

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ**

**ҚР ЕЖ ЕН
1997-2:2007/2011**

*2009 ж. ақпан айының
өзгертулерімен.*

**СВОД ПРАВИЛ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**СП РК ЕН
1997-2:2007/2011**

*Включая исправления на
февраль 2009г*

**ГЕОТЕХНИКАЛЫҚ ЖОБАЛАУ
2-бөлім. Топырақты зерттеу және сынау**

**ГЕОТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
Часть 2. Исследования и испытания грунта**

Ресми басылым
Издание официальное

Осы ережелер жинағы EN 1990:2002+A1:2005
сәйкес келеді және CEN рұқсатымен қолданылады,
мекен-жайы: В-1000 Брюссель, Маркинс данғылы, 17

Настоящий свод правил идентичен EN 1990:2002
+A1:2005 и применяется с разрешения CEN
по адресу: Брюссель, проспект Маркинс, 17

Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің
Құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері
комитеті

Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального
хозяйства Министерства национальной экономики Республики
Казахстан

Астана 2016

АЛҒЫ СӨЗ

- 1 ӘЗІРЛЕГЕН:** «ҚазҚСҒЗИ» АҚ
- 2 ҰСЫНҒАН:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігі Құрылыс және тұрғын үй- коммуналдық шаруашылық істері комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы
- 3 ҚАБЫЛДАНҒАН ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫСҚА ЕНГІЗІЛГЕН МЕРЗІМІ:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігі Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29-желтоқсандағы №156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1-шілдеден бастап
- 4 ОРНЫНА:** Алғашқы рет іске қосылған

Осы мемлекеттік нормативті Қазақстан Республикасы сәулет, қала құрылысы және құрылыс істері жөніндегі уәкілетті мемлекеттік органының рұқсатынсыз ресми басылым ретінде толық немесе ішінара қайта басуға, көбейтуге және таратуға болмайды

ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 РАЗРАБОТАН:** АО «КазНИИСА»
- 2 ПРЕДСТАВЛЕН:** Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан
- 3 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ:** Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан от «29» декабря 2014 года №156-НҚ с 1 июля 2015 года
- 4 ВЗАМЕН:** Введен впервые

Настоящий государственный норматив не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Уполномоченного государственного органа по делам архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан.

Версия на русском языке

**Еврокод 7. Геотехническое проектирование.
Часть 2. Исследования и испытания грунта**

**Eurocod 7: Geotechnical design. -
Part 2. Ground investigation and testing**

Настоящий европейский стандарт утвержден CEN 12 июня 2006 г.

Члены Европейского комитета по стандартизации (CEN) обязаны выполнять регламент CEN/CENELEC, в котором содержатся условия, при которых европейскому стандарту придается статус национального стандарта без каких-либо изменений. Актуализированные списки данных национальных стандартов с их библиографическими данными можно получить в центральном секретариате или у любого члена CEN по запросу.

Европейский стандарт разработан в трех официальных редакциях (на немецком, английском, французском языках). Перевод стандарта, выполненный членом Европейского комитета по стандартизации под собственную ответственность на язык его страны и сообщенный центральному секретариату, имеет такой же статус, как и официальные редакции.

Членами Европейского комитета по стандартизации (CEN) являются национальные организации по стандартизации Австрии, Бельгии, Болгарии, Венгрии, Великобритании, Германии, Греции, Дании, Ирландии, Исландии, Испании, Италии, Кипра, Латвии, Литвы, Люксембурга, Мальты, Нидерландов, Норвегии, Польши, Португалии, Румынии, Словакии, Словении, Финляндии, Франции, Чешской Республики, Швеции, Швейцарии и Эстонии.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

Содержание

1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	1
1.1	Область применения.....	1
1.1.1	Область применения EN 1997.....	1
1.1.2	Область применения настоящего норматива.....	1
1.2	Нормативные ссылки.....	1
1.3	Предпосылки.....	3
1.4	Различия между принципами и применяемыми правилами.....	3
1.5	Определения.....	4
1.5.1	Общие определения для всех Еврокодов.....	4
1.5.2	Общие определения для Еврокода 7.....	4
1.5.3	Специфические определения, использованные в настоящем нормативе.....	4
1.6	Результаты испытаний.....	5
1.7	Связь между EN 1997-1 и настоящим нормативом.....	6
1.8	Обозначения и единицы измерения.....	7
2	ПЛАНИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ.....	10
2.1	Объект исследований.....	10
2.1.1	Общие положения.....	10
2.1.2	Грунт.....	11
2.1.3	Строительные материалы.....	11
2.1.4	Грунтовые воды.....	12
2.2	Последовательность проведения исследований грунтов.....	12
2.3	Предварительные исследования.....	13
2.4	Проектные исследования.....	13
2.4.1	Полевые испытания.....	13
2.4.2	Лабораторные испытания.....	18
2.5	Контроль и мониторинг.....	22
3	ОТБОР ПРОБ СКАЛЬНЫХ И НЕСКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ И ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД.....	22
3.1	Общие положения.....	22
3.2	Отбор проб путем бурения скважин.....	22
3.3	Отбор проб путем экскавации.....	23
3.4	Отбор проб нескальных грунтов.....	23
3.4.1	Категории методов отбора образцов и лабораторные классы качества образцов...	23
3.4.2	Идентификация нескальных грунтов.....	24
3.4.3	Планирование отбора образцов нескальных грунтов.....	24
3.4.4	Отбор, транспортирование и хранение образцов.....	25
3.5	Отбор проб скальных.....	25
3.5.1	Категории методов отбора образцов.....	25
3.5.2	Идентификация скальных грунтов.....	26
3.5.3	Планирование отбора образцов скальных грунтов.....	26
3.5.4	Отбор, транспортирование и хранение образцов.....	26
3.6	Измерение уровня грунтовых вод в скальных и нескальных грунтах.....	26
3.6.1	Общие положения.....	26
3.6.2	Планирование и осуществление измерений.....	27
3.6.3	Оценка результатов измерений уровня грунтовых вод.....	28
4	ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ СКАЛЬНЫХ И НЕСКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ.....	28
4.1	Общие положения.....	28

4.2	Общие требования.....	29
4.2.1	Планирование специфической программы испытаний.....	29
4.2.2	Проведение работ.....	29
4.2.3	Анализ и оценка результатов испытаний.....	29
4.3	Испытания грунта коническим и пьезоконическим зондом (CPT, CPTU).....	30
4.3.1	Задачи.....	30
4.3.2	Особые требования.....	31
4.3.3	Оценка результатов испытаний.....	31
4.3.4	Применение результатов испытаний.....	31
4.4	Прессиометрические испытания (PMT).....	33
4.4.1	Задачи.....	33
4.4.2	Специфические требования.....	33
4.4.3	Оценка результатов испытаний.....	34
4.4.4	Использование результатов испытаний.....	35
4.5	Определение полных перемещений прессиометра (FDT).....	36
4.5.1	Задачи.....	36
4.5.2	Специфические требования.....	36
4.5.3	Оценка результатов испытаний.....	36
4.5.4	Использование результатов испытаний.....	37
4.6	Стандартные испытания грунта на пенетрацию (SPT).....	37
4.6.1	Задачи.....	37
4.6.2	Специфические требования.....	37
4.6.3	Оценка результатов испытаний.....	37
4.6.4	Использование результатов испытаний.....	38
4.7	Динамическое зондирование (DP).....	39
4.7.1	Задачи.....	39
4.7.2	Специфические требования.....	40
4.7.3	Оценка результатов испытаний.....	40
4.7.4	Использование результатов испытаний.....	41
4.8	Испытания грунтов статической нагрузкой (WST).....	41
4.8.1	Задачи.....	41
4.8.2	Специфические требования.....	41
4.8.3	Оценка результатов испытаний.....	42
4.8.4	Использование результатов испытаний.....	42
4.9	Полевые испытания грунта методом вращательного среза (FVT).....	43
4.9.1	Задачи.....	43
4.9.2	Специфические требования.....	43
4.9.3	Оценка результатов испытаний.....	42
4.9.4	Использование результатов испытаний.....	44
4.10	Испытания плоским дилатометром (DMT).....	44
4.10.1	Задачи.....	44
4.10.2	Специфические требования.....	44
4.10.3	Оценка результатов испытаний.....	44
4.10.4	Использование результатов испытаний.....	45
4.11	Штамповые испытания (PLT).....	45
4.11.1	Цели испытаний.....	45
4.11.2	Специфические требования.....	46
4.11.3	Оценка результатов испытаний.....	46
4.11.4	Использование результатов испытаний.....	47

