уплотнение грунта гусеничными машинами не обеспечивает установленных норм объемной массы скелета грунта, поэтому их нельзя применять в качестве уплотняющих средств.

5. ОПЫТНОЕ УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ

5.1. Перед началом производства уплотнения грунта надлежит обязательно производить опытное уплотнение в производственных условиях с применением выбранных грунтоуплотняющих машин для уточнения:

а) толщины уплотняемого слоя;

б) количества проходов (ударов) уплотняющих средств по одному следу;

в) оптимальной влажности грунта.

5.2. Опытное уплотнение грунта должно производиться для каждого вида грунта, используемого в сооружении, и для каждого типа применяемых грунтоуплотняющих средств.

Опытное уплотнение грунта производят на площадке, выбранной в стороне от возводимого земляного сооружения или на участке насыпи.

5.3. Основание опытной площадки должно быть спланировано и уплотнено до объемной массы скелета грунта не ниже принятой в проекте сооружения. Отсыпаемый грунт до начала опытного уплотнения должен быть в рыхлом спланированном состоянии и одинаковой толщины.

5.4. Перед началом опытного уплотнения производится пробное уплотнение грунта методом стандартного уплотнения и построение кривой зависимости объемной массы скелета грунта от влажности (прил. 3.1.). Полученные значения влажности принимаются за исходные при опытном уплотнении. Толщина уплотняемых слоев, количество проходов (ударов) уплотняющих средств и оптимальная влажность определяются на опытном участке.

5.5. В тех случаях когда невозможно выполнить стандартное уплотнение, в качестве первого приближения значение влажности на опытном участке принимается: для связных грунтов — влажность, соответствующая границе раскатывания, для несвязных — влажность, соответствующая 6—8%.

5.6. Оптимальная влажность определяется опытной укаткой при следующих значениях промежуточной влажности:

а) в связных грунтах

$$W_1 = W_p - 4\%; \quad W_2 = W_p - 2\%; \quad W_3 = W_p; \quad W_4 = W_p + 2\%, \qquad (6)$$

где W_p — влажность, соответствующая границе раскатывания;

б) в несвязных грунтах

$$W_1 = W - 2\%; \quad W_2 = W - 1\%; \quad W_3 = W; \quad W_4 = W + 1\%, \qquad (7)$$

где W — влажность, соответствующая 6—8%.

5.7. Размеры опытной площадки (рис. 1) рекомендуются следующие: ширина 12—15 м, разделенная на три ряда с различной толщиной слоя (h_1, h_2 и h_3); длина 40 м, разбиваемая на секции по

10 м. Каждой секции придается различная влажность грунта (W_1, W_2, W_3, W_4), принимаемая по п. 5.6.

5.8. Толщину уплотняемого слоя грунта в рыхлом состоянии при проведении опытного уплотнения для применяемого типа грунтоуплотняющих средств рекомендуется назначать по табл. 2.

5.9. Укатка грунта при принятых значениях влажности (п. 5.6) производится одновременно на всех секциях опытной площадки.

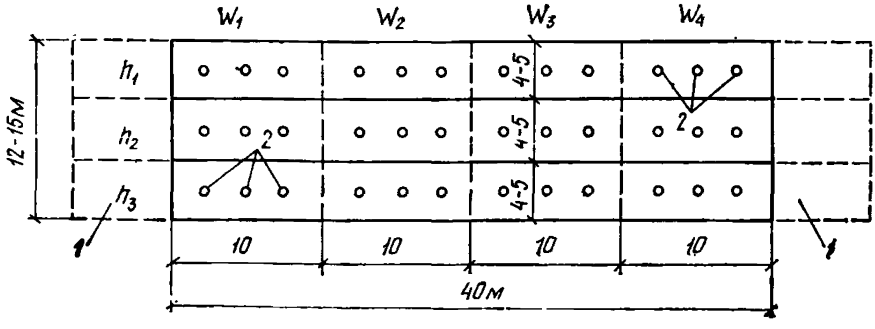

Рис. 1. Схема опытной площадки

1 — въезды-съезды на опытную площадку; *2* — точки отбора проб грунта

После доведения количества проходов (ударов) грунтоуплотняющей машины до наименьшего значения указанных в табл. 2 из уплотненного слоя грунта берутся пробы на объемную массу и влажность. Последующее взятие проб грунта производится после каждого значения проходов (ударов) грунтоуплотняющих машин, указанного в той же таблице.

5.10. Пробы уплотненного грунта берутся во всех рядах каждой секции из трех точек.

Отбор проб грунта выполняется в соответствии с пп. 8.5 и 8.7.

5.11. Если грунт, используемый для возведения земляного сооружения, обладает малой влажностью (по сравнению с рекомендуемой), производится дополнительное его увлажнение. Определение количества воды, расходуемого на дополнительное увлажнение грунта, и способы увлажнения те же, что и в условиях производственного уплотнения грунта (п. 1.10).

5.12. Если в местах разработки грунт залегает с повышенной влажностью, то прежде чем проводить опытное уплотнение его, целесообразно проследить испарение влаги из грунта по времени. С этой целью исследуемый грунт отсыпается на небольшой площадке (4—6 м^2) слоем принятой толщины. В зависимости от температуры воздуха, свойств и влажности грунта через определенные промежутки времени (от 30 мин до 2 ч) из середины слоя (по высоте и в плане) берутся пробы на влажность и определяют изменение влажности по времени. Подсушивание грунта может быть ускорено перепахиванием или боронованием.

5.13. В соответствии с полученными результатами по испарению влаги назначается время выстаивания грунта на отдельных секциях.

Таблица 2

Ориентировочные значения толщины уплотняемого слоя (в рыхлом состоянии) и числа проходов уплотняющих машин по одному следу

Наименование уплотняющих машин	Толщина уплотняемого слоя (в рыхлом состоянии h, см		Количество проходов (ударов)	
	грунты связные	грунты несвязные	грунты связные	грунты несвязные
Кулачковый каток 5 т типа Д-130Б	20—25—30	—	8—10—12—14	—
Кулачковый каток 9 т типа Д-614 (ДУ-26)	30—35—40	—	6—8—10—12	—
Кулачковый каток 17 т типа Д-630 (ДУ-32)	45—52—60	—	8—10—12—14	—
Кулачковый каток 29 т типа Д-220 (ДУ-3)	70—77—85	—	8—10—12—14	—
Моторный каток 8—13 т типа Д-211Б, Д-399А (ДУ-8А)	—	20—25—30	—	6—8—10—12
Каток на пневмошинах 12—15 т типа Д-625 (ДУ-30) .	20—25—30	30—35—40	6—8—10—12	4—6—8—10
Каток на пневмошинах 25 т типа ДСК-1, Д-263 (ДУ-4), Д-703 (ДУ-39) . .	45—52—60	50—60—70	6—8—10—12	4—6—8—10
Каток на пневмошинах 35 т типа Д-515А	50—60—70	60—67—75	5—7—9—11	3—5—7—9
Каток на пневмошинах весом 50 т	50—60—70	65—75—85	6—8—10—12	4—6—8—10
Решетчатый каток 25—30 т типа ЗУР-25	50—60—70	60—72—85	6—8—10—12	3—5—7—9
Самоходный каток 16—18 т типа Д-627 (ДУ-31, ДУ-32)	35—45—55	45—57—70	6—8—10—12	4—6—8—10
Самоходный каток на пневмошинах 30—35 т типа Д-624 (ДУ-29)	60—67—75	60—75—90	6—8—10—12	4—6—8—10

Продолжение табл. 2

Наименование уплотняющих машин	Толщина уплотняемого слоя (в рыхлом) состоянии h, см		Количество проходов (ударов)	
	грунты связные	грунты несвязные	грунты связные	грунты несвязные
Трамбовочная машина типа УМТС-2 и Д-471Б (ДУ-12Б)	60—70—80	75—87—100	1—2—3—4	1—2—3—4
Трамбовочная плита весом 2 т (площадью 0,9—1,2 м²) при высоте падения 2 м . .	110—125—140	140—155—170	3—5—7—9	2—4—6—8
Вибрационный каток 3 т типа Д-480 (ДУ-14)	35—42—50	50—60—70	4—5—6—7	3—4—5—6
Вибрационный каток 4 т типа Д-613А (ДУ-25А) . .	30—37—45	45—57—70	4—5—6—7	3—4—5—6
Вибрационный каток 8 т типа 634А	35—42—50	50—60—70	6—7—9—11	4—6—8—10

Примечания: 1. Рекомендуемые в таблице величины являются ориентировочными и уточняются в каждом случае в зависимости от требований проекта.

2. В скобках указаны установленные индексы уплотняющих машин, выпущенных до 1972 г.

5.14. Опытное уплотнение грунта методом трамбования в основном производится так же и в той же последовательности, как и опытная укатка грунта.

При проведении опытного уплотнения трамбующими плитами необходимо установить наиболее целесообразную высоту падения плиты.

5.15. Опытное уплотнение трамбующими плитами целесообразно осуществлять не по всей длине опытной площадки, а по очереди, на секциях с одинаковой влажностью. Каждая секция разбивается на поперечные полосы, которые уплотняются разным количеством ударов (табл. 2) по одному следу, с отбором трех проб из каждой полосы каждого ряда.

5.16. Наиболее оптимальные условия уплотнения грунта вибрационными машинами также предварительно устанавливаются опытным уплотнением, которое проводится при различных значениях толщины уплотняемого слоя, влажности грунта и времени работы машины на одном месте.

Опытное уплотнение грунта вибрационными машинами в основном производится так же, как и опытное уплотнение грунта методом укатки.

5.17. Результаты опытного уплотнения для каждого слоя грунта, фиксируемые в журнале (прил. 2.7), изображаются графически в

виде кривых зависимости получаемой объемной массы скелета грунта $\gamma_{ск}$ от влажности W (рис. 2).

Для каждого уплотняемого слоя h строятся кривые $\gamma_{ск}=f(W)$ при различном количестве проходов (ударов, времени вибрирования) n.

5.18. Через все построенные серии кривых проводится горизонтальная линия с ординатой, равной проектной объемной массе скелета грунта $\gamma_{ск.пр}$. Достижение запроектированной объемной массы скелета грунта при некотором значении высоты слоя возможно только при количестве проходов (ударов, времени вибрирования) и влажности грунта, которые соответствуют участкам кривых, расположенным выше горизонтальной прямой проектной объемной мас-

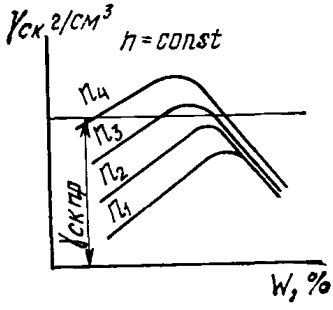

Рис. 2. Зависимость объемной массы скелета грунта от влажности по данным опытного уплотнения при постоянной толщине слоя и различном количестве числа проходов (ударов) по одному следу

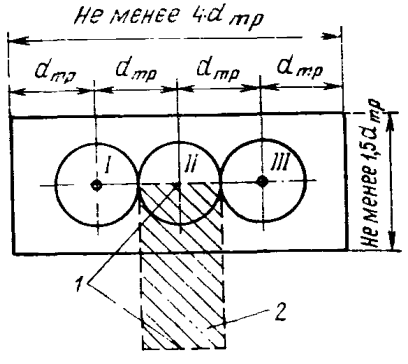

Рис. 3. Схема размещения штырей для определения величины отказа

1 — место отбора монолитов; *2* — контрольный шурф 1×2 м, глубиной 3 м для отбора монолитов уплотненного и неуплотненного грунта; $d_{тр}$ — диаметр трамбовки

сы скелета грунта. Сопоставление результатов различных способов уплотнения, обеспечивающих достижение заданной объемной массы скелета грунта, позволяет выбрать такие значения h, n и W, при которых уплотнение грунта при данных конкретных условиях будет наиболее целесообразным.

5.19. До начала работ по опытному уплотнению грунтов с ненарушенной структурой тяжелыми трамбовками для определения его природной влажности на глубину не менее 2,5 м ниже дна опытного котлована производится проходка скважины или шурфа, из которых образцы грунта отбираются не реже чем через 0,5 м по глубине.

5.20. Опытное поверхностное уплотнение грунта тяжелыми трамбовками выполняется в целях:

а) определения величины понижения поверхности дна котлована от каждого удара и уточнения величины отказа и недобора, указанных в проекте;

б) установления необходимого количества ударов для уплотнения грунта до отказа в зависимости от массы и высоты падения трамбовки.

5.21. Количество пунктов для проведения опытного уплотнения назначается в зависимости от грунтовых условий участка.

Если участок сложен однородным грунтом, уплотнение производится в одном пункте. В том случае когда участок в отдельных местах сложен различными грунтами или однородными грунтами различной природной влажности, уплотнение производится в пределах залегания каждой разновидности грунта в отдельности.

5.22. Ширина котлована для опытного уплотнения должна быть не менее 1,5 диаметра, а длина — не менее 4 диаметров рабочей поверхности применяемой трамбовки.

Отметка дна опытного котлована назначается с учетом величины недобора.

5.23. Для наблюдения за изменением отметки дна опытного котлована забиваются металлические штыри диаметром 20—25 мм, длиной 250—400 мм заподлицо с поверхностью дна котлована согласно схеме, приведенной на фис. 3.

Каждому штырю присваивается порядковый номер (I, II, III и т. д.).

5.24. После забивки штырей производится их нивелирование относительно репера.

Первоначальный отсчет заносится в журнал трамбования (прил. 2.11).

5.25. Трамбование ведется до момента, когда понижение головок штырей по данным нивелирования от последних ударов будет оставаться практически неизменным, т. е. до получения отказа.

В процессе трамбования нивелирование штырей производится через один-два удара по всей трамбуемой площади. Отсчеты заносятся в журнал наблюдений.

5.26. После окончания опытного уплотнения открывается контрольный шурф размером в плане 1×2 м и глубиной не менее 3 м, из которого через каждые 0,25 м по глубине отбираются монолиты (пробы) грунта. Размещение шурфа в плане производится с таким расчетом, чтобы иметь возможность отбирать монолиты уплотненного и неуплотненного грунта на одном и том же горизонте.

6. ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

6.1. Работники контрольных постов и полевых лабораторий в процессе возведения земляного сооружения должны осуществлять систематический геотехнический контроль.

6.2. Качество уплотнения грунта определяют сравнением фактически полученных значений объемной массы скелета грунта $\gamma_{ск.ф}$ или коэффициента уплотнения $K_ф$ со значениями требуемой объемной массы скелета грунта $\gamma_{ск.тр}$, или требуемого коэффициента уплотнения $K_{тр}$:

$$\gamma_{ск.ф} \geqslant \gamma_{ск.тр}; \quad K_ф \geqslant K_{тр}. \tag{8}$$

Отступления от заданных величин в сторону уменьшения должны быть согласованы с проектной организацией.

6.3. Оценка качества уплотнения грунта в сооружаемом земляном полотне автомобильных дорог определяется:

а) **отлично**, если у 90% испытанных образцов коэффициент уплотнения грунта не ниже требуемого, а у 10% образцов отклонения в сторону понижения не превышают 0,02;

б) **хорошо**, если у 90% испытанных образцов коэффициенты уплотнения грунта не ниже требуемого, а у 5% образцов отклонения в сторону понижения не превышают 0,02 и у 5% — 0,04.

в) **удовлетворительно**, если 90% испытанных образцов имеет коэффициент уплотнения грунта не ниже требуемого, а у 10% образцов отклонения в сторону понижения не превышают 0,04.

6.4. В случае систематических отклонений фактической объемной массы скелета грунта в возводимом сооружении от требуемой на 0,06 г/см^3 или более (как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения) возможность получения требуемой объемной массы скелета грунта следует уточнить методом стандартного уплотнения грунта, взятого из насыпи в месте отбора проб.

6.5. Качество уплотнения насыпей автомобильных дорог и площадей, предназначенных под подъезды к сооружениям, возводимым из крупнообломочных грунтов, проверяются пробными проходами тяжелого моторного катка (10—12 т).

Деформация поверхности насыпи (осадка под вальцами катка) при пробном проходе не должна превышать 5 мм.

При получении результатов, не удовлетворяющих вышеуказанным требованиям, производится дополнительное уплотнение с последующим проведением контрольных определений.

6.6. Перед началом устройства дорожной одежды проводится контрольное определение плотности грунтов земляного полотна на глубину не менее 1—1,5 м. Количество контрольных определений устанавливается заказчиком.

6.7. Глубина посадки насыпей на минеральное дно болота способом взрывания торфяной коры под насыпью должна проверяться контрольным бурением трех скважин по поперечникам не реже чем через 50 м по длине насыпи.

6.8. При возведении насыпей на болотах качество работ контролируют и результаты заносят в «Журнал производства работ»:

а) после подготовки основания насыпи;

б) после засыпки траншей;

в) перед удалением торфа из-под насыпи взрывным способом;

г) после частичного или полного погружения торфяного покрова на минеральное дно;

д) после погружения насыпи на минеральное дно.

6.9. Насыпи, возведенные на болотах, после отсыпки их до проектной отметки должны быть проверены пробным испытанием подвижной нагрузкой с занесением результатов испытаний в журнал (прил. 2.12).

6.10. Для каждой насыпи, возводимой на болоте, должен быть составлен паспорт.

Паспорт составляется на основании контрольного бурения после испытания насыпи нагрузкой. В паспорт должны быть включены продольный и поперечные профили, а также пояснительная записка, содержащая способ возведения насыпи, вид грунтов, глубину

выторфовывания и пр. Количество поперечных профилей назначается в зависимости от рельефа дна болота, но не менее чем один поперечник на каждые 200 м.

Скважины при контрольном бурении закладываются на каждом поперечнике в количестве не менее:

а) трех для вновь возводимой насыпи, располагаемых по одной скважине на откосах и по оси насыпи;

б) четырех для односторонней присыпки к существующей насыпи — по одной скважине на бровках старой насыпи, по оси и на откосе присыпки.

Скважины заглубляются в минеральное дно болота не менее 1 м.

6.11. Геотехнический контроль при производстве земляных работ, выполняемых сухим способом, осуществляется:

а) наблюдением за правильным выполнением всех подготовительных работ;

б) проверкой соответствия проекту качества грунта в основании сооружения, карьере, выемке или резерве;

в) наблюдением за соответствием технологии возведения сооружения проекту или техническим условиям;

г) определением физико-механических и химических свойств грунтов, а в необходимых случаях и грунтовых вод;

д) участием в освидетельствовании скрытых работ и промежуточной приемке законченных конструктивных элементов и отдельных участков земляного сооружения;

е) наблюдением за усыханием грунта и за образованием щели между бетоном и грунтом в случае длительных перерывов при выполнении этой работы;

ж) наблюдением за установкой контрольно-измерительной аппаратуры и ведением в процессе строительства по ней систематических наблюдений.

6.12. Геотехнический контроль при возведении намывных сооружений осуществляется:

а) выполнением требований, предусмотренных п. 6.11;

б) определением расхода сбрасываемой воды и содержанием в ней взвешенного грунта;

в) ежедневным осмотром состояния наружных откосов намываемого сооружения, распределительной и сбросной систем;

г) наблюдением за деформациями и подвижками намытого грунта и за работой дренажей;

д) выполнением зарисовок, характеризующих состояние сооружения, и фотографированием характерных этапов его намыва.

6.13. Геотехнический контроль при устройстве обратных фильтров, дренажей и креплений откосов осуществляется:

а) проверкой соответствия основания проекту;

б) проверкой соответствия качества укладываемого материала проекту;

в) проверкой в карьере подготовленного материала для укладки в фильтры и дренажи, соответствия его проекту или техническим условиям; если материал по составу отвечает требованиям проекта или техническим условиям, контрольный пост или полевая лаборатория выдает карьеру справку о допуске материала в производство. В противном случае назначается дополнительная переработка, после чего производится повторная проверка его состава;

г) проверкой гранулометрического состава материала с данными паспорта, поступившего из карьера;

д) проверкой в каждом укладываемом слое состава и коэффициента межслойности;

е) наблюдением за правильностью выполнения технологии производства работ, толщиной укладываемых слоев, а также за увлажнением и уплотнением материала;

ж) наблюдением за установкой шаблонов и контролем за недопустимостью засорения фильтра.