5	ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ГРУНТОВ И ПОРОД.....	47
5.1	Общие положения.....	47
5.2	Общие требования к лабораторным испытаниям.....	47
5.2.1	Общие требования.....	47
5.2.2	Методики, оборудование и отчет.....	47
5.2.3	Оценка результатов испытаний.....	48
5.3	Подготовка образцов грунта к испытаниям.....	48
5.3.1	Задачи.....	48
5.3.2	Требования.....	48
5.4	Подготовка образцов скального грунта к испытаниям.....	48
5.4.1	Цель.....	48
5.4.2	Требования.....	49
5.5	Классификационные испытания, идентификация и характеристика грунта.....	50
5.5.1	Общие сведения.....	50
5.5.2	Требования к классификационным испытаниям.....	50
5.5.3	Определение влагосодержания.....	50
5.5.4	Определение насыпной (объемной) плотности.....	50
5.5.5	Определение плотности частиц (твердой фазы).....	51
5.5.6	Гранулометрический анализ.....	51
5.5.7	Определение пределов пластичности.....	52
5.5.8	Определение степени плотности несвязных грунтов.....	53
5.5.9	Определение дисперсности грунта.....	53
5.5.10	Определение подверженности замерзанию (чувствительности к морозу).....	54
5.6	Химические исследования грунтов и грунтовых вод.....	55
5.6.1	Общие требования к химическим испытаниям.....	55
5.6.2	Определение органических веществ.....	56
5.6.3	Определение содержания карбонатов.....	57
5.6.4	Определение содержания сульфатов.....	57
5.6.5	Определение кислотно-щелочного баланса.....	58
5.6.6	Определение содержания хлоридов.....	58
5.7	Определение прочностных характеристик грунтов.....	59
5.7.1	Цель испытаний.....	59
5.7.2	Требования.....	59
5.7.3	Применение результатов испытаний.....	59
5.8	Прочностные испытания грунтов.....	59
5.8.1	Цель испытаний и область применения.....	59
5.8.2	Общие требования.....	60
5.8.3	Анализ и применение результатов испытаний.....	61
5.8.4	Испытания на простое сжатие.....	61
5.8.5	Неконсолидированные недренированные испытания на трехосное сжатие.....	62
5.8.6	Консолидированные испытания на трехосное сжатие.....	62
5.8.7	Консолидированные испытания на прямой сдвиг.....	63
5.9	Сжимаемость и компрессионные испытания грунтов.....	64
5.9.1	Общие требования.....	64
5.9.2	Испытания в компрессионном приборе.....	64
5.9.3	Испытания на трехосное сжатие.....	65
5.10	Испытания на степень уплотнения грунта.....	66
5.10.1	Область применения.....	66
5.10.2	Испытания на степень уплотнения.....	66
5.10.3	Калифорнийский тест на степень плотности грунта (CBR).....	67

5.11	Испытания грунта на проницаемость.....	67
5.11.1	Цель.....	67
5.11.2	Требования.....	68
5.11.3	Оценка и применение результатов испытаний.....	69
5.12	Классификационные испытания пород.....	69
5.12.1	Общая информация.....	69
5.12.2	Требования для всех классификационных испытаний.....	69
5.12.3	Идентификация и характеристика породы.....	69
5.12.4	Определение влагосодержания.....	70
5.12.5	Определение плотности и пористости.....	71
5.13	Испытания породы на набухание.....	71
5.13.1	Общая информация.....	71
5.13.2	Общие требования.....	72
5.13.3	Оценка результатов испытаний.....	72
5.13.4	Испытания на определение давления набухания при нулевом изменении объема.....	73
5.13.5	Показатель деформации набухания для радиально закрытых образцов с осевой нагрузкой.....	73
5.13.6	Деформация набухания в открытых образцах.....	74
5.14	Испытания породы на прочность.....	74
5.14.1	Общая информация.....	74
5.14.2	Требования для всех испытаний на прочность.....	74
5.14.3	Оценка результатов испытаний.....	75
5.14.4	Испытания на одноосное сжатие и деформируемость.....	75
5.14.5	Испытания сосредоточенной нагрузкой.....	76
5.14.6	Испытания на прямой сдвиг.....	77
5.14.7	Испытания по бразильскому методу.....	78
5.14.8	Испытания на трехосное сжатие.....	78
6	ОТЧЕТ ОБ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ.....	79
6.1	Общие требования.....	79
6.2	Представление геотехнической информации.....	80
6.3	Оценка геотехнической информации.....	80
6.4	Обоснование полученных результатов.....	81
	Приложение А (информационное) Методы проведения геотехнических исследований.....	82
	Приложение В (информационное) Планирование геотехнических исследований...	85
	Приложение С (информационное) Пример определения давления грунтовых вод посредством моделирования и продолжительных измерений.....	92
	Приложение D (информационное) Испытания грунта на плотность с использованием удельного сопротивления грунта погружению зонда.....	94
	Приложение E (информационное) Прессиометрические испытания (PMT).....	101
	Приложение F (информационное) Стандартные испытания грунта на пенетрацию (SPT).....	105
	Приложение G (информационное) Динамическое зондирование.....	108
	Приложение H (информационное) Испытания статической нагрузкой (WST).....	111
	Приложение I (информационное) Полевые испытания грунта методом вращательного среза (FVT).....	112
	Приложение J (информационное) Испытания плоским дилатометром (DMT).....	116
	Приложение K (информационное) Штамповые испытания (PLT).....	117
	Приложение L (информационное) Подробная информация о подготовке	

образцов грунта для испытаний.....	120
Приложение М (<i>информационное</i>) Подробная информация о классификационных испытаниях, идентификации и характеристике грунтов.....	126
Приложение N (<i>информационное</i>) Подробная информация о химических испытаниях грунта.....	133
Приложение O (<i>информационное</i>) Подробная информация об испытаниях на определение степени прочности грунтов.....	136
Приложение P (<i>информационное</i>) Подробная информация об испытаниях грунта на прочность.....	137
Приложение Q (<i>информационное</i>) Подробная информация об испытаниях грунта на сжимаемость.....	139
Приложение R (<i>информационное</i>) Подробная информация об испытаниях грунта на степень уплотнения.....	140
Приложение S (<i>информационное</i>) Подробная информация об испытаниях фильтрации грунта.....	141
Приложение T (<i>информационное</i>) Приготовление образцов для испытаний на тип породы (скального грунта).....	143
Приложение U (<i>информационное</i>) Классификационные испытания породы.....	144
Приложение V (<i>информационное</i>) Испытания пород на набухание.....	146
Приложение W (<i>информационное</i>) Испытания пород на прочность.....	148
Приложение X (<i>информационное</i>) Библиография.....	152

ПРЕДИСЛОВИЕ

В 1975 г. Комиссия Европейского сообщества приняла решение о применении программы в области строительства, основанное на статье 95 Соглашения. Целью программы являлось устранение технических препятствий деловой активности и стандартизация технических условий.

В данной программе действий Комиссия проявила инициативу по определению совокупности гармонизированных технических правил для проектирования строительных работ, которые на начальной ступени выступали бы в качестве альтернативы действующим национальным правилам в странах-членах и впоследствии заменяли бы их.

На протяжении 15 лет Комиссия при помощи Руководящего комитета представителей стран-членов осуществляла разработку программы Еврокодов, что привело к появлению первого поколения Еврокодов в 1980-е годы.

В 1989 г. Комиссия и страны-члены ЕС и ЕАСТ на основании соглашения¹⁾ между Комиссией и CEN приняли решение о передаче подготовки и издания Еврокодов посредством ряда мандатов с целью предоставления им в будущем статуса европейского стандарта (EN). Это фактически связывает Еврокоды с положениями Директив Совета и/или постановлениями Комиссии, рассматривающими европейские стандарты (например, Директива Совета 89/106/ЕЕС по строительным изделиям - CPD - и Директивы Совета 93/37/ЕЕС, 92/50/ЕЕС и 89/440/ЕЕС по общественным работам и услугам и аналогичные ЕАСТ Директивы, цель которых состоит в создании внутреннего рынка). Программа Еврокодов конструкций включает следующие стандарты, как правило, состоящие из частей:

EN 1990 Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций

EN 1991 Еврокод 1. Воздействия на конструкции

EN 1992 Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций

EN 1993 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций

EN 1994 Еврокод 4. Проектирование сталежелезобетонных конструкций

EN 1995 Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций

EN 1996 Еврокод 6. Проектирование каменных конструкций

EN 1997 Еврокод 7. Геотехническое проектирование

EN 1998 Еврокод 8. Проектирование сейсмостойких конструкций

EN 1999 Еврокод 9. Проектирование алюминиевых конструкций.

Еврокоды устанавливают обязанности распорядительных органов в каждой из стран-членов и гарантирует их право определять значения вопросов регулирования безопасности на национальном уровне, отличающиеся у различных государств.

Статус и область применения Еврокодов

Страны-члены ЕС и ЕАСТ признают, что Еврокоды выступают в качестве ссылочных документов в следующих целях:

- как средство подтверждения соответствия строительных работ и работ по гражданскому строительству основополагающим требованиям Директивы Совета 89/106/ЕЕС, в частности, основополагающему требованию № 1 «Механическое сопротивление и устойчивость» и основополагающему требованию № 2 «Безопасность в случае пожара»;

- как основание для изложения договоров на строительные работы и относящиеся к ним инженерно-конструкторские услуги;

¹⁾ Соглашение между Комиссией Европейского сообщества и Европейским комитетом по стандартизации (CEN), относящееся к работе над Еврокодами по проектированию зданий и работ по гражданскому строительству (BC/CEN/03/89).

- как основание для составления гармонизированных технических условий на строительные изделия (EN и ETA).

Еврокоды, поскольку они непосредственно касаются строительных работ, имеют прямое отношение к разъясняющим документам²⁾, на которые приводится ссылка в статье 12 CPD, хотя они отличаются от гармонизированных стандартов на изделие³⁾. Следовательно, техническим комитетам CEN и/или рабочим группам EOTA, работающим над стандартами на изделие с целью достижения полного соответствия данных технических условий Еврокодам, следует соответствующим образом рассмотреть технические аспекты действия Еврокодов.

Еврокоды устанавливают общие правила проектирования, расчета и определения параметров, как самих конструкций, так и отдельных конструктивных элементов, которые пригодны для обычного применения. Они касаются как традиционных методов строительства, так и аспектов инновационного применения, но при этом не содержат правил для нестандартных конструкций или специальных решений, для которых необходимо привлекать экспертов.

Национальная редакция Еврокода

Национальная редакция Еврокода включает полный текст Еврокода (включая все приложения), изданного CEN, национальный титульный лист с национальным предисловием.