6.14. Контрольные наблюдения за каменной наброской в дренажных призмах предусматривают проверку требований проекта по качеству и крупности применяемого камня, наблюдение за пустотностью наброски, а также тщательности кладки камня на откосах.

6.15. При сооружении каменно-набросных плотин тонкими слоями (1,5—2,5 м) необходимо контролировать следующее:

а) крупность камня не должна быть более 0,5—0,6 толщины набрасываемого слоя;

б) желательно, чтобы форма камня приближалась к кубу, шару и т. п.;

в) для камня, расположенного под водой и в зонах, подверженных периодическому воздействию воды, коэффициент размягчения его должен быть не ниже: для изверженных и метаморфических пород 0,9, для осадочных — 0,8.

6.16. Переходные зоны каменно-земляной плотины должны выполняться из карьерного или обогащенного крупнообломочного грунта, многослойные обратные фильтры — из сортированного и промытого материала.

6.17. При влажности грунта менее оптимальной производится его доувлажнение. Необходимое количество воды Q для получения оптимальной влажности на 1 м² уплотняемого тяжелыми трамбовками грунта определяется по формуле

$$Q = \frac{\gamma_{ск}\,(W_o - W)}{\gamma_в \cdot 100}\,h, \qquad (9)$$

где $\gamma_{ск}$ — объемная масса скелета грунта в т/м³;

$\gamma_в$ — плотность воды, принимаемая 1 т/м³;

h — толщина слоя уплотненного грунта, принимаемая равной 2 d для глинистых и 2,5 d для песчаных грунтов (d — диаметр рабочей поверхности трамбовки);

W_o — оптимальная влажность грунта в %;

W — естественная влажность грунта в %.

6.18. Уплотнение грунтов трамбованием производится при их оптимальной влажности W_o.

Оптимальная влажность при уплотнении грунтов тяжелыми трамбовками определяется по методу стандартного уплотнения.

6.19. При поверхностном уплотнении грунтов в основании зданий и сооружений тяжелыми трамбовками должно быть обеспечено получение уплотненного слоя от 1,5 до 2,5 м. Поверхностное уплотнение применимо для естественно отложенных и насыпных грунтов, в том числе глинистых, находящихся в пластическом состоянии (значение величины $B<0{,}4$, при степени влажности $q\leqslant 0{,}7$).

Консистенция глинистых грунтов измеряется величиной B, равной:

$$B = \frac{W - W_p}{W_п}, \qquad (10)$$

где W — влажность по массе глинистого грунта в природном состоянии;

W_p — влажность по массе глинистого грунта на пределе раскатывания (ГОСТ 5183—64);

$W_п$ — число пластичности.

6.20. Уплотнение грунтов тяжелыми трамбовками должно сопровождаться контрольным определением объемной массы скелета грунта по отобранным образцам в количестве не менее одной пробы на 10 м² поверхности уплотняемого грунта.

Снижение величины объемной массы скелета уплотненного грунта может быть допущено до 2% величины, принятой в проекте, не более чем для 25% испытанных образцов.

6.21. Качество уплотнения массива просадочных грунтов в основании зданий и сооружений грунтовыми сваями контролируется лабораторным определением объемной массы скелета уплотненного грунта по образцам, отобранным из шурфов на отметке заложения фундаментов а также проверкой расстояния между осями грунтовых свай на поверхности буферного слоя и на отметке заложения фундамента.

По согласованию с заказчиком и проектной организацией качество уплотнения грунта допускается определять другими проверенными современными методами (зондированием, с помощью радиоактивного излучения и т. п.).

6.22. При уплотнении грунта грунтовыми сваями допускаются следующие отклонения от проекта:

а) расстояние между грунтовыми сваями в крайних рядах не должно отклоняться от проектного более чем на величину половины диаметра свай;

б) глубина уплотнения не должна отклоняться от проектной более чем на 0,5 м.

6.23. Среднее значение объемной массы скелета просадочного грунта, уплотняемого грунтовыми сваями, определяется как средняя взвешенная объемных масс скелета грунта отобранных образцов по отношению к площади уплотнения.

Уплотнение считается удовлетворительным, если выдержаны все нижеперечисленные условия:

а) среднее значение объемной массы скелета грунта, определенного согласно пп. 6.23 и 8.24, отклоняется в сторону уменьшения не более 0,02 т/м³ от предусмотренного проектом;

б) объемная масса скелета грунта каждого из трех образцов, отобранных из середины между двумя сваями (образцы 4, 11 и 18 рис. 4, п. 8.23), должна быть не менее заданной проектом;

в) фактические расстояния между осями свай и фактическое расположение осей свай, находящихся непосредственно под фундаментами, не должны отличаться от предусмотренных проектом более чем на 0,4 проектного диаметра свай.

6.24. При получении результатов, не удовлетворяющих требованиям пп. 6.23а и 6.23б, производится отрывка второго шурфа и повторное определение объемной массы скелета грунта.

В этом случае, так же как и при невыполнении требований п. 6.23 в, проектная организация принимает соответствующее решение о необходимости дополнительного уплотнения проверенного участка работ.

6.25. Контрольные наблюдения за разработкой грунта в резерве, выемке и карьере имеют целью установить пригодность его для возведения данного сооружения.

Для ведения контрольных наблюдений за разработкой грунта в карьере контрольный пост или полевая лаборатория должны располагать планом, геологическими разрезами и необходимыми геотехническими характеристиками грунтов карьера с указанием участка разработки, а также проектом производства работ разработки карьера.

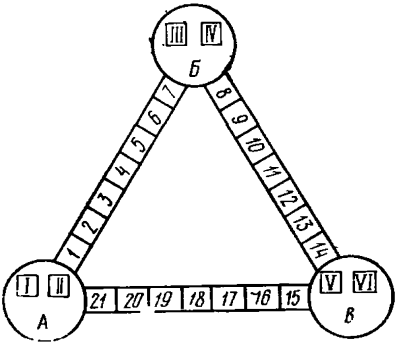

Рис. 4. Схема отбора образцов грунта из основания, уплотненного грунтовыми сваями

А, Б, В — грунтовые сваи; *I — VI* и *1 — 21* — места отбора образцов уплотненного грунта

6.26. В состав контрольных наблюдений за разработкой грунта в карьере входят наблюдение за плановым положением забоя и размещением его в пределах участка, предусмотренного проектом, а также наблюдение за правильностью разработки проектной толщи грунта.

6.27. В случае разработки грунта в карьере на участках, не предусмотренных проектом, или поступления на сооружение грунта, не соответствующего данным проекта, работники контрольного поста или полевой лаборатории обязаны немедленно поставить об этом в известность производителя работ.

6.28. Перед началом разработки резерва, выемки и карьера необходимо контролировать объемную массу, влажность, гранулометрический состав, содержание водорастворимых солей и органических веществ и проверять их в забое через каждые 4—5 дней в течение всего времени разработки, а также при каждом изменении состава грунта. Результаты контроля заносятся в журнал (прил. 2.5).

7. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

7.1. Производство земляных работ в зимних условиях должно находиться под постоянным наблюдением руководящего технического персонала и лабораторий строительных организаций.

7.2. В задачи геотехнического контроля в условиях зимних работ входят:

а) предварительное, до начала работ, обследование грунтов в намеченных к разработке резервах, выемках, карьерах и основаниях возводимых сооружений;

б) проведение опытного уплотнения грунта уплотняющими машинами (определение толщины слоя, количества проходов или ударов и оптимальной влажности) и уточнение режима их работы при изменении характера грунтов и погодных условий;

в) повседневный контроль за качеством укладки, уплотнения, влажностью, составом грунта и за количеством мерзлого грунта, которое не должно превышать установленных пределов.

7.3. Резервы, выемки и карьеры, назначенные к разработке в зимних условиях, а также и основания сооружений должны быть обследованы контрольным постом, полевой или грунтовой лабораторией осенью перед наступлением морозов. В задачу обследования входит определение естественной объемной массы скелета и влажности грунтов для решения вопроса о пригодности намеченного объекта или его участка к разработке в зимнее время. Пробы грунта для этих целей берут до назначенной глубины разработки.

После наступления морозов проверяют влажность грунта лишь в самом верхнем слое.

7.4. Земляные работы в зимний период должны выполняться непрерывно, чтобы избежать замерзания грунта.

7.5. Время начала смерзания грунта после его выемки из забоя составляет 90, 60, 40 и 20 мин при температуре соответственно —5, —10, —20, —30°С.

Размеры карт на участках уплотнения следует определять исходя из температуры воздуха и возможности укладки и уплотнения грунта в талом состоянии.

7.6. Связные грунты с влажностью, превышающей границу раскатывания, в зимнее время укладывать в сооружение не допускается, так как при их замерзании наблюдается значительная миграция влаги, что снижает прочностные свойства грунта при его оттаивании.

7.7. Режим работы уплотняющих машин устанавливается по результатам опытного уплотнения в соответствии с пп. 5.2, 5.3 и 5.8.

7.8. Общее количество допускаемого в земляное сооружение мерзлого грунта должно быть не более:

а) 15% — для обратной засыпки пазух котлованов и траншей;

б) 20% — для автодорожных насыпей, дорожное покрытие которых устраивается вслед за отсыпкой, для безнапорных дамб и защитных берм;

в) 30% — для железнодорожных насыпей, присыпок к существующим насыпям и для насыпей планировки площадок в пределах расположения железнодорожных путей, автомобильных проездов и тротуаров;

г) 50% — для автодорожных насыпей, дорожное покрытие которых устраивается после осадки насыпи;

д) 60% — для насыпей при планировке площадей;

е) при засыпке пазух внутри зданий применение мерзлого грунта не допускается.

Мерзлые комья не должны иметь линейные размеры более двух третей толщины уплотняемого слоя. Мерзлый грунт в насыпи необходимо размещать равномерно, не допуская расположения его в виде гнезд, а также концентрации в откосной части насыпи.

При возведении напорных насыпей гидротехнических сооружений промышленных комплексов, а также конусов мостов и оголовков дорожных труб допустимое количество мерзлого грунта должно быть указано в проекте сооружения.

7.9. При возведении дорожных насыпей на болотах с полным или частичным выторфовыванием допускается применять для отсыпки участков насыпи, расположенных ниже уровня грунтовых вод, мерзлые песчаные грунты при условии, что вышележащие части таких насыпей будут отсыпаны из талых грунтов.

7.10. При укладке грунта в земляные сооружения снег и лед не допускаются. При выпадении осадков в виде снега последний подлежит удалению из сооружения, а во время сильных снегопадов и метелей укладка грунта должна временно прекращаться.

7.11. Автосамосвалы для перевозки грунта необходимо использовать большой грузоподъемности с оборудованием кузовов дополнительной обшивкой и обеспечением подогрева грунта выхлопными газами при транспортировании.

7.12. Уплотнение в зимнее время должно выполняться решетчатыми катками, трамбующими, вибрационными и вибротрамбующими тяжелыми машинами, а также плитами тяжелого типа, позволяющими производить работы на коротком фронте и при значительной толщине уплотняемых слоев грунта.

7.13. При производстве земляных работ в зимнее время необходимо вести контроль и наблюдение за:

а) выполнением требований п. 6.11;

б) соответствием технологии работ по укладке и уплотнению грунта применительно к зимним условиям;

в) температурой наружного воздуха, направлением и скоростью ветра;

г) температурой грунта;

д) количеством осадков;

е) количеством мерзлых комьев грунта в укладываемом слое, их размерами, расположением в плане и по высоте.

Результаты наблюдений за возведением земляного сооружения из глинистых грунтов в зимнее время заносятся в журнал (прил. 2.8).

Кроме того, необходимо вести наблюдение за состоянием возводимого сооружения как во время производства работ, так и в

Таблица 3

Высота дорожных насыпей, возводимых в зимнее время

Климат района строительства	Температура воздуха, средняя за год в °С	Ориентировочная высота насыпи из глинистых грунтов в м
1. Суровый	Ниже —2	2,5
2. Холодный	От —2 до +1	3,5
3. Умеренный	» +1 » +5	4,5
4. Теплый	Более +5	Без ограничения

Примечание. Температуру воздуха за год принимать по данным главы СНиП «Строительная климатология и геофизика».

весенне-летний период до полного оттаивания грунта. Данные о результатах наблюдений заносятся в журнал производства работ.

7.14. Насыпи из глинистых грунтов в зимнее время разрешается возводить высотой не более величин, ориентировочные значения которых приведены в табл. 3.

7.15. Конструкция и методы производства работ по возведению дорожных насыпей из глинистых грунтов в зимнее время должны быть указаны в проекте сооружения.

7.16. Поверхностное уплотнение тяжелыми трамбовками в зимних условиях допускается только при талом состоянии грунта. Для этого котлованы отрываются участками, размеры которых устанавливаются из среднесуточной производительности применяемого оборудования по уплотнению.

7.17. В открытых котлованах, когда уплотнение не может быть осуществлено при положительных температурах грунта, поверхность котлована утепляется и уплотнение производится участками согласно п. 7.16.

При промерзании грунта основания на значительную глубину грунт перед трамбованием должен быть приведен в талое состояние путем отогрева или удален с заменой его талым грунтом с уплотнением.

7.18. Укладка грунта в экраны, понуры и диафрагмы в зимнее время должна выполняться в соответствии с указаниями проекта или по специальным техническим условиям.

8. МЕТОДЫ ОТБОРА ПРОБ

8.1. Основным критерием, определяющим качество выполненных земляных работ по возведению насыпей, земляных плотин из однородного материала и обратных засыпок, является достижение проектной объемной массы скелета уложенного грунта.

При возведении земляных сооружений из песчаных и гравийно-галечниковых грунтов к основным контрольным характеристикам относится также и гранулометрический состав грунта.

8.2. Пробы грунта должны отбираться равномерно по всему возводимому сооружению как в плане, так и по высоте, чтобы была обеспечена проверка достижения проектной объемной массы скелета всех слоев грунта в разных частях сооружения, а также и в местах, где можно ожидать пониженную объемную массу скелета грунта.

8.3. При отборе проб сотрудниками лаборатории и контрольного поста заполняется полевая книжка (прил. 2.1).

8.4. Если грунт доуплотнялся и отбирались повторные пробы, то в «Журнал итоговых данных» (прил. 2.9) вносятся результаты, полученные после отбора повторных проб.

8.5. Взятие проб грунта, разрабатываемого и уложенного в возводимое сооружение, производится следующими основными методами:

а) для глинистых и песчаных грунтов — отбором проб грунта с ненарушенной структурой металлическими цилиндрами;

б) для гравийно-галечниковых грунтов и мелкого песка с включением крупных фракций — отбором проб с нарушенной структурой из шурфика с последующим замером его объема.

8.6. В случае необходимости контроля качества уложенного грунта на разной высоте (глубине) земляного сооружения образцы отбираются из скважины специальным грунтоносом. При взятии пробы грунтонос следует опускать в грунт не глубже чем на $^1/_2$ высоты стакана грунтоноса. В грунтах высокой влажности рекомендуется применять специальный пробобратель с насадкой.

8.7. Пробу грунта отбирают из нижней части уплотненного слоя при его толщине до 30 см; при большей толщине уплотненного слоя производится отбор двух проб (в средней и нижней частях слоя).

8.8. Общее количество проб грунта, отбираемых в карьерах, выемках, резервах и в насыпи, при сооружении дорожных насыпей устанавливается из расчета не менее одной пробы на каждые 300 м^3 разрабатываемого и уложенного в насыпь грунта.

8.9. Пробы на влажность грунта в резерве, выемке, карьере берутся по всей высоте забоя примерно через каждый метр по вертикали.

8.10. По отобранным пробам определяются вид грунта, объемная масса скелета, влажность и другие геотехнические характеристики.

Результаты определений записываются в журналы (прил. 2.2—2.6).

8.11. При сооружении железнодорожных насыпей из мягких грунтов пробы отбираются:

а) при высоте насыпи до 4 м объемную массу скелета грунта следует проверять не реже чем через 0,5 м по высоте и не реже чем через 200 м по длине насыпи; в пределах контролируемого слоя отбирается не менее двух проб (по оси насыпи и на расстоянии 0,5 м от откоса). На 200 м насыпи количество проб составляет при высоте насыпи 1 м 6 шт., 2 м 12 шт., 3 м 24 шт. и 4 м 32 шт.

б) при высоте насыпи более 4 м в нижней ее части объемную массу скелета грунта необходимо проверять по каждому уплотненному слою, отбирая пробы в количестве 2—4 на 100 м насыпи.

8.12. Для определения объемной массы скелета грунта в насыпях земляного полотна высотой не более 3 м для автомобильных дорог с асфальтобетонными и цементобетонными покрытиями пробы берут с каждого уплотненного слоя не менее трех образцов(одна на оси, две на обочине на расстоянии 1,5 м от откоса) через два пикета насыпи; на дорогах с другими видами покрытий — не менее трех проб через пять пикетов насыпи. При высоте насыпи 3 м и более пробы отбираются через 50 м.

8.13. Для проверки качества оснований гидротехнических сооружений пробы грунта отбираются из шурфов с глубины 0,3 м от защищенной поверхности основания. Количество шурфов определяется по месту, но не менее одного на 200 м^2 основания. Шурфы после отбора проб засыпаются однородным с основанием грунтом с уплотнением.

8.14. Отбор проб для определения объемной массы скелета и влажности уложенного грунта в гидротехнические сооружения производится в зависимости от качества грунта, объема работ и местных условий из расчета:

а) для глинистых и песчаных грунтов без крупных включений — одна проба на 100—200 м^3;

б) для гравелисто-галечниковых и мелкозернистых грунтов с включением крупных фракций —одна проба на 200—400 м^3. Отбор

проб для определения гранулометрического состава производится из расчета одна проба на 1—2 тыс. м³ грунта.

8.15. В экранах и ядрах плотин пробы отбираются в количестве, соответствующем наименьшему значению объемов, указанных в п. 8.14.

8.16. Отбор проб из основания обратных фильтров производится не менее трех из каждой литологической разности грунта основания по сетке 20×20 м и чаще, а для ленточного фильтра — через 50 м его длины и чаще.

8.17. Для определения гранулометрического состава уложенных слоев фильтра пробы отбираются в зависимости от качества материала и объема работ из расчета одна проба на каждые 25—50 м³ уложенного фильтра.

8.18. Для определения прочих характеристик — плотности, границ пластичности, коэффициента фильтрации, сопротивления сдвигу и компрессионных свойств грунта гидротехнических сооружений I и II класса отбор проб производится из расчета одна проба на 20—50 тыс. м³ уложенного грунта.

Отбор проб грунта для определения указанных характеристик производится и для других классов сооружений при наличии специального требования проекта сооружения.

8.19. Количество проб для определения объемной массы скелета, влажности и гранулометрического состава грунта в намывных сооружениях отбирают не менее одной пробы на 2—5 тыс. м³ намытого грунта, если нет других указаний в проекте сооружения. Определение других геотехнических характеристик производится по нормам п. 8.18.

8.20. При необходимости определения более полных исследований физико-механических свойств (плотности, границы пластичности, коэффициента фильтрации, сопротивления сдвигу и компрессионных свойств) уложенного грунта в земляное сооружение пробы могут отбираться из шурфов в виде монолитов размером 20×20×20 см или других размеров в объеме, необходимом для исследований.

Для сохранения природной влажности монолитов (проб) после извлечения из шурфов или буровых скважин необходимо немедленно изолировать их от наружного воздуха путем парафинирования, которое выполняется в соответствии с требованием ГОСТ 12071—72.

8.21. Количество отбираемых проб при вертикальной планировке и обратных засыпках, исключая гидротехнические сооружения, ориентировочно принимается из расчета одна проба на 300 м³ уложенного грунта:

а) на насыпях вертикальной планировки пробы отбираются в шахматном порядке через 20—40 м;

б) при обратной засыпке траншеи пробы берутся по ее оси;

в) в обратных засыпках пазух пробы отбирают на расстоянии не более 0,2 м от граней сооружений.

8.22. Для определения состава и объемной массы скелета грунтов, уплотненных тяжелыми трамбовками оснований возводимых земляных сооружений, отбор проб производится из шурфов на глубине 0,5 м и более по сетке, определяемой по месту и в зависимости от литологической разности пород. При однородных грунтах отбор проб производится с каждого угла всех квадратов со стороной 50—100 м, а при неоднородных грунтах отбираются пробы дополнительно со всех участков с различными грунтами.

8.23. Для отбора проб при поверхностном уплотнении грунтов тяжелыми трамбовками в основаниях зданий и сооружений отрывается шурф размером в плане 0,7×1,5 м, глубиной 2 м. Образцы отбираются через 0,5 м по глубине шурфа.

8.24. При уплотнении оснований на просадочных грунтах грунтовыми сваями количество шурфов для отбора образцов грунта назначают из расчета не менее одного шурфа на 300 м² основания.

Места проходки шурфов назначаются в местах установки фундаментов, резервуаров, бассейнов, отстойников и пр. по согласованию с заказчиком.

Размер шурфа в плане должен обеспечить вскрытие трех смежных грунтовых свай.

Образцы грунта отбирают в пределах всей полосы по треугольнику между тремя грунтовыми сваями. Между смежными сваями через равные промежутки, начиная от края сваи, отбирается по семи образцов и по два образца из тела грунтовой сваи (см. рис. 4).

8.25. При устройстве песчаных подушек, являющихся искусственным основанием под фундаменты зданий, особое внимание должно уделяться уплотнению песка в углах котлована или траншеи.

Пробы из песчаной подушки отбираются через каждые 0,5 м по глубине под углами зданий и через 8—12 м вдоль осей стен или рядов колонн.

9. ПРАВА И ОБЯЗАННОСТИ ПЕРСОНАЛА КОНТРОЛЬНЫХ ПОСТОВ И ЛАБОРАТОРИЙ

9.1. В обязанности руководителя контрольного поста и начальников грунтовой и полевой лабораторий входят осуществление руководства деятельностью своих подразделений в объеме, предусмотренном соответственно пп. 3.1 и 3.2.

Кроме того, обеспечивают:

а) контроль за производственной деятельностью персонала подчиненных подразделений;

б) соблюдение действующего законодательства о труде и технике безопасности.

9.2. Начальники грунтовой и полевой лабораторий и руководители контрольных постов:

а) принимают участие в комиссиях по освидетельствованию скрытых работ и промежуточной приемке законченных конструктивных элементов и частей земляного сооружения;

б) представляют отчеты по качеству контролируемых работ и участию в комиссиях;

в) оформляют документацию по итогам выполненных лабораторных работ;

г) несут ответственность за выполнение возложенных функций на подчиненные им подразделения и имеют право давать непосредственно начальникам строительных управлений, участков, производителям работ и строительным мастерам указания в письменном виде по вопросам, входящим в компетенцию лаборатории и контрольного поста. Эти указания могут быть отменены только письменным распоряжением вышестоящего по подчиненности начальника.

При невыполнении этих указаний начальники грунтовой и полевой лабораторий или руководитель контрольного поста должен немедленно сообщить об этом вышестоящему начальнику по подчиненности технического персонала объекта и своему непосредственному начальнику. Кроме того, они имеют право приостанавливать производство работ в случае несоответствия их проекту и при выявлении дефектов, угрожающих разрушением сооружения или отдельных его элементов.

9.3. В обязанности старшего техника входят:

а) наблюдение за составом и разработкой грунта в резерве, выемке и карьере в соответствии с проектом;

б) контроль за качеством грунта, фильтра и технологией укладки и разравнивания их, а при возведении сооружения способом гидромеханизации — за намывом грунта;

в) проверка подготовки основания в соответствии с проектом;

г) проверка толщины отсыпаемого слоя грунта и фильтра;

д) контроль за числом проходов (ударов) грунтоуплотняющих машин по одному следу;

е) контроль за правильным и своевременным отбором проб и образцов в резерве, выемке, карьере, основаниях и возводимом сооружении;

ж) проверка подготовки поверхности предыдущего слоя к отсыпке последующего слоя;

з) доведение до сведения технического персонала данного объекта о полученных результатах контрольных измерений.

В обязанности старшего лаборанта входят:

а) контроль за взятием образцов и проб грунта лаборантами;

б) взятие контрольных проб и образцов грунта;

в) контроль за производством лабораторных испытаний и анализов грунта и связанными с ними вычислениями;

г) контроль за деятельностью лаборантов и заполнением журналов лабораторных испытаний и анализов (прил. 2.2—2.11, 2.13);

д) составление отчетной документации и ведение итогового журнала (прил. 2.9);

е) хранение и наблюдение за исправным состоянием лабораторного оборудования, приборов, измерительной аппаратуры, инвентаря и материалов;

ж) отправка образцов грунта и материалов фильтра на испытания в другие лаборатории;

з) доведение до сведения технического персонала данного объекта о полученных результатах лабораторных испытаний.

В обязанности лаборанта входят:

а) отбор проб и образцов грунта в карьере, выемке, резерве, основании и возводимом сооружении;

б) взятие контрольных проб из каждого слоя возводимого земляного сооружения и заполнение полевой книжки;

в) производство лабораторных анализов грунта с необходимыми вычислениями;

г) заполнение соответствующих форм рабочих журналов;

д) содержание в порядке и чистоте приборов, аппаратуры, инвентаря и пр. и рабочего места.

9.4. Работники грунтовой и полевой лабораторий и контрольных постов несут ответственность за:

а) качество и достоверность проводимых испытаний и исследований;

б) правильность и подлинность заполнения технической документации и составление отчетных данных.

10. ОТЧЕТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ГЕОТЕХНИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ

10.1. По качеству выполняемых земляных работ составляются отчеты суточные, декадные и квартальные.

10.2. Техническая и отчетная документация ведется с начала производства работ до полного их завершения.

10.3. Ежесуточный отчетный лист результатов лабораторных определений объемной массы скелета грунта (коэффициента уплотнения), влажности, а при необходимости коэффициента фильтрации и гранулометрического состава (прил. 2.14) составляется на основании записей в журналах.

Сменные итоговые данные направляются производителю работ.

Суточные сводки направляются контрольным постом полевой лаборатории, которая составляет обобщенные сводки за сутки по подчиненным контрольным постам и собственным лабораторным определениям и представляет их грунтовой лаборатории и технической инспекции строительства.

При подчинении контрольного поста грунтовой лаборатории сводки за сутки представляются непосредственно последней и технической инспекции.

10.4. В суточный отчетный лист вносятся также все замечания об отступлениях от требований проекта и технических условий, отклонения, допущенные при производстве работ, с пометками об устранении дефектов.

10.5. Грунтовая лаборатория, а при отсутствии ее полевая лаборатория или контрольный пост производят сбор, систематизацию и обобщение материалов геотехнического контроля, представленного полевыми лабораториями и контрольными постами, и собственных исследований; на основании этих материалов составляются сводные отчеты, а при необходимости — исполнительные чертежи и обзоры по качеству земляных работ. На основании этих материалов ежедневно и ежеквартально главному инженеру строительства и в техническую инспекцию представляется отчетность по качеству возведения земляных сооружений.

10.6. Сводные отчеты по исследованиям и обзоры по качеству возведения сооружений представляются также приемочной комиссии при сдаче сооружений в эксплуатацию.

10.7. В зависимости от ответственности возводимого земляного сооружения на вычерченных поперечных профилях наносятся места отбора проб и обозначаются основные характеристики грунта.

10.8. «Журналы итоговых данных» должны быть прошнурованы, страницы пронумерованы, и общее их количество удостоверено подписью руководства грунтовой лаборатории.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Каждая грунтовая лаборатория должна иметь в своем распоряжении следующие ГОСТы:

1. ГОСТ 5179—64. Грунты. Метод лабораторного определения влажности.
2. ГОСТ 5180—64. Грунты. Метод лабораторного определения количества гигроскопической воды.
3. ГОСТ 5181—64. Грунты. Метод лабораторного определения удельного веса.
4. ГОСТ 5182—64. Грунты. Метод лабораторного определения объемного веса.
5. ГОСТ 5183—64. Грунты. Метод лабораторного определения границы раскатывания.
6. ГОСТ 5184—64. Грунты. Метод лабораторного определения границы текучести.
7. ГОСТ 12071—72. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов.
8. ГОСТ 12248—66. Грунты. Метод лабораторного определения сопротивления срезу песчаных и глинистых грунтов на срезных приборах в условиях завершенной консолидации.
9. ГОСТ 12374—66. Грунты. Метод полевого испытания статическими нагрузками.
10. ГОСТ 12536—67. Грунты. Метод лабораторного определения зернового (гранулометрического) состава.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ФОРМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

1. Полевая книжка для отбора проб и образцов грунтов

Наименование объекта _____

№ п. п.	Дата	Участок сооружения	Место отбора пробы или образца				№ пробы или образца	№ кольца	Описание пробы или образца	Вид исследования	Подпись лаборанта
			Пк	Плюс	Расстояние от оси (влево, вправо, в сторону верхнего или нижнего бьефа и т. п.) в м	Абсолютная отметка в м					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

2. Форма журнала записи результатов определения объемной массы скелета грунтов земляного полотна автомобильных дорог

Наименование объекта _____

Дата отбора проб	Место отбора проб					Высота насыпи по проекту в м	Высота взятия пробы от основания в м	Определение прибором Ковалева			Стандартное уплотнение		Коэффициент уплотнения		Подпись лаборанта	Примечание
	Км	Пк	Ось	Расстояние от оси в м				объемная масса влажного грунта в г/см³	объемная масса скелета грунта в г/см³	влажность грунта в %	максимальная объемная масса скелета в г/см³	оптимальная влажность в %	заданный	фактический		
				влево	вправо											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Примечания: 1. Максимальная стандартная объемная масса скелета устанавливается методом стандартного уплотнения.

2. Журнал необходимо вести таким образом, чтобы результаты испытаний объемной массы грунтов на каждом пикете и плюсе концентрировались в одном месте независимо от времени их производства (для чего для каждого места оставляется несколько строк в зависимости от высоты земляного сооружения).

3. Форма журнала

записи результатов определения объемной массы скелета грунтов, взятых при помощи режущего кольца

Наименование объекта _____

1	Дата отбора проб															
2	№ карты															
3	абс. отметка в м	№ слоя														
4	№ пробы															
5	Пк, плюс	Место отбора проб														
6	в сторону верхнего бьефа	Расстояние от оси сооружения в м														
7	в сторону нижнего бьефа															
8	№ кольца															
9	Масса кольца в г															
10	Объем грунта в кольце V, см³															
11	Масса кольца с грунтом в г															
12	Масса грунта G, г															
13	Объемная масса грунта γ, г/см³															
14	Влажность W, %															
15	Объемная масса скелета $\gamma_{ск} = \frac{\gamma}{1 + \frac{W}{100}}$, г/см³															
16	Подпись лаборанта															

4. Форма журнала

записи результатов определения объемной массы скелета грунтов методом парафинирования

Наименование объекта _____

1	Дата отбора проб																	
2	№ карты																	
3	абс. отметка в м	№ слоя																
4	№ пробы																	
5	Пк, плюс	Место отбора проб																
6	в сторону верхнего бьефа	Расстояние от оси сооружения, м																
7	в сторону нижнего бьефа																	
8	Масса образца A, г																	
9	Масса образца с парафиновой оболочкой в воздухе B, г																	
10	Масса образца с парафиновой оболочкой в воде C, г																	
11	Масса парафина $(B-A)$, г																	
12	Объем парафина $V = \frac{B-A}{0{,}9}$, см³																	
13	Объем образца с парафином $(B-C)$, см³																	
14	Объем образца без парафина $\gamma = (B-C-V_1)$, см³																	
15	Объемная масса грунта $\gamma_{вл} = \frac{A}{V}$, г/см³																	
16	Влажность W, %																	
17	Объемная масса скелета $\gamma_{ск} = \frac{\gamma_{вл}}{1 + \frac{W}{100}}$, г/см³																	
18	Подпись лаборанта																	
19	Примечание																	

5. Форма журнала физико-механических свойств грунтов и результатов стандартного уплотнения при обследовании резервов, выемок, карьеров

Наименование объекта обследования _____

Глубина взятия образца _____

Номер образца _____

Место взятия образца (Км, Пк и пр.) _____ Дата _____

Гранулометрический состав									Пластичность			Плотность γ_y, г/см³	Характеристика грунта	Оптимальная влажность грунта W_o, %	Максимальная объемная масса скелета грунта $\gamma_{ск.макс}$, г/см³
Размер фракций, мм									граница текучести $W_т$, %	граница раскатывания $W_р$, %	число пластичности $W_п$				
более 10	10—5	5—2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	менее 0,05							
Содержание фракций, %															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Примечание. Графы 15 и 16 заполняются в тех случаях, когда определение максимальной объемной массы скелета грунта предусмотрено по прибору СоюздорНИИ

Начальник лаборатории _____

Лаборант _____

6. Форма журнала записи результатов определения плотности грунтов

Наименование объекта _____

Дата	№ пробы	№ пикнометра	Масса пикнометра в г	Масса пикнометра с водой при $t°$ q, г	Навеска воздушно-сухого грунта в г	Гигроскопическая влажность в %	Навеска абсолютно сухого грунта q_1, г	Температура $t°$	Масса пикнометра с водой и грунтом q_2, г	Плотность $\gamma_y = \frac{q_1}{(q+q_1)-q_2}$, г/см³	Средняя плотность $\gamma_{y.ср}$, г/см³	Подпись лаборанта	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

7. Форма журнала
результатов работы по опытному уплотнению грунтов

Наименование строительной организации _____

Наименование объекта _____

Место расположения объекта (Км, Пк, плюс) _____

Место производства опытного уплотнения _____

Характеристика основания опытной площадки _____

Размеры площадки уплотнения _____

Марка уплотняющей машины _____

Дата	Вид грунта	Толщина отсыпаемого слоя, см	Число проходов (ударов) машины по одному следу или месту	Глубина взятия проб грунта в см	Масса кольца с грунтом в г	Масса кольца в г	Масса грунта в г	Объем кольца в см³	Объемная масса влажного грунта в г/см³	№ бюкса	Масса бюкса в г	Масса бюкса с сырым грунтом в г	Масса бюкса с сухим грунтом в г		Масса воды в г	Масса сухого грунта в г	Влажность в %	Объемная масса скелета грунта в г/см³	Проектная объемная масса скелета грунта или наибольшая объемная масса скелета по стандартному уплотнению в г/см³	Коэффициент уплотнения	Оптимальная толщина уплотняемого слоя в см и требуемое число проходов (ударов) машины
													I	II							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Главный инженер _____ Начальник лаборатории _____ Лаборант _____

8. Форма журнала наблюдений за возведением земляного сооружения из глинистых грунтов в зимнее время

Наименование объекта _____ Начало наблюдений _____

Конец наблюдений _____

Км, Пк и плюс	Дата	Состояние погоды, температура в $t°$	Способы производства работ	Уплотняющие машины	Процент мерзлого грунта по замерам в забое	Размеры комьев мерзлого грунта в сооружении в см		Объем работ в смену в м³	Подпись лаборанта
						средние	наибольшие		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Примечания: 1. Журнал заполняется ежесменно.

2. Одновременно должен вестись журнал по форме прил. 1 или 2.

9. Форма журнала итоговых данных по контролю за качеством укладки грунтов

Наименование сооружения _____

Дата	№ карты	№ пробы	Пк, плюс	Расстояние от оси сооружения в м		№ слоя	Абс. отметка слоя в м	Объемная масса влажного грунта $\gamma_{в.л}$, г/см³	Влажность W, %	Объемная масса скелета $\gamma_{ск}$, г/см³	Подпись лаборанта	Подпись производителя работ
				влево (в сторону верхнего бьефа)	вправо (в сторону нижнего бьефа)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Нач. лаборатории
(руководитель контрольного поста)

10. Форма журнала

основных данных по контролю за качеством намыва грунтов

Наименование сооружения _____

Дата	№ карты	№ пробы	Пк, плюс	Расстояние от оси сооружения, м		Абс. отметка в м	Объемная масса влажного грунта $\gamma_{вл}$, г/см³	Влажность W, %	Объемная масса скелета $\gamma_{ск}$, г/см³	Гранулометрический состав					Подпись лаборанта	Подпись производителя работ
										Диаметр фракций в мм						
										Содержание в %						
				влево, в сторону верхнего бьефа	вправо, в сторону нижнего бьефа					5—2	2—1	1—0,5	0.5—0,25	<0,25		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Примечание. При двустороннем намыве гидротехнических сооружений (плотин) следует расстояние для отбора проб отсчитывать не от оси сооружения, а от бровки откоса плотины на данной высотной отметке.

11. Журнал

трамбования грунтов в опытном котловане

1. Наименование строительной организации _____

2. Наименование и местонахождение строительного объекта _____

_____

3. Толщина слоя глинистых, песчаных, макропористых просадочных или насыпных грунтов, залегающих в основании _____ (подчеркнуть) м

4. Отметка заложения дна котлована до трамбования _____ м

5. Влажность грунта основания в природном сложении от _____ до _____%

6. Площадь уплотняемого опытного котлована _____ $м^2$

7. Количество воды, залитой в опытный котлован для достижения грунтом основания оптимальной влажности _____ $м^3$

8. Масса трамбовки _____ т

9. Диаметр рабочей поверхности трамбовки _____ м

№ п. п.	Дата увлажнения котлована	Средняя высота подъема трамбовки в м	Кол-во ударов в каждом пункте	Погружение штырей после ударов трамбовки в мм	Средняя величина на осадки дна котлована в см	Примечание
1	2	3	4	5	6	7

Сменный инженер
(или производитель работ) (подпись)
Сменный техник (подпись)

12. Форма журнала

испытаний подвижной нагрузкой насыпей, отсыпанных на болотах

Км _____ Начало отсыпки насыпи _____

Начало наблюдений _____ Конец отсыпки насыпи _____

Конец наблюдений _____ Способ производства работ по возведению насыпи

_____

_____

Дата	Пк и плюс	Характеристика основания насыпи	Грунт насыпи	Характеристика испытательного поезда или транспортных средств	Нагрузка на ось в т	№ циклов и заездов в цикле	Скорость заездов в км/ч	Величина осадки земляного полотна в мм	Состояние земляного полотна	Величина упругой осадки в мм	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

13. Форма журнала

записи определений набухания грунтов в приборе ПНЗ-2

Опытные данные														
время наблюдения (дата, часы, минуты)	отсчеты по индикатору	Высота кольца прибора h, мм	Масса кольца q_1, г	Масса кольца с грунтом до опыта q_2, г	Масса кольца с влажным грунтом после опыта q_3, г	Масса кольца с грунтом после высушивания q_4, г	Масса влажного грунта до опыта $q_{вл}$, г	Масса влажного грунта после опыта q, г	Масса высушенного грунта q_c, г	Начальная влажность W_0, %	Влажность набухания $W_{наб}$, %	Приращение высоты образца Δh, мм	Величина набухания ΔV, %	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

14. Суточный отчетный лист №

Объект . . . . . Дата . . . . . .

№ п. п.	№ проб	Место отбора			Гранулометрический состав в мм										Объемная масса скелета в г/см³ или коэффициент уплотнения	Коэффициент фильтрации в см/сек	Влажность в %	Примечание
		Пк	расстояние от оси	отметка в м	> 10	10—5	5—2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	<0,01			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Отступления от проекта и технических условий _____

Нач. лаборатории

(руководитель контрольного поста)

МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

1. Метод стандартного уплотнения грунтов в лабораторных условиях

Целью стандартного уплотнения является определение максимальной объемной массы скелета $\gamma_{ск.макс}$ и оптимальной влажности W_0 грунта, при которой достигается максимальная объемная масса скелета грунта для данного вида грунта.