Национальное (справочное) приложение может содержать только информацию о параметрах, которые в Еврокоде оставлены открытыми для принятия решения на национальном уровне. Эти параметры, устанавливаемые на национальном уровне (NDP), распространяются только на проектирование зданий и инженерных сооружений в стране, в которой они установлены. Они включают:

- значения частных коэффициентов безопасности и/или классов, по которым Еврокодами допускается альтернативное решение;
- значения, которые следует использовать в тех случаях, когда в Еврокодах указаны только обозначения;
- специальную информацию о стране, географические и климатические данные, которые применимы только для определенной страны, например карты снеговой нагрузки на грунт;
- методики в случаях, когда Еврокодами допускается применение нескольких альтернативных методик.

Они могут также содержать:

- рекомендации по применению справочных приложений;
- указания по применению дополняющей и не противоречащей информации, помогающей пользователю применять Еврокоды.

Связь Еврокодов и гармонизированных технических требований (ENs и ETAs) на изделия

Существует необходимость согласования гармонизированных технических условий на строительные изделия и технических правил на выполнение строительных работ⁴⁾.

В частности, информация, сопровождающая CE-маркировку строительных изделий, должна четко устанавливать, какие параметры, установленные на национальном уровне (NDP), положены в основу.

²⁾ В соответствии с пунктом 3.3 CPD существенным требованиям (ER) необходимо придать определенную форму в разъясняющих документах для создания необходимых связей между существенными требованиями и мандатами для гармонизированных EN и ETAG/ETA.

³⁾ В соответствии со статьей 12 CPD разъясняющие документы должны:

а) приводить в определенную форму существенные требования посредством стандартизации терминологии и технических основ и указания классов или уровней для каждого требования, где это необходимо;

б) устанавливать методы соотношения данных классов или уровней требований с техническими условиями, например, методами расчета и доказательства, техническими правилами для проектной разработки и т. д.;

в) выступать в качестве ссылки для введения гармонизированных стандартов и руководства для европейского технического утверждения.

⁴⁾ См. статью 3.3 и статью 12 Директивы на строительные изделия, а также разделы 4.2, 4.3.1, 4.3.2 и 5.2 Основополагающего документа № 1.

СВОД ПРАВИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ГЕОТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЧАСТЬ 2. Исследования и испытания грунта

GEOTECHNICAL DESIGN
Part 2. Ground investigation and testing

Дата введения 2015-07-01

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Область применения

1.1.1 Область применения EN 1997

(1) EN 1997 предназначен для использования совместно с EN 1990:2002, который устанавливает принципы и требования по безопасности и эксплуатационной пригодности, характеризует основы проектирования и контроля, а также представляет руководство для соответствующих аспектов надежности конструкций.

(2) EN 1997 предназначен для использования в геотехнических расчетах при проектировании здания и проведении строительных работ. Этот стандарт разделен на несколько отдельных частей (см. 1.1.2).

(3) EN 1997 содержит требования по прочности, устойчивости, эксплуатационной пригодности и долговечности конструкций. Другие требования, такие как тепло- и звукоизоляция, не учитываются.

(4) Значения нагрузок на здания и сооружения необходимо принимать в соответствии с EN 1991 для соответствующих типов конструкций. Нагрузки от грунта, такие как природное давление, должны рассчитываться в соответствии с EN 1997.

(5) Отдельные европейские стандарты предназначены для определения количества проведенных работ и квалификации рабочих. Эти данные указываются в соответствующих разделах.

(6) В EN 1997 исполнение закрыто для распространения, что является необходимым для согласования принятых норм проектирования.

(7) EN 1997 не содержит специальные требования по сейсмическому проектированию. В EN 1998 приведены дополнительные правила для расчета при сейсмическом воздействии, которые дополняют или адаптируют требования настоящего технического норматива.

1.1.2 Область применения настоящего норматива

(1) Настоящий норматив предназначен для использования совместно с EN 1997-1 и содержит дополняющие EN 1997-1 требования:

- планирование и составление отчетов по инженерно-геологическим изысканиям;
- общие требования для проводимых лабораторных и полевых испытаний;
- объяснение и анализ полученных результатов;
- расчет величин геотехнических характеристик и коэффициентов.

Дополнительно предоставляются примеры использования результатов полевых исследований.

(2) Настоящий норматив не содержит специальные условия о природных исследованиях в области грунтов.

(3) Настоящий норматив охватывает лишь общие геотехнические лабораторные и полевые исследования. Эти изыскания были отобраны на основе их важности в геотехнической практике, доступности для частных геотехнических лабораторий, а также принятой и существующей общепризнанной методики исследований в Европе. Лабораторные испытания грунтов оснований главным образом применяются для водонасыщенных грунтов.

ПРИМЕЧАНИЕ - Предполагается, что модернизация настоящего технического норматива впоследствии включит в себя лабораторные и полевые исследования, раскрывая дополнительные аспекты в поведении грунтов и скальных пород.

(4) Положения настоящего норматива применяются, прежде всего, к проектам 2 геотехнической категории, согласно 2.1 EN 1997-1:2004. Требования к исследованиям грунтов оснований для 1 геотехнической категории, как правило, ограничены, т. к. для подтверждения необходимо основываться на локальном эксперименте. Для проектов, относящихся к 3 геотехнической категории, количество требуемых исследований будет, по крайней мере, таким же, как для проектов 2 геотехнической категории во всех последующих разделах. Могут также быть необходимы дополнительные исследования и более подробные испытания в связи с обстоятельствами, которые заставили придать проекту 3 геотехническую категорию.

(5) Определение значений параметров относится, в первую очередь, к расчету свай и ленточных фундаментов по результатам полевых испытаний приведено в приложениях D, E, F, G EN 1997-1:2004.

1.2 Нормативные ссылки

(1) Для применения настоящего норматива необходимы следующие ссылочные документы. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного документа, для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения).

EN 1990:2002 Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций

EN 1997-1:2004 Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила

EN ISO 14688-1 Геотехнические испытания и исследования. Идентификация и классификация грунтов. Часть 1. Идентификация и описание

EN ISO 14688-2 Геотехнические испытания и исследования. Идентификация и классификация грунтов. Часть 2. Принципы классификации

EN ISO 14689-1 Геотехнические испытания и исследования. Идентификация и классификация скальных грунтов. Часть 1. Идентификация и описание

EN ISO 22475-1⁵⁾ Геотехнические испытания и исследования. Отбор образцов в скважинах и котлованах, а также измерение уровня грунтовых вод. Часть 1. Технические принципы производства

EN ISO 22476-1⁵⁾ Геотехнические испытания и исследования. Полевые испытания. Часть 1. Электрические CPT и CPTU

EN ISO 22476-2 Геотехнические испытания и исследования. Полевые испытания. Часть 2. Динамическое зондирование

EN ISO 22476-3 Геотехнические испытания и исследования. Полевые испытания. Часть 3. Стандартное испытание на пенетрацию

- EN ISO 22476-4⁵⁾ Геотехнические испытания и исследования. Полевые испытания.
Часть 4. Испытания прессиометром Менарда
EN ISO 22476-5⁵⁾ Геотехнические испытания и исследования. Полевые испытания.
Часть 5. Испытания гибким дилатометром
EN ISO 22476-6⁵⁾ Геотехнические испытания и исследования. Полевые испытания.
Часть 6. Испытания самозабуривающимся прессиометром
EN ISO 22476-8⁵⁾ Геотехнические испытания и исследования. Полевые испытания.
Часть 8. Испытания на определение полных перемещений прессиометра
EN ISO 22476-9⁵⁾ Геотехнические испытания и исследования. Полевые испытания.
Часть 9. Полевые испытания грунта крыльчаткой
EN ISO 22476-12⁵⁾ Геотехнические испытания и исследования. Полевые испытания.
Часть 12. Испытания механическим СРТ
EN ISO 22476-13⁵⁾ Геотехнические испытания и исследования. Полевые испытания.
Часть 13. Штамповые испытания.

ПРИМЕЧАНИЕ - В библиографии приводятся наименования CEN ISO и технических условий (CEN ISO/TS), содержащих информацию о методах, оборудовании, вычислениях и изложении некоторых полевых и лабораторных исследований. Данные технические условия в должное время могут стать европейскими/международными стандартами. Организация по государственной стандартизации может принять решение о том, чтобы сохранить действующие национальные стандарты, пока существует CEN ISO/TS.

⁵⁾ В печати.

1.3 Предпосылки

- (1) Ссылки сделаны на 1.3 EN 1990:2002 и 1.3 EN 1997-1:2004.
- (2) Положения настоящего норматива основаны на следующих допущениях:
 - данные, необходимые для расчета, собираются, записываются и интерпретируются специалистами, имеющими соответствующее образование;
 - конструкции рассчитываются специалистами, имеющими соответствующее образование и квалификацию;
 - существует непрерывность в обмене информацией между специалистами, занятыми сбором исходных данных, проектированием и строительством.

1.4 Различия между принципами и применяемыми правилами

- (1) В настоящем нормативе введены различия между принципами и применяемыми правилами в зависимости от характера индивидуальных условий.
- (2) Принципы включают:
 - общие утверждения и определения, для которых не существует альтернативы;
 - требования и аналитические модели, для которых не разрешены альтернативные определения, кроме специально оговоренных.
- (3) Принципам предшествует буква Р.
- (4) Применяемые правила являются примерами признанных правил, которые следуют за принципами и удовлетворяют их требованиям.
- (5) Допустимо использование альтернатив для представленных в настоящем нормативе применяемых правил в том случае, если есть подтверждение соответствия альтернативных правил данным принципам и, по крайней мере, есть эквивалентные значения с показателями безопасности конструкций, пригодности к эксплуатации и долговечности, что будет требоваться при использовании Еврокодов.