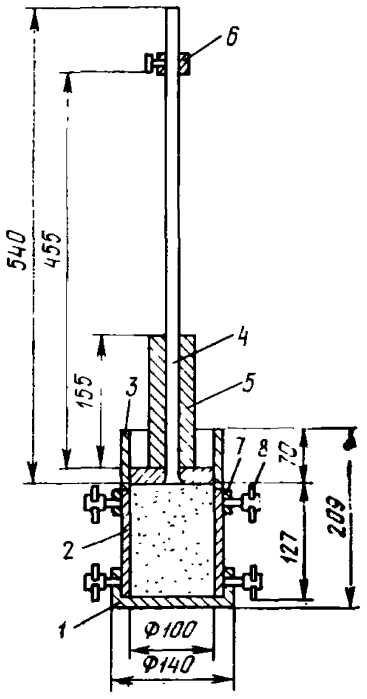

Рис. 5. Прибор СоюздорНИИ для стандартного уплотнения

1 — подстаканник; *2* — разъемный цилиндр; *3* — верхний стакан; *4* — стойка с уплотнителем; *5* — груз; *6* — ограничительное кольцо; *7* — зажимное кольцо; *8* — зажимный винт

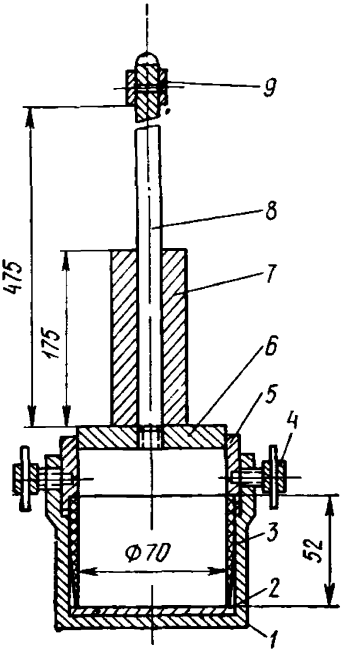

Рис. 6. Прибор ЦНИИС для стандартного уплотнения

1 — подстаканник; *2* — металлическая пластинка; *3* — кольцо; *4* — зажим; *5* — насадка; *6* — штамп; *7* — гиря; *8* — стержень; *9* — ограничительное кольцо

В качестве стандартного принят метод уплотнения образцов грунтов с использованием приборов СоюздорНИИ или ЦНИИС (рис. 5 и 6, табл. 4).

Таблица 4

Характеристика приборов СоюздорНИИ и ЦНИИС для определения объемной массы скелета грунта методом стандартного уплотнения грунтов

№ п. п.	Основные параметры приборов и способов уплотнения	Прибор конструкции	
		СоюздорНИИ	ЦНИИС
1	Цилиндр или кольцо для размещения образцов уплотняемого грунта:		
	диаметр в мм	100	70
	высота в мм	127	52
2	Масса груза в кг	2,5	2,5
3	Масса вертикальной стойки со штампом в кг	1,3—1,4	1,9
4	Высота падения груза в мм .	300	300
5	Количество слоев, на которые разделяется образец грунта при уплотнении ударами груза . .	3	1
6	Количество ударов на каждый слой при уплотнении:		
	песков и супесей	25	20
	пылеватых супесей, суглинков и глин	40	20
	жирных глин	50	—

Прибор СоюздорНИИ следует применять для уплотнения грунтов с содержанием до 5% частиц размером более 5 мм, прибор ЦНИИС — для уплотнения грунтов с содержанием до 5% частиц размером более 2 мм.

Образец исследуемого грунта уплотняют 4—6 раз при систематически увеличиваемой влажности. Уплотнение целесообразно начинать при влажности несколько большей, чем влажность грунта в воздушно-сухом состоянии, но не менее чем на 8—10% отличающейся от оптимальной, ориентировочно равной: для песков — 8—13%, супесей 9—15%, суглинков 12—22%, глин 16—26%.

Количество воды Q, г, необходимое для получения требуемой влажности грунта, определяют по формуле

$$Q = P\,(W_{тр} - W_{н})\,0{,}01, \qquad (11)$$

где P — масса грунта, подлежащего уплотнению, в г;

$W_{тр}$, $W_{н}$ — влажность соответственно требуемая и начальная в %.

Опыты по уплотнению выполняют в следующем порядке. Вначале берут образец грунта массой 3,5 кг в воздушно-сухом состоянии, размельчают и просеивают через сито с отверстиями 5 мм (для прибора СоюздорНИИ) или 2 мм (для прибора ЦНИИС). Грунт, прошедший через сито, увлажняют до требуемой влажности, перемешивают, закладывают в цилиндр или кольцо прибора и уплотняют.

При использовании прибора СоюздорНИИ подготовленный грунт насыпают в прибор примерно на $^1/_2$ высоты. Уплотнение грун-

та выполняют в три слоя. Каждый из слоев уплотняют ударами груза массой 2,5 кг, падающего с высоты 300 мм. Количество ударов назначают в зависимости от вида грунта (см. табл. 4).

При использовании прибора ЦНИИС ударами падающего груза уплотняют одновременно весь образец грунта, укладываемого в кольцо и насадку пятью слоями с уплотнением каждого из слоев вручную пестиком.

После окончания уплотнения верхний стакан в приборе СоюздорНИИ снимают, а в приборе ЦНИИС насадку и выступающий грунт осторожно срезают ножом по верхней кромке разъемного цилиндра или кольца.

Разъемный цилиндр с подстаканником, зажимным кольцом и уплотненным грунтом в приборе СоюздорНИИ или кольцо с уплотненным грунтом в приборе ЦНИИС взвешивают с точностью до 1 г.

Объемную массу уплотненного грунта γ, г/см^3 определяют по формуле

$$\gamma = \frac{P_1 - P_2}{V}, \qquad (12)$$

где P_1 — общая масса разъемного цилиндра или кольца с уплотненным грунтом в г;

P_2 — масса пустого цилиндра или кольца в г;

V — объем разъемного цилиндра или кольца в см^3.

После взвешивания из грунта, находящегося в цилиндре или кольце, для определения влажности уплотненного грунта, отбирают пробы по 15—20 г из верхней, средней и нижней части образца.

Следующий опыт начинают с размельчения уплотненного в предшествующем опыте образца грунта и увеличивают его влажность на 2—3% посредством добавления 50—70 г воды на 3 кг грунта. Грунт тщательно перемешивают и вновь подвергают уплотнению указанным выше способом, но уже при более высокой влажности. Испытания проводят до тех пор, пока объемная масса влажного грунта не станет уменьшаться при увеличении его влажности.

После испытаний и определения влажности по объемной массе сырого грунта находят объемную массу его скелета.

Объемную массу скелета грунта $\gamma_{ск}$, г/см^3 в каждом опыте определяют по формуле

$$\gamma_{ск} = \frac{\gamma}{1 + 0{,}01W}, \qquad (13)$$

где γ, W — соответственно объемная масса в г/см^3 и влажность по массе в % уплотненного грунта.

По полученным данным строят кривую стандартного уплотнения (рис. 7), а по ней определяют максимальную объемную массу скелета грунта и соответствующую ей оптимальную влажность.

Если грунт содержит 5—40% частиц крупнообломочных пород крупнее 5 мм, то определение максимальной стандартной объемной массы скелета грунта производят методом стандартного уплотнения. Для этого берется образец грунта массой 5 кг, измельчается и просеивается через сито 5 мм, берут 3 кг грунта, прошедшего через сито, и проводят испытание указанным выше способом.

Для учета влияния на грунт включений частиц крупнее 5 мм в полученное значение величин максимальной стандартной объемной массы скелета грунта и оптимальной влажности должны быть вве-

дены поправочные коэффициенты. Значение поправочных коэффициентов в зависимости от процента содержания частиц крупнее 5 мм прочных каменных пород принимают по табл. 5.

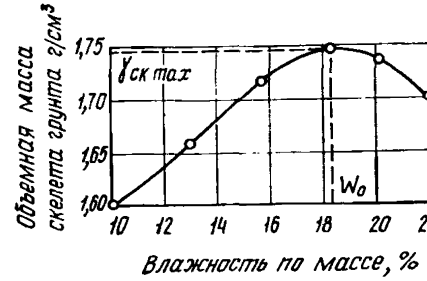

Рис. 7. Кривая стандартного уплотнения

Таблица 5

Значение поправочных коэффициентов

Содержание частиц крупнее 5 мм в %	Поправочные коэффициенты	
	K_γ (к максимальной стандартной объемной массе скелета грунта)	K_ω (к оптимальной влажности)
1	2	3
5	1,02	0,95
10	1,04	0,9
15	1,06	0,85
20	1,08	0,8
25	1,1	0,75
30	1,13	0,7
40	1,15	0,65

Содержание в грунте частиц крупнее 5 мм определяется по массе отсева.

Максимальную объемную массу скелета $\gamma_{ск.макс}$ и оптимальную влажность W_o' указанных грунтов в зависимости от содержания частиц крупнее 5 мм определяют расчетным способом по формулам:

$$\gamma'_{ск.\,макс} = \gamma_{ск.\,макс}\, K_\gamma ; \qquad (14)$$

$$W'_o = W_o\, K_\omega , \qquad (15)$$

где $\gamma_{ск.макс}$, W_o — соответственно максимальная стандартная объемная масса скелета в кг/м³ и оптимальная влажность в % отсеянного грунта;

K_γ, K_ω — поправочные коэффициенты, учитывающие влияние наличия крупных частиц соответственно на объемную массу скелета и влажность грунта, принимаемые по табл. 5.

2. Определение влажности и объемной массы скелета грунтов плотномером — влагомером Ковалева

Прибор основан на принципе гидростатического взвешивания (рис. 8). Основные части прибора — поплавок и сосуд; вспомогательные — режущий стальной цилиндр с крышкой (внутренний объем которого равен 200 см³, масса 123 г), стальная насадка, предназначенная для погружения режущего цилиндра в грунт, стальной нож и ведро — футляр с крышкой, закрывающийся двумя замками.

Поплавок предназначен для взвешивания испытуемой пробы грунта без доступа воды и в водной среде. Режущий цилиндр с

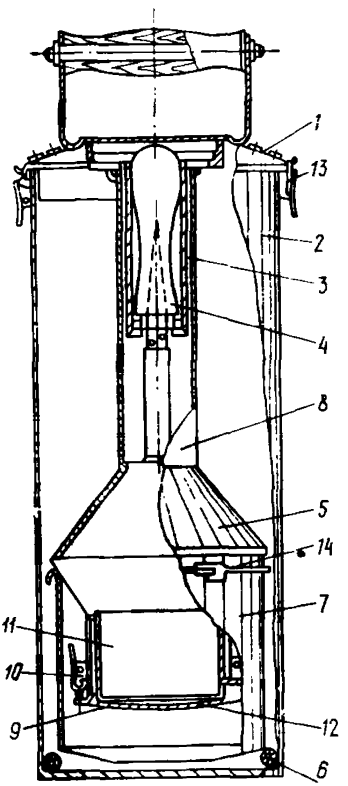

Рис. 8. Плотномер — влагомер Ковалева

1 — крышка футляра; *2* — ведро-футляр; *3* — стальная насадка; *4* — нож; *5* — поплавок; *6* — резиновое кольцо; *7* — сосуд; *8* — трубка поплавка; *9* — крышка поплавка; *10* — замок поплавка; *11* — режущий цилиндр; *12* — тарировочный груз; *13* — замок футляра; *14* — крючки

пробой грунта и надетой на него плоской крышкой помещается в крышку поплавка. При этом цилиндр устанавливают так, чтобы режущий край его был сверху, а незаточенный край с надетой на него крышкой — снизу.

Сверху на цилиндр надевается поплавок так, чтобы его край вошел в паз крышки поплавка, где имеется резиновая прокладка. Замки на поплавке и крючки на крышке совмещаются и герметически закрывают поплавок. Для удлинения срока службы резиновой прокладки при хранении прибора лучше поплавок и крышку держать отдельно.

Между дном крышки поплавка и крышкой цилиндра помещается тарировочный груз, представляющий собой металлические пластинки разной величины.

На трубке поплавка нанесены четыре шкалы показателей объемной массы грунтов. Шкала ВЛ служит для определения объемной массы влажных грунтов в диапазоне 1,2—2,2 г/см³.

Шкалы Ч, П и Г служат для определения объемной массы скелета черноземных, песчаных и глинистых грунтов в диапазонах 1—2,2 г/см³. Каждое деление шкалы соответствует 0,01 г/см³.

Сосуд служит для размешивания пробы грунта в воде и взвешивания ее в воде при определении объемной массы скелета грунта.

Поплавок и сосуд соединяются между собой тремя крючками, припаянными к поплавку, и тремя штырьками, припаянными к сосуду.

Между соединенными поплавком и сосудом имеется зазор шириной 1—2 мм, через который при погружении в воду из сосуда свободно выходит воздух и поступает вода. С целью центровки и придания прибору устойчивого положения при упаковке и переноске его на дне футляра уложено резиновое кольцо, а на крышке имеется углубление.

Проверка прибора

Перед началом работы прибора проверяют:

1) массу режущего цилиндра, которая должна быть равна 123 г±1;

2) массу сосуда — 272±1 (в воде 240 г);

3) герметичность поплавка;

4) поплавок (с присоединенным к нему сосудом и вложенным внутрь его режущим цилиндром без грунта), который должен погружаться до начала шкалы ВЛ (1, 2) и шкалы Ч (1), нанесенных на трубке. Если это условие соблюдается, то прибор пригоден для испытания. Незначительные отклонения уровня воды от этой черты регулируются снятием (если уровень воды выше черты) или добавлением (если уровень воды ниже черты) тарировочного груза, находящегося в крышке поплавка.

После проверки прибора производят контрольное определение объемной массы влажного грунта и влажности весовым методом, проводимое не реже 1—2 раза в месяц.

Особое внимание следует обращать на состояние резиновой прокладки в крышке поплавка.

Определение объемной массы влажных грунтов

Для отбора проб грунта с ненарушенной структурой на поверхности грунта выравнивается площадка, и на нее острым краем ставится режущий цилиндр. С помощью насадки цилиндр вдавливается в грунт вручную или молотком. Верхний край режущего цилиндра должен быть погружен на 3—4 мм ниже поверхности грунта. Чтобы грунт при этом не уплотнялся, в насадке предусмотрено свободное пространство над цилиндром (рис. 9).

За глубиной погружения режущего цилиндра в грунт наблюдают через отверстие в насадке.

Цилиндр с грунтом откапывают ножом, и излишний грунт срезают по краям цилиндра. Наружную поверхность цилиндра очищают от грунта, и цилиндр с грунтом и надетой на него крышкой помещают в крышку поплавка. На крышку сверху надевают поплавок и закрывают замки, после чего поплавок опускают в воду, налитую в ведро-футляр.

Против уровня воды по шкале ВЛ берется отсчет объемной массы влажного грунта $\gamma_{вл}$.

Если необходимо определить объемную массу рыхлого или текучего грунта, который не удерживается в поднятом режущем цилиндре, при отборе пробы используется крышка поплавка. После

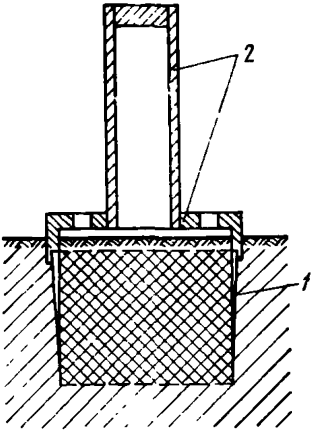

Рис. 9. Схема отбора проб грунта режущим цилиндром (прибор Ковалева)

1 — режущий цилиндр; *2* — насадка

того как режущий цилиндр погружен в грунт, верхнюю половину его снаружи освобождают от грунта. Избыток грунта срезают по верхнему краю цилиндра ножом и на цилиндр надевают крышку с плоским дном. Затем под режущий цилиндр с грунтом подводят нож и цилиндр вместе с грунтом опрокидывают так, чтобы крышка оказалась внизу. В дальнейшем отобранную пробу выравнивают ножом по острому краю цилиндра, цилиндр и крышку очищают с наружной поверхности от грунта. Дальнейшее определение объемной массы влажного грунта выполняется описанным выше способом.

Определение объемной массы скелета грунтов

После определения объемной массы влажного грунта пробу переносят из режущего цилиндра в сосуд и заливают водой приблизительно на $^1/_2$ емкости сосуда, грунт тщательно размешивают.

После того как в воде не останется комков грунта, в сосуд доливают воду до $^1/_2$—$^3/_4$ его объема. К сосуду присоединяют поплавок, и сосуд с поплавком погружают в воду. Вода через зазор между поплавком и сосудом заполняет оставшееся пространство сосуда. По шкале Ч, П или Г соответственно типу испытываемого грунта отсчитывается объемная масса скелета грунта $\gamma_{ск}$.

Если плотность грунта более 2,72 г/см³, можно $\gamma_{ск}$, г/см³ находить по шкале Г, если плотность грунта менее 2,59 г/см³, пока-

зание снимается по шкале Ч и полученный результат пересчитывается по формуле

$$\gamma_{ск} = \frac{0{,}63\gamma_у \gamma'_{ск}}{\gamma_у - 1}, \qquad (16)$$

где $\gamma'_{ск}$ — объемная масса скелета, найденная по шкале прибора, в г/см³;

$\gamma_у$ — плотность грунта в г/см³.

Полученное значение $\gamma_{ск}$ будет истинным.

Определение влажности грунтов

По найденной объемной массе влажного грунта $\gamma_{вл}$ и объемной массе скелета $\gamma_{ск}$ влажность W рассчитывается по формуле

$$W = \frac{\gamma_{вл} - \gamma_{ск}}{\gamma_{ск}} 100\%. \qquad (17)$$

3. Ускоренные методы определения максимальной объемной массы скелета и оптимальной влажности грунтов

Ускоренные методы для ориентировочного определения максимальной объемной массы скелета грунта и оптимальной влажности разновидностей грунтов применяются при разработке резервов или карьеров, когда перед началом работ не было произведено стандартное уплотнение и если их объем не превышает 1000—1500 м³, а также при текущем контроле за уплотнением грунтов.

Ориентировочно максимальную объемную массу скелета грунта $\gamma_{ск.макс}$, г/см³ можно определить по формуле

$$\gamma_{ск.макс} = \frac{\gamma_у \left(1 - \frac{V_а}{100}\right)}{1 + \frac{\gamma_у W_о}{\gamma_в 100}}, \qquad (18)$$

где $\gamma_у$ — плотность минеральной части в г/см³;

$\gamma_в$ — плотность воды в г/см³;

$V_а$ — объем содержащегося в грунте воздуха при оптимальной влажности в %;

$W_о$ — оптимальная влажность в %.

Плотность минеральных частиц грунта (г/см³) принимают: супесь пылеватая — 2,66; супесь — 2,68; суглинок — 2,69—2,71; глина — 2,72—2,74.

Плотность тяжелых глин и грунтов с большим содержанием солей и органических веществ определяют в лаборатории (плотность основных видов грунтов резерва также рекомендуется в каждом отдельном случае определять в лаборатории).

Различные грунты при оптимальной влажности содержат воздух в количестве: супесь — 6—8%, суглинок — 3—4%, глина — 4—5%.

Оптимальная влажность $W_о$, % может быть определена по влажности границы текучести грунта

$$W_о = K W_т \qquad (19)$$

чли по влажности границы раскатывания

$$W_o = W_p - a, \qquad (20)$$

где $W_т$ — влажность границы текучести грунта, определяемая методом балансирного конуса, в %;

K — переходный коэффициент;

W_p — влажность границы раскатывания в %;

a — поправка (для суглинистых грунтов $a=1$—2, для глинистых грунтов $a=2$—3).

Различные грунты имеют следующие ориентировочные значения переходного коэффициента: песок, супесь — 0,75—0,7; суглинок — 0,6—0,55; глина — 0,5—0,45.

Переходный коэффициент для грунтов данного района может устанавливаться также на основе результатов ранее проведенных испытаний для этих разновидностей грунтов, отобранных при обследовании близлежащих карьеров.

Определив в лаборатории значения $W_т$ или W_p для основных грунтов, по формулам (19) и (20) могут быть найдены ориентировочные значения оптимальной влажности, а по формуле (18) — максимальной объемной массы скелета грунта.

Границу текучести непосредственно в полевых условиях определяют ускоренным способом с помощью балансирного конуса и плотномера — влагомера Ковалева (прил. 3.2, 3.13).

С помощью балансирного конуса подбирают консистенцию грунта, соответствующую границе текучести. Влажность грунта, соответствующую подобранной таким образом консистенции, определяют или методом высушивания до постоянного веса при 105°С, или плотномером — влагомером Ковалева.