ПРИМЕЧАНИЕ - Если альтернативные правила проектирования соответствуют заявленным правилам, то окончательное проектирование может быть не в полном соответствии с настоящим нормативом, хотя проектирование должно быть выполнено в соответствии с принципами EN 1997-1. В том случае, если настоящий норматив используется с учетом приложения Z стандарта или ETAG, применение альтернативных правил проектирования не может быть принято для CE-маркировки.

(6) В настоящем нормативе применяемые правила отмечены числом в скобках, например, как в настоящем пункте.

1.5 Определения

1.5.1 Общие определения для всех Еврокодов

(1) Общие для всех Еврокодов определения приведены в EN 1990.

1.5.2 Общие определения для Еврокода 7

(1) Определения, характерные для EN 1997, приведены в 1.5.2 EN 1997-1:2004.

1.5.3 Специфические определения, применяемые в настоящем нормативе

полученные значения: Значения геотехнических параметров, полученные по результатам исследований теоретическими, корреляционными и эмпирическими методами.

нарушенный образец: Образец, у которого структура грунта, содержание воды и/или структурные компоненты были изменены в процессе отбора.

измеряемое значение: Значение, которое измеряется при проведении испытаний.

природный образец: Образец, полученный из доступной (нарушенной, ненарушенной, восстановленной) пробы.

класс качества: Классификация, по которой качество образца грунта оценивается в лаборатории.

ПРИМЕЧАНИЕ - Для лабораторных исследований образцы грунта делятся на пять категорий.

переформованный образец (1): Образец, у которого структура полностью нарушена.

переформованный образец (2): Образец, у которого структура полностью нарушена, но имеющий естественную влажность.

заново уплотненный образец: Образец, которому придана форма при помощи уплотнения или моделирования проектного статического давления.

воссоздаваемый образец: Образец, приготовленный в лаборатории; для мелких песков образец изготавливают подобно пульпе (на уровне или выше уровня предела влажности), с последующим загружением (выпадением в осадок); для грунтов низкого качества образец или засыпают в сухом (высушенном), или заливают во влажном состоянии, а потом уплотняют или консолидируют.

заново консолидированный образец: Образец, сжатый в форме или в ячейке статической нагрузкой с возможностью дренирования.

образец (1): Порция скального или нескального грунта, взятая из грунта при помощи пробоотборника.

образец (2): Часть образца скального или нескального грунта, используемая в лабораторных исследованиях.

испытания на определение степени прочности: Исследование природных условий, которые определяют сопротивление сдвигу без обязательного предоставления репрезентативного значения.

ПРИМЕЧАНИЕ - Результаты таких исследований подвергаются сомнению.

набухание: Расширение образца благодаря уменьшению эффективных напряжений, что происходит по причине как снижения общих напряжений, так и впитывания (в основном) воды в неизменном напряженном состоянии.

ПРИМЕЧАНИЕ - Набухание является противоположностью компрессии и консолидации.

ненарушенный образец: Образец, в котором никаких изменений физико-механического характера не произошло.

1.6 Результаты испытаний

(1) Результаты испытаний и полученные значения, создающие базу для определения характеристик грунта, которые используются для расчета геотехнических конструкций в соответствии с 2.4.3 EN 1997-1:2004.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Процесс геотехнического расчета состоит из нескольких, следующих один за другим этапов (рисунок 1.1), первый из которых охватывает исследование строительной площадки и испытания, тогда как следующий этап посвящен определению характерных величин, а последний этап включает расчет при проектировании. Настоящий норматив содержит правила выполнения первого этапа. Определение характерных величин и расчет конструкций изложены в EN 1997-1.

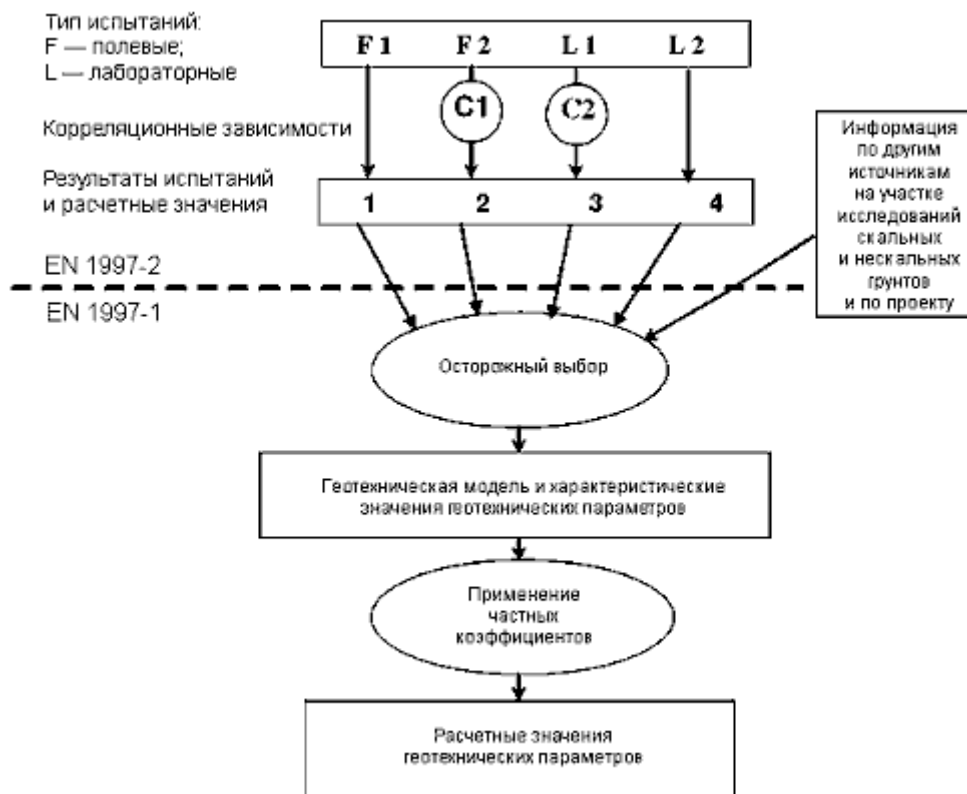


Рисунок 1.1 - Общая схема для выбора параметров геотехнических характеристик

(2) Результатами испытаний могут служить экспериментальные кривые или значения геотехнических параметров. В приложении А представлены результаты испытаний, которые могут служить справочной информацией для стандартов на испытания⁶⁾.

⁶⁾Геотехнические стандарты на исследования и их результаты разрабатываются в соответствии с CEN/TC 341.

(3) Производные значения геотехнических параметров и/или коэффициентов получают по результатам исследований теоретическими, эмпирическими или корреляционными методами.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Пример корреляции, используемый для определения производных величин, представлен в примечаниях к разделу 4 и получен из справочной литературы. Эти корреляционные зависимости могут связывать значения геотехнических параметров или коэффициентов с результатами исследований, таких как зависимость q_c –СРТ испытания. Также эти зависимости могут связывать геотехнические параметры с результатами теоретических исследований (например определять значения угла внутреннего трения ϕ по результатам прессиометрических испытаний или по показателю пластичности).

ПРИМЕЧАНИЕ - 3 В определенных случаях определять геотехнические характеристики посредством корреляции не допускается ранее определения характерных величин, но после проведения исследований их результаты могут быть исправлены и преобразованы для традиционных расчетов.

1.7 Связь между EN 1997-1 и настоящим нормативом

(1) Рисунок 1.2 представляет общую структуру нормативов CEN, связанных с геотехническими инженерными проблемами, и они в свою очередь - связь с EN 1997. Расчетная часть представлена в EN 1997-1. Настоящий норматив предоставляет правила для исследования грунта и получения геотехнических характеристик или значений

коэффициентов, которые впоследствии используются для определения характерных параметров (согласно EN 1997-1). Представленный документ также содержит информационные примеры расчетных методов для фундаментов мелкого и глубокого заложения. Реализация EN 1997 нуждается в информации, основанной на других стандартах, в особенности тех, которые связаны с исследованиями в области грунтов и производством геотехнических работ.

EN 1997-1

Правила проектирования:

- общая схема для осуществления геотехнического расчета;
- определение характеристик грунтов основания;
- нормативные и расчетные значения;
- общие правила инженерно-геологических изысканий на строительной площадке;
- правила расчета основных типов геотехнических конструкций;
- некоторые допущения к проведенным работам

Настоящий норматив

Геотехнические исследования и испытания:

- подробные правила инженерно-геологических изысканий на строительной площадке;
- основные технические определения;
- отклонения характеристик грунтов оснований и геотехническая модель строительной площадки;
- примеры методик расчета, основанных на результатах инженерно-геологических изысканий

Стандарты на исследования (CEN/TC 341)

Стандарты на:

- методы бурения и отбор образцов, а также для измерения уровня грунтовых вод;
- лабораторные и полевые исследования скальных и нескальных грунтов;
- испытания конструкций или их частей;
- обозначения и классификацию скальных и нескальных грунтов

Производство геотехнических работ (CEN/TC 288)

Стандарты на:

- специфические правила проектирования (справочные приложения);
- специфические методики проведения исследований

Рисунок 1.2 - Общая структура стандартов CEN, связанных с EN 1997

1.8 Обозначения и единицы измерения

(1) В настоящем нормативе применяют следующие обозначения:

ПРИМЕЧАНИЕ - Использование обозначений основано на ISO 3898:1997.