Пример расчета. Средняя проба глинистого грунта ($K=0{,}5$, $\gamma_у=2{,}72$ г/см³, $V_а=4\%$, $\gamma_в=1$), взятого из резерва, доведена до консистенции границы текучести. Объемная масса влажного грунта $\gamma_{вл}$ при данной консистенции оказалась равной 1,9 г/см³, а объемная масса скелета грунта $\gamma_{ск}$ — равной 1,4 г/см³.

Влажность границы текучести этого грунта

$$W_т = \frac{1{,}9 - 1{,}4}{1{,}4}\,100 \approx 36\%.$$

Величина оптимальной влажности

$$W_o = K\,W_т = 0{,}5 \cdot 36 = 18\%.$$

Максимальная объемная масса скелета грунта

$$\gamma_{ск.макс} = \frac{\gamma_у\left(1 - \dfrac{V_а}{100}\right)}{1 + \dfrac{\gamma_у \times W_o}{\gamma_в \cdot 100}} = \frac{2{,}72\,(1 - 0{,}04)}{1 + 2{,}72 \cdot 0{,}18} = 1{,}75 \text{ г/см}^3.$$

Кроме вышеприведенного метода максимальную объемную массу скелета грунта и оптимальную влажность грунта резерва (карьера) можно получить по результатам лабораторных определений аналогичных разновидностей грунтов данного района.

По этим данным ($W_т$, W_o и $\gamma_{ск.макс}$, полученным методом стандартного уплотнения) строят график зависимости оптимальной

влажности и максимальной объемной массы скелета грунта от границы текучести (рис. 10).

Тогда, определив границу текучести $W_т$ по этому графику, находят оптимальную влажность $W_о$ и максимальную объемную массу скелета грунта $\gamma_{ск.макс}$. Так, если $W_т = 36\%$, то $W_о = 17\%$, а $\gamma_{ск.макс} = 1{,}77$ г/см³.

Графиком можно пользоваться в процессе контроля за уплотнением грунтов при ориентировочном определении в полевых усло-

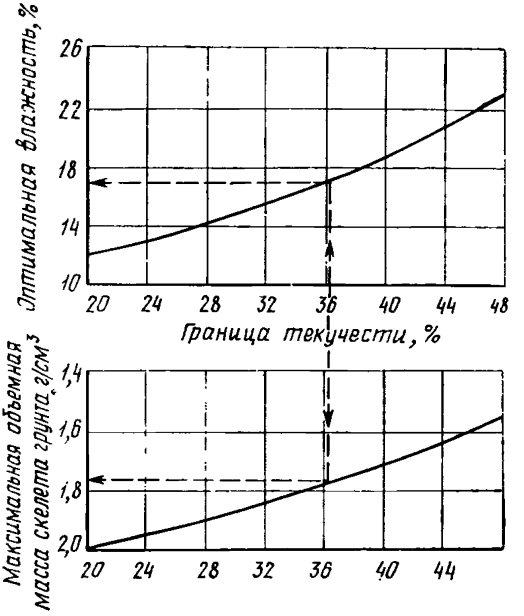

Рис. 10. Номограмма для приближенного определения оптимальной влажности и максимальной объемной массы скелета грунта (пример)

виях максимальной объемной массы скелета и оптимальной влажности грунтов, встретившихся при разработке резервов (карьеров), для которых не проводилось стандартное уплотнение.

По графику (рис. 10) могут быть получены значения $W_о$ и $\gamma_{ск.макс}$ более достоверные, чем по формулам.

Предварительное определение максимальной объемной массы скелета грунта и оптимальной влажности при изыскательских работах для глин и суглинков можно осуществлять в малом приборе СоюздорНИИ (рис. 11).

При текущем контроле малый прибор СоюздорНИИ можно использовать лишь для некоторых видов грунтов (в частности для однородных песков).

Прежде чем его применить, нужно провести специально исследования по сравнению результатов уплотнения этого грунта в большом и малом приборах. Расхождения результатов не должны пре-

вышать допустимых пределов (0,04 г/см³). Малый прибор состоит из подстаканника с двумя закрепляющими винтами, разъемного цилиндра объемом 100 см³, направляющего насадного цилиндра, плунжера, передающего ударную нагрузку, гири массой 2,5 кг, направляющего стержня и рукоятки. В нижней части разъемного цилиндра помещается металлическая пластинка.

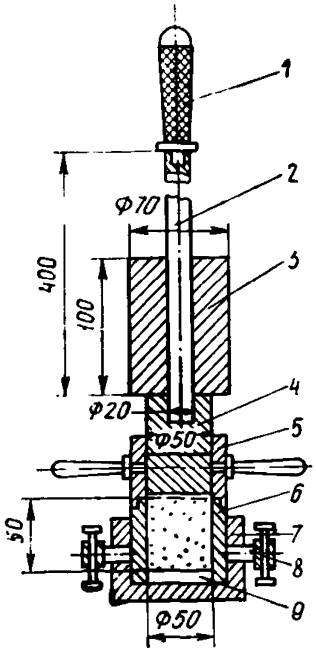

Рис. 11. Малый прибор Союздор-НИИ для стандартного уплотнения

1 — рукоятка; *2* — направляющий стержень; *3* — гиря; *4* — плунжер; *5* — направляющий насадный цилиндр; *6* — разъемный цилиндр; *7* — подстаканник; *8* — закрепляющие винты; *9* — металлическая пластинка

Образец грунта в воздушно-сухом состоянии, просеянного через сито с отверстиями 5 мм, массой 1 кг, помещают в чашку, тщательно перемешивают, увлажняют до влажности, на 8—10% меньшей, чем оптимальная[1], и вновь перемешивают.

Увлажненный грунт насыпают в цилиндр, вставленный в подстаканник и зажатый винтами, на дне которого помещена металлическая пластинка. Внутренние стенки цилиндра и пластинка должны быть смазаны керосином, чтобы грунт легче отделялся от стенок. После этого на разъемный цилиндр надевают насадный цилиндр и насыпают грунт до верхнего края формы. В форму вставляют плунжер (плоскость его, соприкасающаяся с грунтом, также смазывается керосином) с направляющим стержнем и уплотняют грунт ударами гири, падающей с высоты 300 мм. Количество ударов должно быть равно 12 для суглинков и глин и 15 для жирных глин.

После уплотнения грунта плунжер и насадный цилиндр осторожно снимают и тщательно срезают поверхность грунтового образца до уровня краев разъемного цилиндра. Цилиндр разбирают и из него вынимают образец грунта, который взвешивают на технических весах с точностью до 1 г.

---

[1] Ориентировочно оптимальную влажность суглинка принимают 12—22%, глины — 16—26%.

Рассчитывают объемную массу влажного грунта $\gamma_{вл}$, г/см³ по формуле

$$\gamma_{вл} = \frac{P}{V}, \qquad (21)$$

где P — масса образца в г;

V — объем разъемного цилиндра в см³.

Часть образца помещают в бюксы для определения влажности. Определив влажность, рассчитывают объемную массу скелета по формуле (12) (прил. 3.1).

Увеличивают влажность грунта в чашке на 2—3% и повторяют опыт.

Испытания проводят до тех пор, пока объемная масса влажного грунта не станет уменьшаться при увеличении его влажности.

За оптимальную влажность принимают влажность, соответствующую наибольшей объемной массе скелета грунта.

4. Определение объемной массы грунтов методом лунок

При содержании в грунте включений гравелистых частиц, щебенки, мерзлых комьев, а также при возведении насыпей из каменных материалов контроль за уплотнением грунта может осуществляться методом засыпки лунок сухим песком.

Для этого используют отдельные фракции песка 0,5—1 мм, 1—2 мм. Песок не должен содержать пылеватых и глинистых частиц; если такие частицы имеются, их следует отмыть и песок высушить.

На уплотненном слое грунта выравнивают небольшую площадку и выкапывают лунку глубиной 10—15 см и объемом 3—5 л (при выкапывании лунки нельзя сминать края и боковые стенки лунки

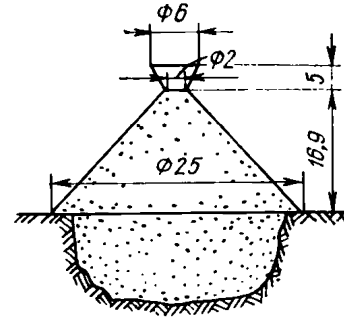

Рис. 12. Установка воронки над лункой

рабочим инструментом: это может привести к увеличению объема лунки и искажению получаемых результатов). При большом количестве крупных включений объем лунки следует увеличить до 10 л. Грунт из лунки тщательно собирают и взвешивают.

Объем лунки определяют следующим образом.

Над лункой устанавливают двойную жестяную воронку с диаметром основания 25 см (рис. 12). В лунку и нижнюю воронку через верхнюю воронку насыпают сухой песок. Объем засыпаемого песка измеряют мерными стеклянными цилиндрами емкостью 0,1—1 л с точностью до 5 см³ (основной объем песка может быть за-

сыпан в лунку любым мерным сосудом, остальную часть песка до полного заполнения лунки желательно засыпать небольшими мерными цилиндрами емкостью не более 0,1—0,25 л). Песок в цилиндр насыпают через обычную воронку без встряхивания. Вычитая из общего объема песка его объем, находящийся в воронке, получим объем песка в лунке, т. е. объем лунки.

Разделив массу грунта, извлеченного из лунки, на его объем, определяют объемную массу влажного грунта.

Для определения влажности грунта необходимо высушить весь образец, взятый из лунки, или, если это невозможно, определить влажность частиц грунта с диаметром менее 5 мм и внести поправку на содержание частиц крупнее 5 мм по формуле

$$W_o' = W_o \frac{100 - A}{100}, \qquad (22)$$

где W_o — оптимальная влажность для отсеянного грунта менее 5 мм в %;

A — содержание частиц крупнее 5 мм в %.

5. Определение объемной массы каменной наброски

В местах контрольных определений выравнивается поверхность наброски. На выровненную поверхность укладывается рама (из дерева или иного материала) размером 1,2×1,2 или 2×2 м в зависимости от намечаемой глубины шурфа. Затем по габаритам рамы выкапывается шурф объемом 1—2 м³ и весь выбранный камень с разделением по крупности взвешивается на десятичных весах.

Объем шурфа определяется путем наполнения его водой. Для этого дно и стенки шурфа предварительно покрываются цельным куском полиэтиленовой пленки.

При заполнении шурфа водой уложенная в него пленка принимает форму шурфа и благодаря этому объем воды достаточно хорошо фиксирует объем шурфа.

В зависимости от глубины шурфа $h_ш$ рекомендуется использовать полиэтиленовые пленки следующей толщины δ при:

$h_ш = 0{,}5$ м $\delta = 0{,}05$ мм;
$h_ш = 0{,}5$—1 м $\delta = 0{,}08$—0,1 мм;
$h_ш = 1$—3 м $\delta = 0{,}15$—0,2 мм.

Для предупреждения возможной утечки воды из шурфа в случае пореза тонкой пленки острыми выступами камня последние обиваются молотком до покрытия стенок и дна шурфа пленкой.

Объем шурфа определяется с помощью объема воды, вылитого из мерного сосуда. Объемная масса каменной наброски определяется как частное от деления массы вынутого камня на замеренный объем шурфа.

Для проверки правильности замера объема шурфа следует убедиться в целостности пленки. Для этого нужно понаблюдать положение горизонта воды в наполненном шурфе. Если снижения горизонта воды не наблюдается, то следовательно, пленка отверстий не имеет и произведенный замер шурфа следует считать правильным.

6. Определение объемной массы скелета грунтов радиометрическими методами

Для измерения объемной массы скелета грунта используют гамма-излучение радиоактивных изотопов.

Приборы, созданные для этой цели, работают или по принципу просвечивания (радиометрические вилки, двухзондовые приборы), или по принципу рассеивания (однозондовые приборы, поверхностные радиоактивные плотномеры).

Радиометрические вилки и зонды для определения объемной массы скелета грунтов при полевом контроле за уплотнением земляного полотна малопригодны, потому что при работе с этими приборами необходимо пробуривать скважины, особенно в плотных связных и мерзлых грунтах, что нарушает уплотненное состояние их и снижает точность показаний приборов. Поэтому целесообразнее применять поверхностные радиоактивные плотномеры.

В Советском Союзе серийно выпускаются поверхностные гамма-плотномеры типа ПГП-1 с источником излучения — цезий-137. К недостаткам этого прибора следует отнести наличие сложного пересчетного устройства типа М-30, которое, как показали исследования, следует заменить радиометром РПП-1 со стрелочным индикатором.

Кроме того, поверхностный плотномер позволяет производить измерение на небольшую глубину — до 20 см. Для повышения глубины измерения следует применять изотоп кобальт-60.

Погрешность измерения объемной массы скелета $\pm 0{,}05$ г/см³.

При работе с прибором типа ПГП-1 предварительно составляют тарировочную кривую для основных видов уплотняемых грунтов. Для обеспечения достаточной точности измерения в полевых условиях расчищают и тщательно выравнивают площадку размером $0{,}5 \times 0{,}3$ м.

Устанавливают прибор и замеряют:

1) гамма-излучение в контрольно-колибровочном устройстве (2—4 мин);

2) рассеянное гамма-излучение от грунта (2—4 мин).

По тарировочной кривой определяют значение объемной массы скелета грунта.

Для контроля работы гамма плотномера одновременно с измерением объемной массы скелета этим прибором на каждом пятом поперечнике отбирают образцы грунта методом кольца или определяют объемную массу скелета прибором Ковалева.

Влажность грунта может быть также определена радиоактивным (нейтронным) влагомером типа НИВ-1. Точность измерения влажности составляет 1—2%.

Выбор типа радиометрического прибора для контроля за объемной массой скелета и влажностью грунта зависит от типов применяемых грунтоуплотняющих машин.

При работе с радиоактивными приборами необходимо руководствоваться указаниями по их эксплуатации, Временными указаниями РСН 234-71 Госстроя УССР, а также строго соблюдать требования СНиП III-А.11-70 «Техника безопасности в строительстве» и инструкцию «Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений № 333/60».

7. Определение объемной массы скелета грунтов в насыпях, возводимых в зимнее время

1. В процессе контроля объемной массы скелета грунта в насыпях производится определение:

а) фактической объемной массы скелета грунта различных слоев насыпи;

б) фактического процентного содержания мерзлых комьев грунта, а также их средних и максимальных линейных размеров в каждом слое непосредственно перед уплотнением;

в) ожидаемой осадки насыпи при ее оттаивании.

2. При контроле объемной массы скелета грунта насыпей, возводимых из мерзлых глинистых грунтов, определяется отдельно объемная масса скелета мерзлого и немерзлого грунта, заполняющего пустоты между мерзлыми комьями.

3. Для определения объемной массы скелета мерзлого грунта из насыпи отбираются пробы в виде отдельных комьев наиболее часто встречающейся формы массой примерно по 1 кг.

Мерный сосуд емкостью 4—5 л заполняется на $^2/_3$ своего объема водой, имеющей температуру около 0°, и взвешивается.

В сосуд осторожно опускается ком мерзлого грунта, вновь замеряется уровень воды, и сосуд взвешивается.

Объемная масса мерзлого грунта $\gamma_{вл.м}$, г/см³ определяется по формуле

$$\gamma_{вл.м} = \frac{G_2 - G_1}{V_2 - V_1}, \qquad (23)$$

где G_1 — масса сосуда с водой в г;

G_2 — масса сосуда с водой и комом мерзлого грунта в г;

V_1 и V_2 — объем воды в сосуде до и после погружения в него кома мерзлого грунта в см³.

Влажность мерзлого грунта определяется после отбора проб грунта массой не менее 30 г из мерзлых комьев, согласно указаниям прил. 3.2.

4. Объемная масса скелета мерзлого грунта $\gamma_{ск.м}$, г/см³ определяется по формуле

$$\gamma_{ск.м} = \frac{\gamma_{вл.м}}{1 + 0{,}01\, W_м}, \qquad (24)$$

где $W_м$ — влажность по массе мерзлого грунта в %;

$\gamma_{вл.м}$ — объемная масса мерзлого грунта в г/см³.

За объемную массу скелета мерзлого грунта принимается средняя величина объемной массы скелета мерзлого грунта, полученная при испытании не менее трех комьев.

5. Для установления объемной массы скелета непромерзшего грунта пробы на объемную массу скелета и влажность берутся в соответствии с указаниями п. 8.8.

8. Влагоемкость грунтов и ее определение

Под влагоемкостью понимают способность грунтов вмещать в порах и удерживать на поверхности частиц то или иное количество воды. Численно величина влагоемкости, так же как влажность грунтов, выражается в долях единицы или в процентах от массы абсолютно сухой навески.

По отношению к видам воды различают следующие виды влагоемкости:

1) гигроскопическую влагоемкость или влажность W_h;
2) максимальную молекулярную влагоемкость W_m;
3) капиллярную влагоемкость $W_к$;
4) полную влагоемкость W_t.

Гигроскопической влагоемкостью, или гигроскопичностью грунта W_h, называется способность частиц грунта притягивать из воздуха парообразную влагу. Различают два вида гигроскопичности: неполную и максимальную.

Под неполной гигроскопичностью подразумевают то количество водяных паров, которое поглощается грунтом из воздуха при данной относительной влажности воздуха. Определение неполной гигроскопичности ничем не отличается от обычного определения влажности.

Максимальной гигроскопичностью, или максимальной гигроскопической влагоемкостью грунта, называется максимальное количество водяного пара, которое может поглотить данный грунт из воздуха при полном насыщении последнего водяными парами.

Максимальная гигроскопичность для данного вида грунта — величина постоянная. Количество гигроскопической воды, которое может адсорбировать тот или иной грунт, зависит от суммарной поверхности частиц: чем больше суммарная поверхность частиц, тем больше гигроскопичность грунта.

Максимальной молекулярной влагоемкостью грунта W_m называется максимальное количество гигроскопической и пленочной воды, удерживаемое частицами этого грунта.

Капиллярной влагоемкостью $W_к$ называется максимальное количество воды, удерживаемое в капиллярных порах.

Полной влагоемкостью W_t называется максимальное количество воды, заключенное в грунте при полном насыщении его водой. При таком состоянии грунта водой заполняются не только капиллярные промежутки, но и все поры.

Определение максимальной молекулярной влагоемкости грунтов методом влагоемких сред

Берут 50—70 г воздушно-сухого грунта, растирают в ступке и просеивают через сито 0,5 мм.

Грунт, прошедший через сито 0,5 мм, замешивают в чашке с водой до рабочего состояния.

На кусочек батиста (полотна) кладут шаблон и заполняют его грунтовым тестом, избыток теста удаляют ножом. Шаблон аккуратно снимают.

Приготовленную грунтовую лепешку (диаметром 50 мм, толщиной 2 мм) покрывают сверху батистом, и с обеих сторон кладут пакеты фильтровальной бумаги (по 20 листов). С той и с другой стороны кладут деревянные дощечки, и весь образец устанавливают под гидравлический пресс, доводят сжатие до 65 кгс/см² в течение 10 мин, поддерживая давление постоянным. Показание манометра при сжатии определяют по формуле

$$ПМ = \frac{65F}{S}, \qquad (25)$$

где F — площадь образца в см²;

S — площадь поршня пресса в см².

По окончании прессования образец вынимают, лепешечку ломают и определяют ее влажность весовым методом. Расхождение между двумя параллельными определениями допускают не более 1%.

Максимальную молекулярную влагоемкость рассчитывают по формуле

$$W_{мол} = \frac{q_0 - q}{q - q_1} 100, \qquad (26)$$

где q_0 — масса бюкса с влажным грунтом (после прессования) в г,

q_1 — масса пустого бюкса в г;

q_1 — масса пустого бюкса.

По величине максимальной молекулярной влагоемкости грунты делятся на:

песчаные — 1—7%;

супесчаные — 9—13%;

суглинистые — 15—23%;

глинистые — 25—35% и выше.

Полная влагоемкость грунтов и ее определение

Для грунтов, не набухающих в воде, полная влагоемкость равна максимально возможной влажности при данной пористости. Для грунтов, объем которых в воде увеличивается, полная влагоемкость больше максимальной влажности при данной пористости и равна влажности набухания.