Латинские буквы

- C_c - показатель сжимаемости;
 c' - сцепление;
 $c_{f,v}$ - недренированное сопротивление срезу, полученное по результатам полевых испытаний на срез крыльчаткой;
 c_u - недренированное сопротивление сдвигу;
 C_s - показатель набухания;
 c_v - коэффициент консолидации;
 C_α - коэффициент вторичной компрессии;
 D_n - размер частиц, где n - % частиц по массе, например D_{10} , D_{15} , D_{30} , D_{60} и D_{85} ;
 E - модуль упругости Юнга;
 E' - модуль упругости Юнга, полученный при испытаниях дренированных образцов за длительный период;
 E_{FDT} - дилатометрический модуль гибкости;
 E_M - прессиометрический модуль Менарда;
 E_{means} - измеряемая энергия во время калибровки;
 E_{oed} - одометрический модуль;
 E_{PLT} - модуль, полученный по результатам штамповых испытаний;
 E_r - коэффициент энергии: $E_r = E_{means}/E_{theor}$;
 E_{theor} - теоретическая энергия;
 E_u - недренированный модуль упругости Юнга;
 E_0 - начальный модуль упругости Юнга;
 E_{50} - модуль упругости Юнга, соответствующий 50 % максимального сопротивления срезу;
 I_A - индекс активности;
 I_C - показатель консистенции;
 I_D - степень плотности;
 I_{DMT} - коэффициент материала, полученный по результатам испытаний плоским дилатометром;
 I_L - показатель текучести;
 I_P - показатель пластичности;
 K_{DMT} - коэффициент для определения горизонтальных напряжений, полученный по результатам испытаний плоским дилатометром;
 k_s - коэффициент отпора грунта;
 m_v - коэффициент сжимаемости;
 N - количество ударов на каждые 300 мм для зондирования при проведении SPT;
 N_k - коэффициент зондирования при проведении CPT (см. формулу (4.1));
 $N_{k,t}$ - то же при проведении CPTU (см. формулу (4.2));
 N_{10L} - количество ударов на каждые 10 см пенетрации по результатам DPL;
 N_{10M} - то же, по результатам DPM;
 N_{10H} - то же, по результатам DPH;
 N_{10SA} - то же, по результатам DPH-A;
 N_{10SB} - то же, по результатам DPH-B;
 N_{20SA} - количество ударов на каждые 20 см пенетрации по результатам DPH-A;
 N_{20SB} - то же, по результатам DPH-B;
 N_{60} - количество ударов по результатам SPT с учетом потери энергии;
 $(N_1)_{60}$ - то же, и с учетом перпендикулярности к эффективным вертикальным напряжениям;
 p_{LM} - предельное давление Менарда;
 q_c - удельное сопротивление грунта погружению зонда по CPT;

- q_t - удельное сопротивление грунта погружению зонда по СРТ с учетом давления поровой воды;
 q_u - напряжения при сжатии с возможностью бокового расширения грунта;
 w_{opt} - оптимальная влажность.

Греческие буквы

- α - коэффициент корреляции для E_{oed} и q_c (см. формулу (4.3));
 φ - угол внутреннего трения;
 φ' - угол внутреннего трения с учетом эффективных напряжений;
 μ - поправочный коэффициент для определения c_u по $c_{f,v}$ (см. формулу (4.4));
 $\rho_{d,max}$ - максимальная плотность сухого грунта;
 σ_c - неограниченная компрессионная прочность скального грунта;
 σ'_p - эффективное давление обжатия;
 σ_T - сопротивление растяжению скального грунта;
 σ_{v0} - суммарные вертикальные напряжения;
 σ'_{v0} - эффективные вертикальные напряжения;
 ν - коэффициент Пуассона.

Сокращения

- CPT - зондирование коническим зондом;
CPTU - зондирование коническим зондом с замерах порового давления;
DMT - испытания плоским дилатометром;
DP - динамическое зондирование;
DPL - динамическое зондирование легкой установкой;
DPH - то же, тяжелой установкой;
DPSH-A - то же, супертяжелой установкой типа А;
DPSH-B - то же, супертяжелой установкой типа В;
FDT - определение полных перемещений прессиометра;
FVT - полевые испытания методом вращательного среза;
MPM - испытания прессиометром Менарда;
PBP - испытания прессиометром в скважине;
PLT - штамповые испытания;
PMT - прессиометрические испытания;
RDT - дилатометрические испытания скальных грунтов;
SBP - испытания дилатометром, имеющим возможность самопогружения;
SDT - дилатометрические испытания нескальных грунтов;
SPT - стандартные испытания на пенетрацию;
WST - испытания статической нагрузкой.

(2) Для геотехнических расчетов рекомендуется применение следующих параметров с единицами измерения:

- | | |
|---|-----------------------|
| - сила | - кН; |
| - момент | - кН · м; |
| - плотность | - кг/м ³ ; |
| - удельный вес | - кН/м ³ ; |
| - напряжение, давление, жесткость и упругость | - кПа; |
| - коэффициент фильтрации | - м/с; |
| - коэффициент консолидации | - м ² /с. |

2 ПЛАНИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ

2.1 Объект исследований

2.1.1 Общие положения

(1) Геотехнические исследования необходимо планировать так, чтобы на всех стадиях проектирования гарантировалась доступность необходимых геотехнической информации и данных. Геотехническая информация должна быть достаточно компетентной, чтобы удовлетворять установленному и ожидаемому проектному риску. Для промежуточных и конечных проектных стадий должны быть предоставлены данные и необходимая информация для раскрытия возможности риска несчастных случаев, потери рабочего времени и нанесения ущерба.

(2) Целью геотехнического исследования является определение типа грунта, скальной породы и грунтовых вод, определение свойств скальных и нескальных грунтов, объединение в совместную базу информации о площадке.

(3)Р Необходимо выполнять тщательное накопление, учет и обработку геотехнической информации о площадке. Эта информация должна включать в себе, соответственно, данные о состоянии грунта, инженерно-геологические и геоморфологические условия, сейсмичность и гидрологию. Необходимо учитывать также показатели изменчивости грунта.

(4) Данные о состоянии грунта, которые могут повлиять на выбор геотехнической категории, должны быть определены в ходе исследования как можно раньше.

ПРИМЕЧАНИЕ - В результате геотехнических исследований может возникнуть необходимость изменения геотехнической категории строительного проекта.

(5) Геотехнические исследования должны состоять из исследований свойств грунтов и других исследований территории, таких как:

- оценка существующих конструкций, т. е. зданий, мостов, тоннелей, набережных, дамб и откосов;

- история развития изучаемой территории и соседних к ней участков.

(6) Оценка доступной информации и документов с их камеральной обработкой должны предшествовать планированию программы исследований.

(7) Примеры документов и информации, которые могут быть использованы:

- топографические карты;
- устаревшие карты города, описывающие прежнюю градостроительную ситуацию;
- геологические карты и их описание;
- инженерно-геологические карты;
- гидрогеологические карты и их описание;
- геотехнические карты;
- аэрофотосъемка и предшествующие фотообработки;
- аэро-геофизические исследования;
- предшествующие исследования площадки строительства и окружающей территории;
- имеющийся опыт строительства на изучаемой территории;
- местные климатические условия.

(8) Исследования грунта должны состоять из полевых изысканий, лабораторных исследований, дополнительных камеральных работ, а также выполнения контрольных работ и мониторинга, в случае необходимости.

(9)Р Прежде чем приступить к осуществлению программы исследования, строительная площадка должна быть визуально изучена, а сделанное экспертизой заключение должно

быть зарегистрировано и сопоставлено с теоретическими данными, полученными по результатам предшествующих камеральных работ.

(10) Программа исследований грунтов должна быть пересмотрена, как только будут получены результаты и данная программа может быть проверена и скорректирована. В частности, возможны такие изменения:

- количество точек исследования должно быть увеличено, если считается необходимым добиться максимально точного представления сложности и изменчивости состояния грунтов на строительной площадке;

- найденные параметры должны быть проверены для того, чтобы выявить их принадлежность соответствующей модели поведения скальных и нескальных грунтов. При необходимости, следует провести дополнительные испытания;

- должно быть учтено, что любые ограничения указаны в 3.4.3 (1) EN 1997-1:2004.

(11) Особое внимание следует уделить ранее использованным строительным площадкам, на которых возможны нарушения естественного природного состояния.

(12) Соответствующая система качества должна быть в лаборатории, при проведении полевых испытаний и проектных работ, а также должен проводиться компетентный контроль качества на всех стадиях исследования и их обработки.

2.1.2 Грунт

(1)Р Исследования грунтов оснований должны обеспечивать описание состояния грунтов в соответствии с предполагаемыми работами и устанавливать основу для проведения оценки геотехнических параметров на всех стадиях проектирования.

(2) Если это возможно, в полученной информации должны быть оценены:

- пригодность выбранной строительной площадки с учетом проектируемого сооружения и уровня допустимого риска;

- деформации грунта, вызванные давлением сооружения или строительными работами, а также пространственное распространение деформации и их дальнейшее развитие;

- безопасность в соответствии с предельным состоянием (т. е. осадка, пучение грунта, его выпор фильтрационным потоком, сдвиг скальных и нескальных грунтов, продольный изгиб свай и т. д.);

- нагрузки, передаваемые сооружению от грунтов (т. е. боковое давление на сваи), и предельное значение этой нагрузки, определяемое при проектировании и строительстве;

- методы фундаментостроения (т. е. улучшение свойств грунтов, где есть возможность отрывки котлована и погружения свай, дренаж);

- последовательность работ по возведению фундаментов;

- воздействие от сооружения на окружающую среду;

- некоторые необходимые дополнительные конструктивные решения (т. е. крепление стенок котлована, анкерование, устройство пересекающихся свай);

- влияние строительных работ на окружающую среду;

- тип и степень загрязнений грунтов в пределах строительной площадки и вокруг нее;

- эффективность мероприятий против загрязнения окружающей среды или устранение загрязнения.