Определение полной влагоемкости песчаных грунтов надо вести следующим образом.

1. В предварительно взвешенный стеклянный или металлический стакан объемом около 200 см³ насыпать, с легкой утрамбовкой, испытуемый грунт.

2. Насытить грунт в стакане водой до появления на поверхности грунта тонкой пленки воды и взвесить.

3. Высушить испытуемый грунт в сушильном шкафу при температуре 105°С до постоянной массы и вычислить влажность, которая будет равна искомому значению полной влагоемкости.

Полную влагоемкость ненабухающих грунтов можно определить также по следующим формулам:

$$W_0 = \frac{100\varepsilon}{\gamma}; \qquad (27)$$

$$W_0 = \frac{n}{\delta}; \qquad (28)$$

$$W_0 = \frac{100\varepsilon}{\delta(1+\varepsilon)}; \qquad (29)$$

$$W_0 = \left(\frac{1}{\delta} - \frac{1}{\gamma}\right) 100; \qquad (30)$$

$$W_0 = \frac{n}{\gamma(100 - n)}. \qquad (31)$$

Полную влагоемкость набухающих грунтов вычисляют по данным определения набухания.

9. Определение набухания грунтов в приборе ПНЗ-2 конструкции Знаменского

Набуханием грунта называется увеличение его объема при взаимодействии с водой, которое определяется в следующем порядке.

1. Острым режущим краем поставить кольцо в вертикальном положении на зачищенную поверхность монолита грунта и, вдавливая его в монолит, постепенно обрезать грунт с внешней стороны кольца. Когда над кольцом появится слой грунта высотой 1—1,5 см, осторожно отделить кольцо с грунтом от монолита и срезать избыток грунта на обеих плоскостях вровень с краями кольца.

Эту операцию необходимо выполнить очень тщательно, чтобы объем грунта в кольце точно соответствовал объему полости кольца.

2. Взвесить режущее кольцо прибора на технических весах до начала набора грунта q_1 и после его набора q_2, тщательно очистив кольцо от приставших к нему снаружи частиц грунта. Взвешивание выполнить с погрешностью до 0,01 г.

3. Перед началом опыта произвести подготовку прибора. Налить в водомерную трубку воды и слегка открыть кран. Как только вода покажется на дне прибора, закрыть кран. Воду применять дистиллированную или взятую в месте отбора изучаемого грунта.

4. Вставить кольцо с грунтом в дно прибора, поставить на грунт поршень, а затем ввинтить крышку в дно прибора.

5. Установить индикатор так, чтобы его ножка соприкасалась с шейкой поршня. Установленный индикатор закрепить винтом и записать в журнале наблюдений (прил. 2.13) показание индикатора (нулевой отсчет).

6. Заметив время, открыть кран для свободного доступа воды к образцу.

7. Следить за показанием индикатора, записывая их в журнал наблюдений (прил. 2.13) через 10, 20, 30 мин; 1, 2, 3, 4, 5, 6 ч от начала опыта, а затем через 24 ч. Опыт считается законченным, если приращение показания индикатора не превышает 0,02 мм/сутки.

8. По окончании опыта извлечь кольцо с грунтом из прибора, насухо протереть его, удалить с поверхности грунта капли воды, взвесить кольцо с грунтом q_3, а затем поместить в сушильный шкаф и высушить до постоянной массы.

9. Вынуть кольцо с грунтом из сушильного шкафа, охладить в эксикаторе, взвесить q_4 и вычислить начальную влажность грунта W_0' и конечную влажность грунта $W_к$ по формулам.

$$W_0' = \frac{q_в - q_с}{q_с} 100\%; \tag{32}$$

$$W_к = \frac{q - q_с}{q_с} 100\%, \tag{33}$$

где $q_в = (q_2 - q_1)$ — масса влажного грунта до опыта в г (q_1 — масса кольца в г; q_2 — масса кольца с грунтом до опыта в г);

$q_с = (q_4 - q_1)$ — масса сухого грунта (q_4 — масса кольца с высушенным грунтом) в г;

$q = (q_3 - q_1)$ — масса влажного грунта после опыта в г (q_3 — масса кольца с влажным грунтом после опыта).

Конечная влажность $W_к$ и будет характеризовать влажность чабухания $W_{наб}$.

10. Вычислить величину набухания ΔV по формуле

$$\Delta V = \frac{\Delta h}{h} 100\%, \qquad (34)$$

где Δh — приращение высоты образца по показаниям индикатора в мм (разность между последним и нулевым отсчетами);
h — начальная высота образца, равная высоте кольца, в мм.

10. Определение плотности грунтов

Грунты незасоленные

Образец грунта в воздушно-сухом состоянии размельчают в фарфоровой ступке фарфоровым пестиком; отбирают из размельченного грунта методом «квадратов» среднюю пробу массой примерно 100—200 г и просеивают через сито с отверстиями 0,25 мм; остаток на сите переносят в ступку, дробят и снова просеивают через то же сито. Измельченный и просеянный грунт тщательно перемешивают и берут в пикнометр навеску для определения плотности (методом «квадратов»); навески принимают: для глин и суглинков 12—15 г на 100 см³ емкости пикнометра, для песков и супесей — 15—18 г. Пикнометр должен быть заранее высушен и взвешен.

Одновременно из этого же грунта берут две навески для определения количества гигроскопической влаги по ГОСТ 5180—64. Взвешивают с погрешностью до 0,01 г на технических весах.

Взвешенный в пикнометре воздушно-сухой грунт заливают дистиллированной водой примерно на $^1/_2$ емкости пикнометра, взбалтывают и кипятят на песчаной бане, не допуская разбрызгивания; в случае образования обильной пены при закипании температуру песчаной бани снижают; кипячение ведут в течение 1 ч (считая с момента закипания) для суглинков и глин, в течение 30 мин для песков и супесей. После кипячения пикнометр доливают дистиллированной водой до мерной черты, помещают в ванну с водой и охлаждают до 20°С (или до комнатной температуры); при установившейся температуре воды в ванне пикнометры выдерживают не менее 1 ч. Температура воды (измеряется термометром с погрешностью до 0,5°С) должна быть постоянной.

После охлаждения в пикнометр по каплям (пипеткой) добавляют дистиллированную воду (имеющую такую же температуру, как и суспензия в пикнометре) до мерной черты (нижний мениск воды должен находиться на уровне мерной черты).

Пикнометр снаружи вытирают сухим полотенцем, внутри, до мерной черты, — фильтровальной бумагой и взвешивают, после чего суспензию из пикнометра выливают, тщательно его ополаскивают в ванне с водой при той же температуре, при которой выдерживался пикнометр с суспензией. Затем по каплям добавляют кипяченую дистиллированную воду такой же температуры, как и температура суспензии в пикнометре, до мерной черты (устанавливая нижний мениск над чертой). Пикнометр вытирают и взвешивают.

Величину плотности грунта $\gamma_у$, г/см³ вычисляют по формуле (с погрешностью до 0,01 г/см³):

$$\gamma_у = \frac{P_0}{P_0 + P_3 - P_2} \gamma_в, \qquad (35)$$

где P_0 — масса абсолютно сухого грунта в г;
P_2 — масса пикнометра с водой и грунтом в г;
P_3 — масса пикнометра с водой в г;
$\gamma_в$ — плотность воды в г/см³ (обычно принимаемая равной 1).

Массу абсолютно сухой навески P_0 вычисляют по формуле

$$P_0 = \frac{P_1}{1 + \frac{W_1}{100}}, \qquad (36)$$

где P_1 — масса грунта в пикнометре в воздушно-сухом состоянии в г;
W_1 — количество гигроскопической воды в %.

Для каждого образца грунта проводят два параллельных определения плотности. Расхождение результатов допускается не более 0,02.

За плотность образца грунта принимают среднее арифметическое результатов параллельных определений.

Грунты засоленные

Измельченный и просеянный грунт тщательно перемешивают и берут в бюкс навеску (величина навески указывалась ранее). Грунт в бюксе высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 100—105°С. Сухую навеску переносят в высушенный и взвешенный пикнометр. Пикнометр с грунтом взвешивают.

Наливают в пикнометр с грунтом керосин (примерно до половины) и взбалтывают. Вместо кипячения применяют вакуумирование: степень разрежения при вакуумировании определяется началом выделения пузырьков воздуха; вакуумирование продолжают до прекращения выделения пузырьков, но не менее 1 ч. Вакуумирование можно заменить взбалтыванием.

Плотность керосина должна быть заранее определена с помощью ареометра.

После вакуумирования или взбалтывания в пикнометр доливают керосин и выдерживают в ванне с водой при постоянной температуре в течение 1 ч. Затем керосин добавляют до мерной черты, пикнометр вытирают и взвешивают, после чего грунт и керосин из пикнометра выливают, пикнометр ополаскивают керосином, наливают последний в пикнометр, выдерживают в течение часа при той же температуре, добавляют керосин до мерной черты и взвешивают.

Величину плотности грунта $\gamma_у$, г/см³ вычисляют по формуле

$$\gamma_у = \frac{P_0}{P_0 + P_3 - P_2} \gamma_к, \qquad (37)$$

где P_0 — масса грунта в пикнометре в г;
P_2 — масса пикнометра с керосином и грунтом в г;
P_3 — масса пикнометра с керосином в г;
$\gamma_к$ — плотность керосина в г/см³.

11. Определение числа пластичности

Под числом пластичности $W_п$ понимается разница между влажностью на границе текучести $W_т$ и влажностью на границе раскатывания $W_р$, т. е.

$$W_п = W_т - W_р, \tag{38}$$

где $W_т$ — влажность на границе текучести в %;
$W_р$ — влажность на границе раскатывания в %.

Результаты определения пластичности грунта записываются в журнал, составленный по форме прил. 2.5.

12. Определение границы раскатывания

Под границей раскатывания понимают влажность, при которой тесто, изготовленное из грунта и воды, раскатываемое в жгут диаметром 3 мм, распадается на кусочки длиной 3—10 мм.

Грунт подготовляют к испытанию так же, как и для определения границы текучести по ГОСТ 5184—64.

Затем выполняют следующее:

1. Из подготовленного грунтового теста берут небольшой кусочек, раскатывают ладонью на стекле до образования жгута диаметром около 3 мм (вместо стекла можно использовать гладкую металлическую пластинку, плотную глянцевую или восковую бумагу).

2. Если жгут не крошится, его переминают и вновь раскатывают до указанного диаметра; если жгут при диаметре 3 мм начинает крошиться по всей длине на отдельные кусочки 3—10 мм, считают, что граница раскатывания найдена. Кусочки грунта собирают в бюкс и закрывают крышкой. Затем операцию повторяют, пока масса грунта в бюксе не достигнет 10 г. В дальнейшем влажность грунта определяют путем высушивания его в бюксе до постоянного веса в соответствии с ГОСТ 5179—64.

3. Границу раскатывания каждого образца грунта определяют не менее двух раз. При этом расхождение массы по влажности допускается не более 2%. За величину влажности на границе раскатывания принимают среднее арифметическое из выполненных определений, выраженное в целых процентах.

4. Если из увлажненного грунта невозможно раскатывать жгут диаметром 3 мм, то считают, что данный грунт не имеет границы раскатывания.

Методика определения влажности на границе раскатывания ускоренным способом

Ускоренным способом определение границы раскатывания рекомендуется только для несцементированных глинистых грунтов — супесей, суглинков и глин (предварительно проводят пробное определение раскатываемости грунта для выявления его вида: относится он к глинистым или к песчаным).

Границу раскатывания этим методом определяют следующим образом.

1. Грунт в воздушно-сухом состоянии размельчают и просеивают сквозь сито с отверстиями 0,5 мм.

2. Примерно 150 г грунта замешивают с дистиллированной водой до тестообразного состояния, как это делают при подготовке грунта к определению границы текучести. Как правило, используют грунт, остающийся после определения границы текучести балансирным конусом

Примечание. Для ускорения водоотдачи высокосвязные грунты — глины — рекомендуется замешивать на слабосолевом растворе $CaCl_2$ (0,5 г соли на 1 л воды).

3. На ровную поверхность, покрытую листом бумаги, кладут металлический шаблон — кольцо высотой 2 мм и диаметром 50 мм и заполняют его грунтовой массой. Избыток грунта, выступающего из шаблона, срезают ножом заподлицо с краем шаблона. Шаблон снимают, а полученный образец перекладывают на одну половину полоски из полотна (не синтетического) и покрывают сверху другой половиной.

4. Приготовленный образец помещают между двумя пачками фильтровальной бумаги по 15—20 листов каждый (диаметр листка не менее 10 см).

5. Под образец подкладывают металлическую пластинку со строго параллельными плоскостями и покрывают такой же пластинкой сверху. Толщина металлической пластинки должна быть не менее 4—5 см, а минимальные размеры пластинок в плане — не менее 10 см.

6. Образец устанавливают на гидравлический или рычажный пресс и выдерживают при нагрузке 200 кгс (10 кгс/см^2) с погрешностью $\pm$20 кгс ($\pm$1 кгс/см^2).

Примечание. Давление, показываемое манометром гидравлического пресса, $P_м$, кгс/см^2, соответствующее сжатию P= =10 кгс/см^2, вычисляют заранее по формуле

$$P_м = \frac{\omega P}{F}, \qquad (39)$$

где P — требуемое давление в кгс/см^2;

ω — площадь образца в см^2;

F — площадь поршня пресса в см^2.

7. Время выдерживания образцов под нагрузкой составляет 10 мин $\pm$1 мин.

8. Спрессованный образец разламывают и помещают в сушильный стаканчик, взвешивают и сушат до постоянной массы при температуре 100—105°С в сушильном шкафу или иным ускоренным способом.

9. Одновременно можно закладывать несколько образцов (2—4), устанавливая их столбиком и разделяя металлическими пластинками.

Параллельное определение границы раскатывания одного и того же образца грунта рекомендуется проводить при повторной закладке. Фильтровальную бумагу можно использовать несколько раз, предварительно высушивая ее после каждого употребления.

Полотно необходимо промыть чистой водой и высушить.

10. Если значение полученной влажности составит менее 11—12%, следует проверить пробную раскатку образца для выявления его вида, так как подобный грунт, по всей вероятности, является песком или находится на границе с супесью.

13. Определение границы текучести грунтов балансирным конусом

1. Границу текучести грунта определяют с помощью балансирного конуса (ГОСТ 5184—64), основная часть которого — полированный конус из нержавеющей стали и балансирное устройство, состоящее из двух шариков с коромыслом (рис. 13).

Общая масса прибора 75 г (с погрешностью до ±0,2 г).

Под границей текучести понимают влажность (в процентах) грунтового теста, при которой конус прибора под действием собственной массы погружается за 5 с на 10 мм (до круговой метки).

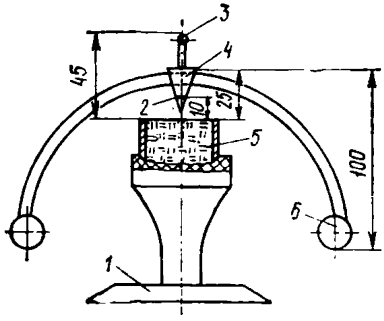

Рис. 13. Балансирный конус для определения границы текучести (по ГОСТ 5184—64)

1 — подставка; *2* — круговая метка; *3* — ручка; *4* — конус с углом 30°; *5* — грунтовое тесто; *6* — балансирный шар

2. Пробу воздушно-сухого грунта массой около 500 г, просеянного через сито с отверстиями 1 мм, замешивают дистиллированной водой до получения густого теста и до испытания конусом выдерживают в закрытом сосуде не менее 20—30 мин (для тяжелых суглинков и глин время выдерживания следует увеличить до 2 ч).

3. Подготовленным тестом (с помощью шпателя) заполняют небольшими порциями стаканчик, постукивая его об упругую поверхность, чтобы избежать образования в тесте воздушных полостей. Поверхность теста сглаживают шпателем наравне с краями стаканчика.

4. К поверхности грунтового теста, находящегося в стаканчике, подносят конус, смазанный слегка вазелином или жиром, и опускают его, позволяя ему погружаться в тесто под действием собственной массы.

Если конус погрузится на 10 мм в течение 5 с, то значит достигнута искомая граница текучести.

5. Влажность теста меньше границы текучести, если конус погрузится за 5 с менее чем на 10 мм. В этом случае тесто вынимают из стаканчика, присоединяют к приготовленному тесту, добавляют в него немного дистиллированной воды, тщательно перемешивают и испытания повторяют.

Если конус погрузится за 5 с более чем на 10 мм, то влажность грунта больше границы текучести.

В этом случае грунтовое тесто в закрытом сосуде переносят на стекло, перемешивают шпателем, давая ему немного подсохнуть, затем повторяют операции, указанные в пп. 3 и 4.

6. Для каждого образца грунта производят не менее двух определений, и расхождение в их результатах допускается не более 2%.

За границу текучести образца грунта принимают среднее арифметическое результатов определений влажности.

7. Результаты определения границы текучести должны сопровождаться указанием процентного содержания (по массе) растительных остатков, если весовое количество их составляет более 5% массы сухой минеральной части грунта.

8. Влажность грунта, соответствующая границе текучести, определяют или высушиванием до постоянной массы при 105°С, или плотномером — влагомером Ковалева. Кольцо прибора наполняют грунтом подобранной консистенции вровень с краями. Дальнейший ход работ по определению влажности прибором Ковалева описан ранее (прил. 3.2).

14. Ускоренное определение границы текучести грунтов в полевых условиях

Ускоренное определение границы текучести грунта в полевых условиях производится при помощи балансирного конуса (см. прил. 3.3) и плотномера — влагомера Ковалева (см. прил. 3.2). При этом с помощью балансирного конуса непосредственно в полевых условиях подбирается консистенция грунта, соответствующая границе текучести, а с помощью плотномера — влагомера Ковалева определяется влажность грунта при указанной консистенции. По величине границы текучести грунта расчетом определяются оптимальная влажность и максимальная объемная масса скелета методом, указанным в прил. 3.3.

Работа выполняется в следующем порядке.

Среднюю пробу грунта в количестве 500 г размешивают с водой до густоты теста и оставляют на 20 мин для перераспределения влаги.

Подбирают консистенцию грунтового теста, которое соответствует погружению балансирного конуса на глубину 10 мм (см. прил. 3.13).

Наполняют в уровень с краями режущий цилиндр плотномера — влагомера Ковалева (емкость 200 см^3) грунтом подобранной консистенции.

Определяют влажность теста. Находят максимальную объемную массу скелета грунта.

15. Гранулометрический анализ с применением пипетки

Применяя пипеточный анализ в качестве самостоятельного метода анализа глинистых грунтов, определяют содержание фракций 0,05—0,01 мм; 0,01—0,005 мм; 0,005—0,001 мм; меньше 0,001 мм.

Для анализа рекомендуется применять пипетку, у которой нижний конец ствола запаян и имеет четыре боковых отверстия, через которые суспензия поступает внутрь пипетки. Конструкция пипетки должна обеспечивать быстрый и точный отбор необходимого объема суспензии и возможность смывания небольшой струей воды частиц грунта, задерживающихся на стенках пипетки.

Подготовка анализа

1. Взять методом «квадратов» среднюю пробу воздушно-сухого грунта, прошедшего через сито с отверстиями 0,5 мм, поместить в предварительно взвешенную фарфоровую чашку и взвесить на аналитических весах с точностью до 0,01 г.

Масса средней пробы должна составлять: для глин около 10 г, для суглинков около 15 г, для супесей около 20 г.

Одновременно с отбором пробы для гранулометрического анализа отобрать пробы для определения гигроскопической влажности, плотности, сделать проверку на коагуляцию и, если окажется необходимым, произвести отмывку водорастворимых солей.

2. Пробу, отобранную для гранулометрического анализа, перенести в колбу емкостью 200—250 мл и долить дистиллированной водой в количестве не более 200 мл. Объем воды, затрачиваемой на смывание пробы с фильтра (в случае отмывки солей), также не должен превышать 200 мл. В колбу с пробой добавить 1 мл 25%-ного раствора аммиака для предупреждения коагуляции, закрыть колбу пробкой с обратным холодильником и кипятить в течение 1 ч.