2.1.3 Строительные материалы

(1)Р Геотехнические исследования скальных и нескальных грунтов для их применения в качестве строительных материалов должны давать их описание для дальнейшего использования и устанавливать соответствующие характеристики.

(2) Полученная информация должна давать возможность оценивать:

- соответствие выбранных материалов их намеченному назначению;
- размер капиталовложений;
- возможность извлечения и обработки материала, а также возможность изоляции и полной ликвидации неподходящего материала;
- перспективные методы улучшения скальных и нескальных грунтов;
- удобоукладываемость и технологичность разработки скальных и нескальных грунтов в процессе строительства и возможные изменения их первоначальных свойств в процессе транспортировки, размещения и дальнейшей обработки;
- влияние производственного грузового транспортного потока и больших нагрузок на грунты;
- предполагаемые методы осушения грунта и/или экскавация, эффект ускорения, сопротивление атмосферным воздействиям, а также склонность к осадке, набуханию и разрушению.

2.1.4 Грунтовые воды

(1)Р Результаты исследования грунтовых вод должны предоставлять о них всю необходимую информацию для выполнения геотехнического проектирования и строительства.

(2) Исследования грунтовых вод должны обеспечить, если это необходимо, информацию о:

- уровне грунтовых вод, распространении и мощности водоносных горизонтов, а также о характере развития трещин в скальных грунтах;
- изменении уровня грунтовых вод или пьезометрического уровня водоносного слоя и их возможное поведение во времени, а также существующего уровня грунтовых вод, включая возможные их максимальные значения и периодичность повторяемости;
- распределении давления воды в порах;
- химическом составе и температуре грунтовых вод.

(3) Полученная информация должна быть достаточной для оценки следующих необходимых аспектов:

- масштаба и характера работ по понижению уровня грунтовых вод;
- возможности негативного влияния грунтовых вод на процесс экскавации и устойчивость откосов (т. е. опасность гидравлического разрушения, чрезмерного фильтрационного давления или эрозии);
- любых необходимых мероприятий по защите конструкций (гидроизоляция, дренаж, а также меры по предотвращению влияния агрессивных вод);
- влияния на окружающую среду мероприятий по понижению уровня грунтовых вод, обезвоживанию, созданию искусственных водоемов и т. д.;
- способности грунта абсорбировать воду, поступающую во время производства строительных работ;
- возможности использования местных грунтовых вод для строительных целей (в случае изучения ее химического состава).

2.2 Последовательность проведения исследований грунтов

(1)Р Структура и объемы исследований грунтов должны основываться на виде ожидаемого расчета проектируемой конструкции, например типа фундамента, элементов благоустройства и подпорных структур, местоположения и глубины конструкции.

(2)Р Результаты камеральных исследований и осмотр строительной площадки должны учитываться при выборе методов исследования и определения расположения разведывательных скважин и точек зондирования. Исследования должны быть проведены в

точках, которые представляют изменение состояний скальных и нескальных грунтов, грунтовых вод.

(3) Исследования грунтов должны быть, как правило, проведены поэтапно в зависимости от решаемой в данный момент задачи: планирование исследований, проведение изысканий, проектирование и возведение объекта строительства. Этапы исследований рассмотрены отдельно в разделе 2:

- предварительные исследования для определения проектного положения и предварительный расчет конструкций (см. 2.3);
- проектные исследования (см. 2.4);
- контроль полученных результатов и мониторинг (см. 2.5).

ПРИМЕЧАНИЕ - Условия настоящего норматива основываются на предпосылке, что результаты исследований на определенном этапе необходимы до момента начала выполнения следующего этапа.

(4) В случае, если все исследования проведены одновременно, требования 2.3 и 2.4 должны учитываться совместно.

ПРИМЕЧАНИЕ - Различные этапы проведения исследований, включая лабораторные и полевые испытания и процесс определения характеристик скальных и нескальных грунтов, могут выполняться согласно требований разделов В.1 и В.2

2.3 Предварительные исследования

(1) Предварительные исследования должны быть запланированы таким образом, чтобы имеющиеся данные могли применяться, если это необходимо, для:

- определения общей устойчивости и пригодности строительной площадки;
- определения пригодности данной строительной площадки по сравнению с альтернативными;
- определения наиболее выгодного месторасположения строительной конструкции;
- определения возможного влияния планируемых работ на окружающую среду, прилегающие здания, сооружения и соседнюю территорию;
- определения территорий, находящихся в зоне влияния строительства;
- рассмотрения различных вариантов устройства фундаментов и способов улучшения грунтов оснований;
- планирования процесса проектирования и контрольных исследований, включая установление мощности грунтов, что может оказать существенное влияние на состояние строительного сооружения.

(2) Предварительные исследования грунтов должны предоставить оценку свойств грунтов и учитывать:

- тип скальных или нескальных грунтов и их характеристики;
- уровень грунтовых вод или эпюру порового давления;
- начальные напряжения и деформационные характеристики для скальных и нескальных грунтов, что может снизить долговечность строительных материалов.

2.4 Проектные исследования

2.4.1 Полевые испытания

2.4.1.1 Общие положения

(1) В случае, если предварительные исследования не дают необходимую информацию для оценки приведенных в 2.3 факторов, необходимо провести дополнительные исследования на стадии проектирования.

(2) При необходимости, полевые исследования на стадии проектирования должны включать:

- бурение скважины и/или отрывку котлована (испытания в котлованах, шурфах, включая шахты и строительные тоннели) для взятия образцов;
- измерения уровня грунтовых вод;
- полевые испытания.

(3) Примеры различных типов полевых испытаний приведены ниже:

- полевые испытания (например СРТ, SPT, динамическое зондирование, WST, испытания прессиометрические, дилатометрические, штамповые, крыльчаткой, на проницаемость);
- отбор проб скальных и нескальных грунтов для определения их характеристик в лабораторных исследованиях;
- исследования грунтовых вод для определения их уровня, кривой порового давления и возможные колебания;
- геофизические исследования (т. е. построение сейсмического профиля, георадарные исследования, измерение удельного сопротивления);
- крупномасштабные исследования, например определение несущей способности или непосредственное поведение моделей и опытных конструкций, например анкера.

(4) Для развития стратегии планирования полевых испытаний, возможно использование таблицы 2.1 как руководства к осуществлению полевых исследований, указанных в разделах 3 и 4.

ПРИМЕЧАНИЕ - См. также раздел В.2.

(5) В случае загрязнения грунтов основания или наличия возможности появления газов, необходимо провести сбор и анализ информации из соответствующих источников. Данная информация должна учитываться при планировании исследований грунтов.

(6) Если обнаружены проявления грунтовых загрязнений или газа в ходе исследований, то необходимо сообщить об этом заказчику и органам власти.

2.4.1.2 Программа полевых испытаний

(1)Р Программа полевых испытаний должна включать:

- план расположения расчетных точек исследований с обозначением типов исследования;
- глубину, на которой ведутся исследования;
- типы взятых образцов (категории и т. д.) с характеристиками номера образца и его глубины;
- характеристики измерений уровня грунтовых вод;
- типы применяемого оборудования;
- применяемые нормативные документы.

Таблица 2.1 - Упрощенная классификация рекомендуемых методов^{a)} проведения полевых исследований, приведенных в разделах 3 и 4

Методы полевых испытаний ^{а)}	Ожидаемые результаты исследований																			
	Взятие образцов (проб)						Полевые испытания												Измерение грунтовых вод	
	грунта			скалы			СРТ и СРТУ	Прессиометрия ^{с)}	RDT	Гибким дилатометром	SPT ^{д)}	DPL/DPM	DPH/DPSH	WST	FVT	DMT	PLT	Открытая система	Закрыва- тая система	
	Категория А	Категория В	Категория С	Категория А	Категория В	Категория С														
Базовая информация																				
Тип грунта	C1, F1	C1, F1	C2, F2	-	-	-	C2, F2	C3, F3	-	C3, F3	C2, F1	C3, F3	C3, F3	-	-	C2, F2	-	-	-	
Тип скалы	-	-	-	R1	R1	R2	R3 ^{е)}	R3	R2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Протяженнос- ть слоя ^{б)}	C1, F1	C1, F1	C2, F2	R1	R1	R2	C1, F1	R3, C3, F3	R3	C3, F3	C2, F2	C1	F2	F2	-	C2, F1	-	-	-	
Уровень грунтовых вод	-	-	-	-	-	-	C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R2, C1, F2	R1, C1, F1	
Поровое давление воды	-	-	-	-	-	-	C2, F2	F3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R2, C1, F2	R1, C1, F1	
Геотехнические характеристики																				
Размер частиц	C1, F1	C1, F1		R1	R1	R2	-	-	-	-	C2, F1	-	-	-	-	-	-	-	-	
Влажность	C1, F1	C2, F1	C3, F3	R1	R1	-	-	-	-	-	C2, F2	-	-	-	-	-	-	-	-	
Пределы Аттерберга	F2	F1	-	-	-	-	-	-	-	-	F2	-	-	-	-	-	-	-	-	
Плотность	C2, F1	C3, F3	-	R1	R1	-	C2, F2	-	-	-	C2, F2	C2	C2	-	-	C2, F2	-	-	-	
Сопротивле- ние срезу	C2, F1	-	-	R1	-	-	C2, F1	C1, F1	-	-	C2, F3	C2, F3	C2, F3	C2	F1	C2, F1	R2, C1, F1	-	-	
Сжимаемость	C2, F1	-	-	R1	-	-	C1, F2	C1, F1	R1	F1	C2, F2	C2, F2	C2, F2	C2	-	C2, F1	C1, F1	-	-	

Продолжение таблицы 2.1

Методы полевых испытаний ^{а)}	Ожидаемые результаты исследований																			
	Взятие образцов (проб)						Полевые испытания												Измерение грунтовых вод	
	грунта			скалы			CPT и CPTU	Прессиометрия ^{с)}	RDT	Гибким дилатометром	SPT ^{д)}	DPL/DPM	DPH/DPSH	WST	FVT	DMT	PLT	Открытая система	Закрытая система	
	Категория А	Категория В	Категория С	Категория А	Категория В	Категория С														
Проницае- мость	C2, F1	-	-	R1	-	-	C3, F2	F3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C2, F3	C2, F2	
Химические исследования	C1, F1	C1, F1	-	R1	R1	-	-	-	-	-	C2, F2	-	-	-	-	-	-	-	-	
<div>R1 - прочные скальные грунты; C1 - прочные крупные пески*; F1 - прочные мелкие пески*; R2 - средней прочности скальные грунты; C2 - средней прочности крупные пески; F2 - средней прочности мелкие пески; R3 - низкой прочности скальные грунты; C3 - низкой прочности крупные пески; F3 - низкой прочности мелкие пески; - - не применяется.</div>																				
* Основные виды грунта «мелкий» и «крупный» названы согласно ISO 14688-1.																				
ПРИМЕЧАНИЕ - Выбор методов изысканий может изменяться, а также отличаться от приведенного в данной таблице в зависимости от характеристик грунтов основания (таких как тип грунта, уровень грунтовых вод) и типа проектируемого сооружения.																				
<div>^{а)} Терминологию см. в разделах 3 и 4. ^{б)} В горизонтальном и вертикальном направлениях. ^{с)} Зависит от типа прессиометра. ^{д)} Необходим отбор образцов. ^{е)} Только для мягких скальных грунтов.</div>																				

2.4.1.3 Местоположение и глубина точек исследования

(1)Р Местоположение и глубина точек проведения исследований должны быть выбраны в соответствии с предварительными исследованиями, в зависимости от геологических условий, размеров проектируемого сооружения и сопутствующих инженерно-технических задач.

(2) При выборе положения точек исследования необходимо учесть следующее:

- места расположения точек исследования должны быть определены таким образом, чтобы в конечном результате можно было построить разрез по всей площадке исследований;

- места исследований для здания или конструкции должны быть расположены на критических участках, которые соответствуют форме, зоне влияния и ожидаемой распределенной нагрузке от сооружения (например, в углах фундаментной плиты);

- для линейных сооружений точки исследования должны быть расположены со смещением от оси, в зависимости от предельной ширины конструкции, например проекции основания дамбы или границ выемки;

- для конструкций, расположенных на или вблизи откосов и перепадов местности (включая котлованы), точки исследований должны располагаться также за пределами проектируемой территории, кроме того, эти точки должны располагаться таким образом, чтобы можно было оценить устойчивость откоса или выемки. В местах установки анкеров необходимо уделить внимание возможному возникновению внутренних усилий от передачи нагрузок;

- расчетные точки должны быть расположены таким образом, чтобы не нанести вред самому сооружению, производству строительных работ, а также окружающей среде (например, такими результатами могут быть изменения характеристик грунтов и грунтовых вод);

- площадка, отведенная для проведения опытных работ, должна находиться на таком расстоянии от соседней территории, чтобы не оказывать на нее негативного влияния;

- в местах исследований грунтовых вод следует учитывать возможность использования оборудования, установленного в процессе исследований грунтов, для последующего мониторинга в течение и после строительства.

(3) В местах, где характеристики грунтов основания относительно однородны или известны их прочностные и деформативные характеристики, допускается расположение точек исследования большим расстоянием или возможно сокращение их количества. В прочих случаях этот выбор должен быть подтвержден исследованиями и местным опытом.

(4) В случае, если на одной и той же площадке строительства планируется проведение более одного вида исследования (например, СРТ и штамповые испытания), то точки исследования должны быть назначены на соответствующем расстоянии.

(5) В случае сочетания, например, СРТ и буровых скважин, первоначально необходимо провести СРТ исследования. Минимальное расстояние должно быть таким, чтобы буровая скважина не совпадала с выемкой СРТ. Если предполагается первоначально проведение буровых работ, то СРТ должно быть отнесено по горизонтали хотя бы на 2 м от скважины.

(6) Глубина проведения исследований должна охватывать все напластования, которые испытывают влияние от проектируемого сооружения. Для дамб, водосливов и котлованов, расположенных ниже уровня грунтовых вод, для которых проводятся работы по водоотведению, глубина проведения исследований должна быть выбрана в зависимости от гидрогеологических условий площадки. Откосы и уступы в грунтах должны быть исследованы ниже любой возможной поверхности скольжения.

ПРИМЕЧАНИЕ - В качестве справочной информации можно использовать значения, представленные в разделе В.3 для определения расстояния между расчетными точками и глубинами исследований.

2.4.1.4 Отбор образцов

(1) Категории образцов (см. 3.4.1 и 3.5.1) и их количество должны быть выбраны в соответствии с:

- целями исследования;
- геологическими условиями площадки;
- сложностью геотехнического строения.

(2) Для обозначения и классификации грунтов как минимум одна скважина должна быть предназначена для отбора образцов. Отбор проб должен осуществляться из каждого отдельного грунтового слоя, который может повлиять на поведение конструкции.

(3) Отбор проб можно заменить полевыми исследованиями, если имеется местный опыт корреляции между результатами полевых испытаний и состоянием грунтов, для последующего обеспечения максимальной точности при обработке результатов.

(4) Дополнительная информация по отбору образцов приведена в разделе 3.

2.4.1.5 Грунтовые воды

(1) Измерения уровня грунтовых вод планируются и осуществляются в соответствии с 3.6.

2.4.2 Лабораторные испытания

2.4.2.1 Общие положения

(1) Предпочтение отдается составлению программы испытаний, которая обеспечит ожидаемую стратиграфию на строительной площадке, а также относящиеся к расчету напластование, выбранное с учетом особенностей типа и количества испытаний в каждом слое. Идентификация слоев должна зависеть от геотехнической задачи, ее сложности, местных геологических условий и требуемых параметров проектирования.

2.4.2.2 Визуальное освидетельствование и предварительное построение геологического разреза

(1) Образцы и разведочные шурфы должны быть осмотрены визуально и сопоставлены с полевыми журналами бурения для того, чтобы установить предварительный геологический разрез. Для образцов нескальных грунтов визуальное освидетельствование должно предусматривать простые физические исследования с тем, чтобы идентифицировать данный грунт и дать первое впечатление о его консистенции и механическом поведении.

(2) Если обнаружены явные значительные отличия свойств разных частей одного и того же слоя, его следует расчленить на подслои.

(3) В тех местах, где это осуществимо, качество образцов должно быть оценено до начала проведения лабораторных испытаний. Классы качества нескальных образцов указаны в таблице 3.1.

2.4.2.3 Программа исследований

(1) При составлении программы лабораторных исследований следует учитывать тип сооружения, тип грунта и стратиграфию, а также геотехнические характеристики, необходимые для расчета сооружения.

(2) Программа лабораторных испытаний частично зависит от того, существует ли сопоставимый опыт. Следует обеспечить необходимый уровень и качество сравнимого опыта для скальных или нескальных грунтов. При возможности, результаты полевых испытаний или наблюдений за прилегающими зданиями также должны использоваться.

(3) Испытания должны проводиться на образцах, типичных для определенного слоя. Классификационные испытания должны использоваться для проверки соответствия образца исследуемому слою.

ПРИМЕЧАНИЕ - Проверка может многократно повторяться. Первый этап: испытания для классификации и определения предела прочности проводятся для максимального количества образцов, чтобы определить изменчивость характеристик показателей данного слоя. На втором этапе проверка соответствия образца исследуемому слою при определении предела прочности и сжимаемости может быть проверена путем сравнения результатов тестов по классификации и определению степени прочности для образцов и результатов аналогичных испытаний для слоя.

(4) Необходимость в более прогрессивных испытаниях или дополнительных полевых исследованиях должна приниматься в зависимости от геотехнических аспектов проекта, типа грунтов, изменчивости грунтов и структуры расчета.

2.4.2.4 Количество испытаний

(1) Необходимое для испытаний количество образцов должно быть принято в соответствии со степенью однородности грунтов оснований, наличием сопоставимого опыта для данного грунта и геотехнической категории поставленной задачи.

(2) В случае необходимости принятия решения об использовании образцов сложных грунтов и поврежденных образцов необходимо пересмотреть качество и количество испытаний в соответствии с геотехнической категорией проекта.

(3) В зависимости от вида испытаний, необходимо провести минимальное количество испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ - Минимальное рекомендуемое количество испытаний для некоторых видов испытаний можно найти в таблицах приложений L – W (кроме приложений O и T). Эти приложения также могут использоваться для проверки степени достаточности данных испытаний.

(4) Минимальное количество испытаний можно еще уменьшить, если не требуется оптимизация геотехнического проектирования и используются заниженные значения характеристик грунтов, если дополнительно применяются сравнимый опыт или сочетание с информацией о полевых испытаниях.

2.4.2.5 Классификационные испытания

(1) Испытания по классификации скальных и нескальных грунтов должны быть проведены для определения состава и показателей качества каждого слоя. Образцы для проведения испытаний должны быть выбраны таким образом, чтобы испытания были равномерно распределены как по всей площади застройки, так и по всей глубине слоев, релевантных проектированию. Таким образом результаты исследований представят диапазон показателей состояния соответствующих слоев.

(2) Результаты исследований по классификации грунтов оснований должны быть использованы для проверки достаточности результатов проведенных исследований или же для выявления необходимости в проведении второго этапа испытаний.