3. После кипячения суспензию остудить и слить в фарфоровую чашку, пропуская сквозь сито с отверстиями 0,1 мм.

4. Оставшиеся на сите частицы и комочки смыть струей дистиллированной воды из промывалки в другую чашку, где тщательно растереть резиновым пестиком. Образовавшуюся муть пропустить через то же сито и профильтровавшуюся суспензию добавить к суспензии, ранее прошедшей через сито.

Операции растирания и фильтрации через сито продолжать до тех пор, пока при растирании остатка резиновым пестиком вода над остатком не будет оставаться прозрачной.

5. Промытый остаток на сите 0,1 мм смыть в фарфоровую чашку или тигель, выпарить на песчаной бане и высушить до постоянной массы при температуре 100—105°С.

6. Проверить высушенный остаток на полноту просева через сито 0,1 мм (частицы, прошедшие через сито 0,1 мм, перенести в суспензию, содержащую частицы меньше 0,1 мм), после чего просеять сквозь сито 0,25 мм. Частицы, оставшиеся на сите 0,25 мм (фракция 0,5—0,25 мм), и частицы, прошедшие сквозь него (фракция 0,25—0,1 мм), собрать в предварительно взвешенные бюксы или часовые стекла и взвесить. Взвешивание произвести на аналитических весах.

7. Суспензию, прошедшую сквозь сито 0,1 мм и собранную в фарфоровой чашке, взмутить, дать отстояться в течение 1 мин и слить без остатка в стеклянный цилиндр емкостью 1 л и внутренним диаметром 60 мм.

8. Оставшийся в чашке осадок растереть резиновым пестиком, добавить дистиллированной воды и после минутного отстаивания слить суспензию без осадка в тот же цилиндр. Для предупреждения коагуляции в дистиллированную воду добавить 25%-ного раствора аммиака из расчета 0,5 мл аммиака на 1 л дистиллированной воды.

Растирание осадка и сливание суспензии продолжать до тех пор, пока в чашке не останется чистый песок (в чем можно убедиться по прозрачности воды), а цилиндр не окажется почти доверху наполненным суспензией.

9. Смыть оставшийся в чашке осадок в цилиндр и довести объем жидкости в цилиндре до 1 *л*, добавляя дистиллированную воду (с аммиаком).

Ход анализа

10. Поставить цилиндр на штатив прибора. Суспензию в цилиндре тщательно взболтать до полного исчезновения осадка на дне, заметить по секундомеру время окончания взбалтывания и оставить суспензию в покое до отстаивания.

11. Перед каждым отбором пробы (за 5—10 мин до отбора) произвести контрольный замер температуры суспензии. Замеры температуры производить в отдельных цилиндрах или в мензурке.

12. По истечении необходимого для отстаивания времени, зависящего от плотности грунта, температуры суспензии и глубины взятия пробы отобрать с помощью пипетки пробу частиц меньше 0,05 мм. После этого суспензию вновь взмутить, дать отстояться и через соответствующие промежутки времени взять пробы частиц меньше 0,01 мм, меньше 0,005 мм и меньше 0,001 мм.

Время отстаивания суспензии (от окончания взбалтывания до взятия очередной пробы) при плотности грунта $\gamma = 2{,}65$ и температуре суспензии 17,5°С, необходимое для отстаивания суспензии перед взятием пробы с глубины 10 см (от поверхности суспензии), для различных фракций равно:

для фракции $<0{,}05$ мм — 48 с
» » $<0{,}01$ » — 19 мин 47 с.,
» » $<0{,}005$ » — 1 ч 19 мин 8 с
» » $<0{,}001$ » — 32 ч 59 мин

Для других значений плотности грунта, температуры суспензии и глубины взятия пробы время отстаивания T, с может быть определено по формуле

$$T = \frac{4{,}5\, h\, \eta}{Q\, r^2\, (\gamma_y - \gamma_в)}, \qquad (40)$$

где h — глубина взятия пробы в см;
η — вязкость воды зависящая от температуры и определяемая по справочной табл. 8;
Q — ускорение силы тяжести в см/с^2;
r — радиус частиц в см;
γ_y — плотность грунта в г/см^3;
$\gamma_в$ — плотность воды в г/см^3.

Время отстаивания может быть определено также по табл. 6 и 7.

Рекомендуемая продолжительность наполнения пипетки суспензией при отборе проб:

для частиц $<0{,}05$ мм — около 10 с,
» » $<0{,}01$ » — » 15 »
» » $<0{,}005$ » — » 20 »
» » $<0{,}001$ » — » 30 »

13. Каждую пробу из пипетки перевести в предварительно взвешенный стеклянный стаканчик; пипетку промыть небольшим количеством воды, сливая ее в тот же стаканчик. Пробы в стаканчиках вы-

парить, высушить (до постоянной массы при температуре 100—105°С), закрыть крышками, охладить в эксикаторе кальцием и взвесить на аналитических весах.

Обработка результатов анализа

14. Определить массу пробы грунта Q_0 г, взятой для анализа, с учетом поправки на гигроскопическую влажность по формуле

$$Q_0 = \frac{100Q_1}{100 + W_h}, \tag{41}$$

где Q_1 — масса воздушно-сухой пробы в г;
W_h — гигроскопическая влажность в %.

15. Ввести поправку на содержание в грунте воднорастворимых солей по формуле

$$Q = Q_0 - Q_{в.с}, \tag{42}$$

где Q — масса пробы с поправкой на гигроскопическую влажность и на содержание воднорастворимых солей в г;
$Q_{в.с}$ — масса воднорастворимых солей в г.

16. Рассчитать содержание фракций 0,5—0,25 мм и 0,25—0,1 мм по формуле

$$\Phi = \frac{A(100 - B)}{Q}, \tag{43}$$

где A — масса фракции, высушенной при 100—105°С, в г;
B — суммарное содержание фракций крупнее 0,5 мм в %;
Q — масса анализируемой пробы с поправкой на гигроскопическую влажность и на содержание воднорастворимых солей в г.

17. Вычислить содержание фракций $<0{,}05$; $<0{,}01$; $<0{,}005$ и $<0{,}001$ в пересчете на весь объем суспензии (1 л) по формуле

$$\Phi = \frac{A \cdot 100}{Q v_п}(100 - B), \tag{44}$$

где $v_п$ — емкость пипетки в см³;
остальные обозначения те же, что в предыдущей формуле.

18. Результаты анализа и расчетов записать в журнал (форма 1).

Пример. Для анализа методом пипетки взята средняя проба воздушно-сухого грунта массой $Q_1 = 15$ г, предварительно пропущенная через сито 0,5 мм. Содержание фракций больше 0,5 мм $B = 4\%$. Гигроскопическая влажность грунта $W_h = 3\%$. Количество воднорастворимых солей $Q_{в.с} = 1{,}5$ г. Из подготовленного к анализу образца приготовлена суспензия объемом 1 л. Объем пипетки $v_п = 20$ см³.

1. Вводим поправку на гигроскопическую влажность. В пересчете на абсолютно сухой грунт масса анализируемой навески равна:

$$Q_0 = \frac{100Q_1}{100 + W_h} = \frac{100 \cdot 15}{100 + 3} = 14{,}564 \text{ г}.$$

2. Вводим поправку на содержание водорастворимых солей. Расчетная масса анализируемой навески равна:

$$Q = Q_0 - Q_{в.с} = 14{,}564 - 1{,}5 = 13{,}064 \text{ г}.$$

3. При анализе установлено:
содержание фракции 0,5—0,25 мм (остаток на сите 0,25 мм) 0,54 г, что составляет:

$$\Phi_{0{,}5-0{,}25} = \frac{A(100-B)}{Q} = \frac{0{,}54(100-4)}{13{,}064} = 4\%;$$

содержание фракции 0,25—0,1 мм (остаток на сите 0,1 мм) 0,81 г, что составляет:

$$\Phi_{0{,}25-0{,}1} = \frac{0{,}81 \cdot 96}{13{,}064} = 6\%;$$

содержание фракций менее 0,05 мм в объеме пипетки 0,214 г, а в пересчете на весь объем суспензии

$$\Phi_{<0{,}05} = \frac{A \cdot 1000}{Q v_п}(100-B) = \frac{0{,}214 \cdot 1000}{13{,}064 \cdot 20}(100-4) = 79\%;$$

содержание фракций менее 0,01 мм в объеме пипетки 0,183 г, что в пересчете на весь объем суспензии составит:

$$\Phi < 0{,}01 = \frac{0{,}183 \cdot 1000}{13{,}064 \cdot 20}(100-4) = 67\%;$$

содержание фракций менее 0,005 мм в объеме пипетки 0,15 г или в пересчете на весь объем суспензии

$$\Phi < 0{,}005 = \frac{0{,}15 \cdot 1000}{13{,}064 \cdot 20}(100-4) = 55\%;$$

содержание фракций менее 0,001 мм в объеме пипетки 0,06 г, а в пересчете на весь объем суспензии

$$\Phi_{<0{,}001} = \frac{0{,}06 \cdot 1000}{13{,}064 \cdot 20}(100-4) = 22\%.$$

4. Вычислим содержание фракций

0,1 — 0,05; 0,05 — 0,01; 0,01 — 0,005 и 0,005 — 0,001 *мм*;

$$\Phi_{0{,}1-0{,}05} = 100 - B - \Phi_{0{,}5-0{,}25} - \Phi_{0{,}25-0{,}1} - \Phi_{<0{,}05} =$$

$$= 100 - 4 - 4 - 6 - 79 = 7\%;$$

$$\Phi_{0{,}05-0{,}01} = \Phi_{<0{,}05} - \Phi_{<0{,}01} = 79 - 67 = 12\%;$$

$$\Phi_{0{,}01-0{,}005} = \Phi_{<0{,}01} - \Phi_{<0{,}005} = 67 - 55 = 12\%;$$

$$\Phi_{0{,}005-0{,}001} = \Phi_{<0{,}005} - \Phi_{<0{,}001} = 55 - 22 = 33\%.$$

Форма № 1

Образец № _____

Журнал

пипеточного гранулометрического анализа

Описание образца: глина темно-серая, очень плотная, пластичная
Масса пробы воздушно-сухого грунта Q . . . . . 15 г
Содержание фракций >0,5 мм B 4%
Гигроскопическая влажность W_h 3%
Количество водорастворимых солей $S_{в.с}$ . . . . 1,5 г

Расчетная масса пробы (с учетом поправок на гигроскопическую влажность и на содержание водорастворимых солей) Q . . . . 13 064 г
Объем суспензии 1 л
Объем пипетки $V_п$ 20 см³

Наименование определяемых величин	Данные анализа						Данные расчета	
	фракций 0,5—0,25 мм (бюкс № 1)	фракций 0,25—0,1 мм (бюкс № 2)	фракций <0,05 мм (бюкс № 3)	фракций <0,01 мм (бюкс № 4)	фракций <0,005 мм (бюкс № 5)	фракций <0,001 мм (бюкс № 6)	фракций в мм	содержание фракций в %
Масса бюкса	20,105	19,45	20,107	20,1	17,543	20,124	>0,5	4
Масса бюкса с грунтом в г	20,645	20,26	20,321	20,283	17,693	20,185	0,5—0,25	4
							0,25—0,1	6
							0,1—0,05	7
							0,05—0,01	12
Масса фракции в объеме пипетки в г	0,54	0,810	0,214	0,183	0,15	0,06	0,01—0,005	12
							0,005—0,001	33
Содержание фракции в пересчете на весь объем суспензии в %	4	6	79	67	55	22	<0,001	22
								100

5. Гранулометрический состав изучаемого грунта получается следующий:

мм	%
>0,5	4
0,5—0,25	4
0,25—0,1	6
0,1—0,05	7
0,05—0,01	12
0,01—0,005	12
0,005—0,001	33
<0,001	22
	100

Метод отмучивания

19. Пробу, отобранную для проверки содержания воднорастворимых солей, растереть в фарфоровой чашке резиновым пестиком, добавив 4—6 мл дистиллированной воды.

20. Добавить в чашку 20 мл дистиллированной воды, прокипятить содержимое чашки в течение 5—10 мин, перелить в стеклянный цилиндр емкостью около 300 см³, добавить дистиллированной воды до 200 мл и оставить в покое на одни сутки. Если в течение суток суспензия скоагулирует (на дно пробирки выпадет рыжий осадок хлопьевидной структуры, а жидкость над осадком станет прозрачной), то это значит, что грунт содержит воднорастворимые соли. В этом случае в массу средней пробы грунта, взятой для гранулометрического анализа, необходимо ввести поправку на массу растворимых солей.

21. Для определения количества воднорастворимых солей, содержащихся в анализируемом грунте, перенести пробу, отобранную для гранулометрического анализа, в воронку с бумажным фильтром и промыть дистиллированной водой до исчезновения реакции на хлор и серную кислоту.

Указанные реакции проделать в отдельных пробирках. В каждую пробирку собрать около 2 мл фильтрата и добавлять по нескольку капель в одну 10%-ного раствора азотной кислоты и азотнокислого серебра (для проверки на хлор), а в другую 10%-ного раствора соляной кислоты и хлористого бария (для проверки на серную кислоту).

22. Промывные воды собрать в один мерный сосуд, измерить их объем V, взболтать и отобрать в предварительно взвешенные стеклянные стаканчики или тигли две пробы по 100 мл. Обе пробы выпарить на песчаной бане, высушить при 100—105°С и взвесить (общую массу их обозначить Q).

23. По массе сухого остатка в обоих стаканчиках определить массу воднорастворимых солей по всей пробе грунта $Q_{в.с}$ в г (до ее промывания) по формуле

$$Q_{в.с} = \frac{Q_1 V}{200}, \qquad (45)$$

где V — объем фильтрата в мл;

Q_1 — масса сухого остатка в 200 мл фильтрата в г.

Таблица 6

Время отстаивания суспензии в зависимости от ее температуры, диаметра частиц и их плотности (при глубине взятия пробы 10 см)

Диаметр частиц в мм (менее)	Плотность частиц	Температура суспензии в °С																				
		15			17,5			20			22,5			25			27,5			30		
		ч	мин	с	ч	мин	с	ч	мин	с	ч	мин	с	ч	мин	с	ч	мин	с	ч	мин	с
0,05	2,4	—	1	00	—	—	56	—	—	53	—	—	50	—	—	47	—	—	44	—	—	42
0,01		—	24	51	—	23	20	—	21	58	—	20	41	—	19	33	—	19	27	—	17	28
0,005		1	39	26	1	33	19	1	27	54	1	22	45	1	18	13	1	13	49	1	09	55
0,001		41	26	—	38	53	—	36	38	—	34	13	—	33	46	—	30	40	—	28	58	—
0,05	2,45	—	—	53	—	—	54	—	—	51	—	—	48	—	—	45	—	—	43	—	—	41
0,01		—	29	00	—	22	31	—	21	13	—	19	59	—	18	52	—	17	49	—	16	52
0,005		1	36	00	1	30	05	1	24	52	1	19	54	1	15	31	1	11	15	1	07	28
0,001		40	00	—	37	32	—	35	22	—	33	18	—	31	28	—	29	42	—	28	07	—
0,05	2,5	—	—	56	—	—	52	—	—	49	—	—	46	—	—	44	—	—	41	—	—	39
0,01		—	23	12	—	21	46	—	20	31	—	19	19	—	18	15	—	17	13	—	16	18
0,005		1	32	48	1	27	05	1	22	01	1	17	14	1	12	58	1	08	52	1	05	14
0,001		38	40	—	36	21	—	34	11	—	32	11	—	30	25	—	28	42	—	27	11	—
0,05	2,55	—	—	54	—	—	51	—	—	48	—	—	45	—	—	43	—	—	40	—	—	38
0,01		—	22	45	—	21	04	—	19	51	—	18	41	—	17	38	—	16	40	—	15	47
0,005		1	29	48	1	24	16	1	19	24	1	14	44	1	11	50	1	06	40	1	03	08
0,001		37	25	—	35	7	—	33	05	—	31	09	—	29	26	—	27	49	—	26	19	—

Продолжение табл. 6

Диаметр частиц в мм (менее)	Плотность частиц	Температура суспензии в °С																				
		15			17,5			20			22,5			25			27,5			30		
		ч	мин	с	ч	мин	с	ч	мин	с	ч	мин	с	ч	мин	с	ч	мин	с	ч	мин	с
0,05	2,6	—	—	52	—	—	49	—	—	45	—	—	43	—	—	41	—	—	39	—	—	37
0,01		—	21	45	—	20	24	—	19	14	—	18	06	—	17	06	—	16	09	—	15	17
0,005		1	26	59	1	21	27	1	16	55	1	12	24	1	08	25	1	04	34	1	01	10
0,001		36	15	—	34	01	—	32	03	—	30	11	—	28	30	—	26	54	—	25	29	—
0,05	2,65	—	—	51	—	—	48	—	—	44	—	—	42	—	—	40	—	—	38	—	—	36
0,01		—	21	05	—	19	47	—	18	39	—	17	33	—	16	35	—	15	39	—	14	50
0,005		1	24	21	1	19	08	1	14	34	1	10	12	1	06	21	1	02	38	—	59	19
0,001		35	9	—	32	59	—	31	05	—	29	16	—	27	39	—	26	06	—	24	43	—
0,05	2,7	—	—	49	—	—	46	—	—	43	—	—	41	—	—	39	—	—	37	—	—	35
0,01		—	20	28	—	19	13	—	18	06	—	17	02	—	16	06	—	15	12	—	14	23
0,005		1	21	54	1	16	50	1	12	24	1	08	10	1	04	24	1	00	47	—	57	34
0,001		34	7	—	32	1	—	30	10	—	28	24	—	26	50	—	25	20	—	23	59	—
0,05	2,75	—	—	48	—	—	45	—	—	42	—	—	40	—	—	38	—	—	35	—	—	34
0,01		—	19	53	—	18	40	—	17	35	—	16	38	—	15	38	—	14	46	—	13	59
0,005		1	19	33	1	14	38	1	10	19	1	06	13	1	02	34	—	59	04	—	55	56
0,001		35	22	—	33	09	—	31	6	—	29	18	—	27	35	—	24	37	—	23	18	—
0,05	2,8	—	—	46	—	—	44	—	—	41	—	—	39	—	—	37	—	—	34	—	—	33
0,01		—	19	20	—	18	09	—	17	05	—	16	06	—	15	12	—	14	21	—	13	35
0,005		1	17	20	1	12	33	1	08	22	1	04	22	1	00	50	—	57	25	—	54	21
0,001		32	47	—	30	33	—	28	29	—	26	43	—	25	21	—	23	55	—	22	39	—

Таблица 7

Скорость падения частиц грунта шарообразной формы (по Стоксу) диаметра частиц и их плотности (в мм/с) в зависимости от температуры воды,

Диаметр частиц в мм	Плотность частиц	Температура в °С										
		10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35
0,05	2,4	1,466	1,571	1,676	1,786	1,896	2,014	2,131	2,258	2,384	2,507	2,639
0,01		0,05865	1,06285	0,06705	0,07145	0,07584	0,08055	0,08525	0,09032	0,09538	0,10031	0,10557
0,005		0,01466	0,01571	0,01676	0,01786	0,01896	0,02014	0,02131	0,02258	0,02384	0,02507	0,02639
0,001		0,0005865	0,0006285	0,0006705	0,0007145	0,0007584	0,0008055	0,0008525	0,0009032	0,0009538	0,0010031	0,0010557
0,05	2,45	1,519	1,628	1,736	1,850	1,964	2,086	2,207	2,339	2,47	2,596	2,733
0,01		0,06074	0,06509	0,06944	0,074	0,07855	0,08343	0,0883	0,09354	0,09878	0,10387	0,10934
0,005		0,01519	0,01628	0,01736	0,0185	0,01964	0,02086	0,02207	0,02339	0,0247	0,02596	0,02733
0,001		0,0006074	0,0006509	0,0006944	0,00074	0,0007855	0,0008343	0,000883	0,0009354	0,0009878	0,0010387	0,0010934
0,05	2,5	1,571	1,684	1,796	1,914	2,032	2,158	2,284	2,42	2,555	2,686	2,828
0,01		0,06284	0,06734	0,07184	0,07655	0,08126	0,0863	0,09134	0,09677	0,10219	0,10748	0,11311
0,005		0,01571	0,01684	0,01796	0,01914	0,02032	0,02158	0,02284	0,0242	0,02555	0,02686	0,02828
0,001		0,0006284	0,0006734	0,0007184	0,0007655	0,0008126	0,000863	0,0009134	0,0009677	0,0010219	0,0010748	0,0011311
0,05	2,55	1,623	1,740	1,856	1,978	2,099	2,23	2,320	2,5	2,64	2,776	2,922
0,01		0,05493	0,06958	0,07423	0,0791	0,08397	0,08918	0,0944	0,09999	0,10559	0,11104	0,11688
0,005		0,01623	0,0174	0,01856	0,01978	0,02099	0,0223	0,0232	0,025	0,0264	0,02776	0,02922
0,001		0,0005493	0,0006958	0,0007423	0,000791	0,0008397	0,0008918	0,000944	0,0009999	0,0010559	0,0011104	0,0011688

Продолжение табл. 7

Диаметр частиц в мм	Плотность частиц	Температура в °С										
		10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	55
0,05	2,6	1,676	1,796	1,916	2,042	2,167	2,302	2,436	2,581	2,725	2,855	3,016
0,01		0,06703	0,07183	0,07663	0,08166	0,08668	0,09206	0,09743	0,10322	0,109	0,1146	0,12605
0,005		0,01676	0,01796	0,01916	0,02042	0,02167	0,02302	0,02436	0,02581	0,02725	0,02855	0,03106
0,001		0,0006703	0,0007183	0,0007663	0,0008166	0,0008668	0,0009206	0,0009743	0,0010322	0,00109	0,001146	0,0012605
0,05	2,65	1,728	1,852	1,976	2,106	2,235	2,374	2,512	2,661	2,81	2,955	3,111
0,01		0,06912	0,07407	0,07902	0,08121	0,08939	0,09493	0,10047	0,10644	0,11241	0,1182	0,12443
0,005		0,01728	0,01852	0,01976	0,02106	0,02235	0,02374	0,02512	0,02661	0,0281	0,02955	0,03111
0,001		0,0006912	0,0007407	0,0007902	0,0008421	0,0008939	0,0009493	0,0010047	0,0010644	0,0011241	0,001182	0,0012443
0,05	2,7	1,78	1,908	2,035	2,169	2,302	2,445	2,588	2,742	2,895	3,045	3,205
0,01		0,07121	0,07631	0,08141	0,08676	0,09208	0,09781	0,10352	0,10967	0,11518	0,12176	0,1282
0,005		0,0178	0,01908	0,02035	0,02169	0,02302	0,02445	0,02588	0,02742	0,02895	0,03045	0,03205
0,001		0,0007121	0,0007631	0,0008141	0,0008676	0,0009208	0,0009781	0,0010352	0,0010967	0,0011518	0,0012176	0,0012820
0,05	2,75	1,833	1,964	2,095	2,233	2,37	2,517	2,622	2,822	2,98	3,098	3,299
0,01		0,07331	0,07856	0,08381	0,08931	0,09481	0,10069	0,11289	0,11289	0,11922	0,12394	0,1321
0,005		0,01833	0,01964	0,02095	0,02233	0,0237	0,02517	0,02622	0,02822	0,0298	0,03098	0,03299
0,001		0,0007331	0,0007856	0,0008381	0,0008931	0,0009481	0,0010069	0,0011289	0,0011289	0,0011922	0,0012394	0,001321
0,05	2,8	1,885	2,02	2,155	2,297	2,438	2,589	2,74	2,903	3,066	3,224	3,393
0,01		0,0754	0,0808	0,0862	0,09186	0,09751	0,10356	0,10961	0,11612	0,12263	0,12895	0,13574
0,005		0,01885	0,0202	0,02155	0,02297	0,02438	0,02589	0,0274	0,02903	0,03066	0,03224	0,03393
0,001		0,000754	0,000808	0,000862	0,0009186	0,0009751	0,0010356	0,0010961	0,0011612	0,0012263	0,0012895	0,0013574

Таблица 8

Таблица вязкости воды η в зависимости от температуры

$t°$	η	$t°$	η	$t°$	η	$t°$	η	$t°$	η	$t°$	η
8	0,01387	11	0,01274	14	0,01175	17	0,01088	20	0,0101	23	0,00941
9	0,01348	12	0,0124	15	0,01145	18	0,01061	21	0,00986	24	0,0092
10	0,0131	13	0,01207	16	0,01116	19	0,01035	22	0,00963	25	0,00899

24. Полученная масса $Q_{в.с}$ является поправкой на содержание водорастворимых солей. Эту величину надо вычесть из массы средней пробы грунта после внесения в нее поправки на содержание гигроскопической воды.

16. Определение коэффициента неоднородности песка

Коэффициент неоднородности песка определяется по формуле

$$K_{\frac{60}{10}} = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \qquad (46)$$

где d_{60} и d_{10} — диаметры таких зерен грунта, содержание которых в грунте вместе с зернами меньшего диаметра составляет соответственно 60 и 10% по массе.

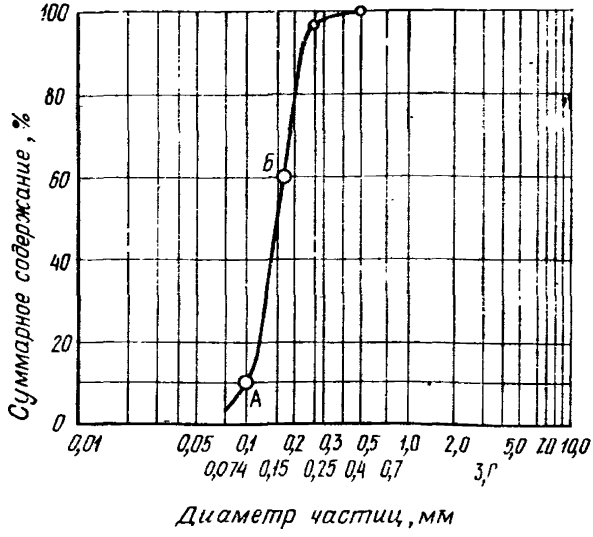

Рис. 14. Кривая гранулометрического состава песка (пример)

Величины диаметров d_{60} и d_{10} находят по кривым гранулометрического состава, которые строят по данным гранулометрического анализа.

Пример. В результате гранулометрического анализа получен следующий состав песка: содержание фракций 0,5—0,25 мм — 2%; 0,25—0,1 мм — 88%; 0,1—0,074 мм — 6% и менее 0,074 мм — 4%.

По этим данным строим кривую гранулометрического состава в полулогарифмическом масштабе (см. рис. 14). На кривой находим точку *А*, соответствующую d_{10}, и точку *Б*, соответствующую d_{60}.

В данном примере $d_{10}=0{,}1$ мм; $d_{60}=0{,}16$ мм.

Коэффициент неоднородности

$$K=\frac{d_{60}}{d_{10}}=\frac{0{,}16}{0{,}1}=1{,}6.$$

Этот песок является однородным (мелкозернистым), так как коэффициент неоднородности меньше 3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Примерный перечень приборов и инвентаря для лабораторного испытания грунта

№ п. п.	Наименование	Марка	Измеритель	Наименование лабораторий		
				грунтовая	полевая	контрольный пост
1	Анемометр ручной со счетным механизмом для измерения средней скорости ветра	МС-13	шт.	2	3	2
2	Ареометры стандартные	—	набор	2	3	2
3	Балансирный конус .	—	шт.	2	3	2
4	Баня песчаная и водяная	—	»	4	6	2
5	Буровой колонковый станок	КА-2М-300	»	1	1	1
6	Бюретки емкостью в мл:					
	50	—	»	10	15	3
	25	—	»	10	15	3
7	Бюксы с притертыми крышками	—	»	200	300	200
8	Бидон или канистра для керосина	—	»	2	3	2
9	Бутыли с притертыми пробками в л:					
	10	—	»	2	3	—
	5	—	»	3	5	2
	1	—	»	6	5	2
	0,5	—	»	10	5	2
10	Банки металлические с плотными крышками для хранения и транспортировки образцов грунта	—	»	50	100	50
11	Весы технические на 1 кг (с разновесом Г-2-1000) 2-го класса .	Т-1000 2-го кл.	»	1	2	1
12	Весы чашечные на 2 кг (настольные, циферблатные) с набором гирь от 1 до 1000 г .	ВНЦ-2	»	1	2	1
13	Весы чашечные на 5 кг с разновесом . .	—	»	1	2	1
14	Весы чашечные на 20 кг с набором гирь от 1 г до 10 кг	Т-1-20 1-го кл.	»	1	1	1

№ п. п.	Наименование	Марка	Измеритель	Наименование лабораторий		
				грунтовая	полевая	контрольный пост
15	Весы аналитические на 0,2 кг с разновесом .	—	шт.	1	2	1
16	Воронки фарфоровые с перфорированной пластинкой для фильтрования под вакуумом диаметром 60—100 мм .	—	»	10	10	5
17	Воронки разные . .	—	»	20	20	10
18	Воронка жестяная для определения объемного веса грунта в лунках (малая и большая воронка)	—	компл.	2	5	3
19	Ведра оцинкованные .	—	шт.	2	4	3
20	Грунтоотборные приборы для несвязных грунтов	—	»	3	5	3
21	Грунтоносы для отбора илистой части грунтов	—	»	2	3	1
22	Домкрат гидравлический	—	»	1	1	1
23	Забивной грунтонос для отбора проб из скважин образцов ненарушенной структуры грунта	ГК-3	»	2	3	2
24	Зонд с коническим наконечником	—	»	2	2	1
25	Зажимы цинковые . .	—	»	25	50	25
26	Кольца для отбора проб грунта $d_{вн}$ = =100 мм	—	»	20	30	20
27	Кольца насадные с крышками $d_{вн.}$ = 110 мм	—	»	10	20	10
28	Колбы плоскодонные емкостью в л:					
	1	—	»	10	10	5
	0,5	—	»	10	10	5
	0,25	—	»	10	6	3
	0,15	—	»	5	5	2
29	Колбы конические емкостью в л:					
	1	—	»	10	10	5
	0,5	—	»	10	10	5

№ п. п.	Наименование	Марка	Измеритель	Наименование лабораторий		
				грунтовая	полевая	контрольный пост
	0,25	—	шт.	10	6	3
	0,1	—	»	5	3	2
30	Кружки алюминиевые	—	»	2	5	4
31	Лупы складные	ЛПШ-455	»	2	3	2
32	Линейки логарифмические	—	»	3	4	2
33	Линейки металлические длиной в см:					
	20	—	»	5	8	5
	50	—	»	5	8	5
34	Линейки деревянные	—	»	5	8	5
35	Лопата штыковая	—	»	5	10	5
36	Листы железа для сушки грунтов размерами:					
	40×50 см	—	»	5	10	5
	20×30 »	—	»	5	10	5
37	Манометр	МВ-60	»	1	1	—
38	Микроскоп биологический	—	»	1	1	—
39	Метр металлический складной	—	»	5	8	5
40	Мешочки на 5 кг	—	»	10	25	25
41	Мешочки на 1 кг	—	»	25	50	30
42	Молоток 0,5 кг	—	»	5	10	6
43	Мерные цилиндры емкостью в л:					
	1	—	»	6	10	3
	0,5	—	»	6	10	3
	0,25	—	»	6	10	3
	0,1	—	»	3	6	3
	0,05	—	»	2	3	—
	0,025	—	»	2	3	—
44	Микробюретки емкостью в мл:					
	2	—	»	3	5	3
	1	—	»	3	5	3
	0,5	—	»	3	5	—
	0,1	—	»	3	5	—
45	Миски алюминиевые	—	»	3	5	3
46	Марля	—	м	20	50	50
47	Набор сит с отверстиями от 0,1 до 75 мм	—	компл.	2	3	2
48	Набор сит щебеночных	—	»	1	2	1

Продолжение прил. 4

№ п. п.	Наименование	Марка	Измеритель	Наименование лабораторий		
				грунтовая	полевая	контрольный пост
49	Нивелир технический III или IV класса . .	ИВ-1	шт.	1	1	1
50	Ножи почвенные . .	—	»	5	10	5
51	Пресс рычажный на 0,5 т с гирями . . .	—	»	1	—	—
52	Полевая лаборатория (М. П. Литвинова) для испытания грунтов (полный комплект три ящика)	ПЛЛ-9 и ПЭС	компл.	1	2	1
53	Прибор Ковалева Н. П. для определения плотности и влажности грунтов	Плотномер-влагомер	шт.	2	3	2
54	Прибор стандартного уплотнения (большой)	—	»	3	6	4
55	Прибор стандартного уплотнения (малый)	—	»	2	5	3
56	Прибор для определения гранулометрического состава песков по способу отмучивания в воде	—	»	1	1	—
57	Прибор для определения угла внутреннего трения песков	УВТ-1	»	2	2	1
58	Прибор для определения величины трения и сцепления в грунтах .	ГПП-30	»	2	2	1
59	Прибор для определения величины липкости (по Охотину) . .	—	»	1	1	—
60	Прибор для определения влагоемкости грунта	—	»	1	1	1
61	Прибор для определения компрессионных свойств грунтов . . .	—	»	2	2	—
62	Прибор для определения вязкости . . .	—	»	1	2	—

Продолжение прил. 4

№ п. п.	Наименование	Марка	Измеритель	Наименование лабораторий		
				грунтовая	полевая	контрольный пост
63	Прибор предварительного уплотнения грунтов		шт.	1	2	—
64	Прибор для определения угла внутреннего трения и силы сцепления методом среза		»	1	—	—
65	Прибор для определения фильтрационных свойств связных грунтов		»	1	—	—
66	Прибор для определения предела текучести и предела пластичности грунтов		»	1	2	1
67	Пикнометры емкостью 25—100 см³		»	15	25	10
68	Пенотрометры, размер образца 5 см, h=2, 3, 4 и 5 см	—	»	2	3	—
69	Пипетки, см³:					
	5	—	»	5	10	5
	10	—	»	5	10	5
	20	—	»	5	10	5
	25	—	»	5	10	5
	50	—	»	5	10	5
70	Пробирки	—	»	10	20	10
71	Плитки электрические бытовые	—	»	2	3	2
72	Пестик резиновый	—	»	5	8	5
73	Палочки стеклянные, d=5×170 мм	—	»	10	20	10
74	Парафин	—	кг	10	20	10
75	Рулетка металлическая длиной 20 м	—	шт.	2	3	2
76	Линейка измерительная для линейных измерений	РС-10	»	2	3	2
77	Рейки нивелирные 4 м	—	»	2	2	2
78	Рюкзак	—	»	3	5	3
79	Резиновые молоточки	—	»	2	3	2
80	Секундомер двухстрелочный прерывистого действия	—	»	2	3	2

Продолжение прил. 4

№ п. п.	Наименование	Марка	Измеритель	Наименование лабораторий		
				грунтовая	полевая	контрольный пост
81	Сушильные стаканчики	—	шт.	100	200	150
82	Ступка фарфоровая с пестиком	—	»	3	5	3
83	Совок алюминиевый .	—	»	3	5	3
84	Сетки асбестовые . .	—	»	5	10	5
85	Спиртовки	—	»	2	3	2
86	Счеты конторские . .	—	»	2	3	2
87	Термометры до 200°С	—	»	5	8	5
88	Термометры от —40 до +40°С	—	»	3	5	3
89	Термометры контактные до 150°С	—	»	3	3	—
90	Термометры контактные от —40 до +40°С	—	»	3	3	—
91	Термометры комнатные	—	»	5	5	3
92	Таз алюминиевый или оцинкованный . . .	—	»	2	3	2
93	Трамбовки для забивки колец	—	»	10	15	10
94	Трубки Каменского для определения коэффициента фильтрации . . .	—	»	3	—	—
95	Фильтрационный прибор	Ф-1	»	1	1	—
96	Формочки для определения границы текучести	—	»	2	2	2
97	Фарфоровые ступки диаметром, мм:					
	250	—	»	3	5	3
	100	—	»	3	5	3
98	Фарфоровые чашки диаметром, мм:					
	200	—	»	6	10	5
	100	—	»	10	20	10
	80	—	»	10	20	10
	60	—	»	10	15	10
99	Фарфоровые стаканы емкостью, л:					
	3	—	»	5	6	5
	1	—	»	5	8	5
	0,5	—	»	5	8	5
	0,25	—	»	10	8	6

Продолжение прил. 4

№ п. п.	Наименование	Марка	Измеритель	Наименование лабораторий		
				грунтовая	полевая	контрольный пост
100	Фильтровальная бумага	—	кг	2	2	1
101	Хлористый кальций технический	—	»	0,5	1	0,5
102	Цилиндры мерные емкостью от 0,025 до 1 л	—	компл.	4	6	4
103	Часы настольные . .	—	шт.	3	5	3
104	Часы - песочные 0,5; 1,5; 2; 3; 5 и 10 мин .	—	компл,	2	3	2
105	Шпатели металлические	—	шт.	5	8	4
106	Штангенциркуль . .	—	»	2	3	2
107	Шкаф сушильный напряжением 220 В . . .	№ 3	»	2	5	3
108	Щипцы тигельные никелированные	—	»	2	5	3
109	Эксикатор	—	»	4	6	4
110	Журналы, бумага, карандаши, чернила, клей, чертежные и другие канцелярские принадлежности	—	По потребности			

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 1
1. Общие положения 2
2. Организация геотехнического контроля 5
3. Состав работ, выполняемых контрольными постами и лабораториями 6
4. Способы уплотнения грунтов 8
5. Опытное уплотнение грунтов 9
6. Геотехнический контроль в процессе производства работ 14
7. Контроль качества земляных работ в зимнее время 19
8. Методы отбора проб 22
9. Права и обязанности персонала контрольных постов и лабораторий 25
10. Отчетная документация по геотехническому контролю 27

Приложение 1. 28

Приложение 2. Формы технической документации 29

1. Полевая книжка для отбора проб и образцов грунтов 29
2. Форма журнала записи результатов определения объемной массы скелета грунтов земляного полотна автомобильных дорог 29
3. Форма журнала записи результатов определения объемной массы скелета грунтов, взятых при помощи режущего кольца 30
4. Форма журнала записи результатов определения объемной массы скелета грунтов методом парафинирования 30
5. Форма журнала физико-механических свойств грунтов и результатов стандартного уплотнения при обследовании резервов, выемок, карьеров 31
6. Форма журнала записи результатов определения плотности грунтов 31
7. Форма журнала результатов работы по опытному уплотнению грунтов 32
8. Форма журнала наблюдений за возведением земляного сооружения из глинистых грунтов в зимнее время 33
9. Форма журнала итоговых данных по контролю за качеством укладки грунтов 33
10. Форма журнала основных данных по контролю за качеством намыва грунтов 34
11. Журнал трамбования грунтов в опытном котловане 35
12. Форма журнала испытаний подвижной нагрузкой насыпей, отсыпанных на болотах 36
13. Форма журнала записи определений набухания грунтов в приборе ПНЗ-2 36
14. Суточный отчетный лист № 37

Приложение 3. Методы лабораторных определений физико-механических свойств грунтов 38

1. Метод стандартного уплотнения грунтов в лабораторных условиях . 38
2. Определение влажности и объемной массы скелета грунтов плотномером — влагомером Ковалева 42
3. Ускоренные методы определения максимальной объемной массы скелета и оптимальной влажности грунтов 45
4. Определение объемной массы грунтов методом лунок 49
5. Определение объемной массы каменной наброски 50
6. Определение объемной массы скелета грунтов радиометрическими методами 51
7. Определение объемной массы скелета грунтов в насыпях, возводимых в зимнее время 52
8. Влагоемкость грунтов и ее определение 52
9. Определение набухания грунтов в приборе ПНЗ-2 конструкции Знаменского 55
10. Определение плотности грунтов 56
11. Определение числа пластичности 58
12. Определение границы раскатывания 58
13. Определение границы текучести грунтов балансирным конусом . 60
14. Ускоренное определение границы текучести грунтов в полевых условиях 61
15. Гранулометрический анализ с применением пипетки 61
16. Определение коэффициента неоднородности песка 72

Приложение 4. Примерный перечень приборов и инвентаря для лабораторного испытания грунта 74

gost.e-ecolog.ru