(3) Соответствующая последовательность исследований по классификации для образцов различной степени повреждения представлена в таблице 2.2. Такие исследования, как правило, представлены для всех стадий исследования грунтов.

Таблица 2.2 - Квалификационные испытания

Параметр	Тип грунта							
	глины			илы			пески, гравий	
	Тип образца			Тип образца			Тип образца	
	нена- рушен- ный	наруше- нный	восстан- овленны й	нена- рушен- ный	наруше- нный	восстан- овленны й	наруше- нный	восстан- овленны й
Геологическое описание и классификация грунта	X	X	X	X	X	X	X	X
Содержание воды	X	(X)	(X)	X	(X)	(X)	(X)	(X)
Плотность	X	(X)	-	X	(X)	-	-	-
Минимальная и максимальная плотности	-	-	-	(X)	(X)	(X)	X	X
Пределы Аттерберга	X	X	X	X	X	X	-	-
Описание гранулометрического состава	X	X	X	X	X	X	X	X
Недренированное сопротивление срезу	X	-	-	(X)	-	-	-	-
Проницаемость	X	-	-	X	(X)	(X)	(X)	(X)
Чувствительность	X	-	-	-	-	-	-	-
X - разрешается к использованию; (X) - допускается к использованию, если нет прочих образцов; - - не допускается к использованию.								

ПРИМЕЧАНИЕ - Для некоторых типов грунтов могут быть проведены более расширенные исследования, например определение содержания органических примесей, плотности частиц грунта, активности скелета грунта.

2.4.2.6 Испытания образцов

(1) Образцы для проведения испытаний должны быть отобраны таким образом, чтобы учесть весь диапазон характеристик для каждого соответствующего слоя.

(2) Для насыпи, слоя песка или гравия могут исследоваться восстановленные образцы, которые должны быть максимально подобны по составу, плотности и влажности с материалом в природном залегании.

(3) Лабораторные испытания по определению параметров для геотехнических расчетов представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Лабораторные испытания для определения геотехнических параметров

Геотехнический параметр	Тип грунта					
	гравий	песок	ил	глина NC	глина OC	заторфованные органические глины
Одометрический модуль E_{oed} Коэффициент сжимаемости C_c (однонаправленная компрессия)	(OED) (TX)	(OED) (TX)	OED (TX)	OED (TX)	OED (TX)	OED (TX)
Модуль упругости Юнга E Модуль сдвига G	TX	TX	TX	TX	TX	TX
Дренажное (эффективное) сопротивление грунта сдвигу (c', ϕ)	TX SB	TX SB	TX SB	TX SB	TX SB	TX SB
Остаточное сопротивление сдвигу (c'_R, ϕ'_R)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)
Недренированное сопротивление сдвигу (c_u)	-	-	TX DSS SIT	TX DSS (SB) SIT	TX DSS (SB) SIT	TX DSS (SB) SIT
Плотность ρ	BDD	BDD	BDD	BDD	BDD	BDD
Коэффициент консолидации c_v			OED TX	OED TX	OED TX	OED TX
Коэффициент фильтрации k	TXCH PSA	TXCH PSA	PTC TXCH (PTF)	TXCH (PTF) (OED)	TXCH (PTF) (OED)	TXCH (PTF) (OED)
- - не применимо; () - частично применимо, более подробно см. раздел 5.						
Сокращения: BDD - определение плотности грунта; DSS - прямые испытания на сдвиг; OED - одометрические исследования; PTF - исследования на проницаемость при снижающемся гидравлическом давлении; PTC - исследования на проницаемость при постоянном гидравлическом давлении; RS - испытания в кольцевом сдвиговом приборе; SB - испытания в сдвигающемся сдвиговом приборе; SIT - испытания на степень прочности (обычно проводятся при одноосном нагружении); PSA - определение гранулометрического состава; TX - трехосные испытания; TXCH - определение постоянной проницаемости в приборе с трехосным обжатием.						

(4) Необходимые мероприятия для описания образцов скальных грунтов:

- геологическая классификация;
- определение плотности или насыпной объемной плотности ρ ;
- определение влагосодержания w ;
- определение пористости n ;
- определение прочности при одноосном сжатии σ_c ;
- определение модуля упругости Юнга E и коэффициента Пуассона ν ;
- исследование сопротивления от сосредоточенной нагрузки $I_{s,50}$.

(5) Классификация скальных образцов, как правило, включает геологическое описание, обозначение качества скального грунта RQD, степени уплотнения, трещиноватых зон, участков выветривания и распространения трещин. Также совместно с упомянутыми в 2.4.2.6 (4) мероприятиями возможно проведение дополнительных исследований, которые могут быть выбраны для различных целей, например: определение плотности частиц, скорости

распространения волн, прочности по бразильскому методу, определение сопротивления сдвигу скальных грунтов и поверхностей разрывов, устойчивости горной породы выветриванию, испытания по определению пучинистых свойств, а также испытания на истирание.

(6) Характеристики скальных грунтов, включая наслоения и трещины или разрывы, могут быть исследованы косвенно посредством сжатия и испытания на сопротивление сдвигу вдоль сочленений. Для малопрочных скальных грунтов могут быть проведены дополнительные полевые испытания или крупномасштабные лабораторные испытания ненарушенных образцов.

2.5 Контроль и мониторинг

(1) Контроль и дополнительные исследования должны быть проведены в течение проектирования и строительства объекта, для того чтобы удостовериться, что характеристики грунтов соответствуют параметрам, определенным в предпроектных исследованиях, и что характеристики представленных строительных материалов и строительные работы соответствуют запланированным или установленным.

ПРИМЕЧАНИЕ - См. также EN 1997-1:2004, раздел 4.

(2) Необходимо производить следующие контрольные измерения:

- контроль отметки грунта при отрывке котлована;
- освидетельствование дна котлована.

(3) Могут быть выполнены следующие общие контрольные измерения:

- уровня грунтовых вод или порового давления и их колебание;
- деформаций соседних сооружений, коммуникаций и изменения хода строительных работ;
- деформаций самого объекта строительства.

ПРИМЕЧАНИЕ - При использовании данного метода исследований контроль и мониторинг имеют первостепенное значение (см. EN 1997-1:2004, 2.7).

(4) Результаты контрольных измерений должны быть собраны, обработаны и проверены в соответствии с требованиями проектирования. По проведенным исследованиям необходимо предоставить отчет.

3 ОТБОР ПРОБ СКАЛЬНЫХ И НЕСКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ И ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

3.1 Общие положения

(1) Отбор проб скальных и нескальных грунтов путем бурения скважин и экскавации и измерения уровня грунтовых вод должны быть проведены в полном объеме, чтобы при этом получить все необходимые данные для геотехнического расчета.

3.2 Отбор проб путем бурения скважин

(1) Буровое оборудование должно быть выбрано с учетом:

- требований, предъявляемых к категориям методов отбора образцов, как определено в 3.4.1 и 3.5.1;
- требуемой глубины, которую необходимо достигнуть, и диаметра образца;
- назначения буровой установки, ее характеристик, например, регистрации параметров, получаемых при бурении с автоматическим или ручным управлением.

(2) Необходимо учитывать требования EN ISO 22475-1.

3.3 Отбор проб путем экскавации

(1)Р При отборе образцов из разведочного шурфа, строительного тоннеля или шахты, следует руководствоваться требованиями EN ISO 22475-1.

3.4 Отбор проб нескальных грунтов

3.4.1 Категории методов отбора образцов и лабораторные классы качества образцов

(1) Образцы должны содержать все минеральные составляющие слоя, из которого данный образец был отобран. Не допускается загрязнение образцов составляющими другого слоя или добавками, используемыми при отборе проб.

(2) В зависимости от желаемого качества образцов необходимо учитывать три категории методов отбора образцов (EN ISO 22475-1) согласно указанной далее классификации (для определения качества образцов см. таблицу 3.1):

- категория А: возможно получить образцы класса качества 1–5;
- категория В: возможно получить образцы класса качества 3–5;
- категория С: возможно получить образцы только класса качества 5.

(3) Образцы класса качества 1 или 2 могут быть получены только при использовании методов отбора образцов категории А. Цель состоит в том, чтобы получить образцы класса качества 1 или 2, в которых в течение процедуры отбора образцов и их обработки не произошло или произошло только незначительное нарушение структуры грунта. Влажность и коэффициент пористости грунта полностью соответствует грунту естественного залегания. Не произошло изменений гранулометрического или химического состава грунта. Некоторые непредвиденные обстоятельства, такие как изменчивость геологического слоя, могут привести к получению образцов более низкого класса качества.

(4) Использование методов отбора образцов категории В будет предотвращать достижение образцов классов качества выше чем 3. Цель состоит в том, чтобы получить образцы, которые содержат все составляющие грунта в его естественном залегании и первоначальных пропорциях, а также сохраняют его естественную влажность. Данными методами возможно определить общую классификацию различных слоев грунта или его компонентов. Структура образца грунта нарушена. Некоторые непредвиденные обстоятельства, такие как неоднородность геологических напластований, могут привести к получению более низких классов качества образцов.

(5) Использование методов отбора образцов категории С не позволяет получить образцы класса качества выше чем 5. Структура грунта в образце полностью изменена. Общее устройство различных слоев грунта или компонентов видоизменилось настолько, что невозможно безошибочно определить слои в их естественном залегании. Влагосодержание образцов не соответствует природному для грунтового слоя, из которого они взяты.

(6) Образцы грунтов для лабораторных испытаний разделены на пять классов качества в соответствии с характеристиками, которые предположительно остаются неизменными в течение отбора образцов, транспортирования и хранения. Классы качества представлены в таблице 3.1 вместе с применяющейся категорией методов отбора образцов.

Таблица 3.1 - Классы качества образцов для лабораторных испытаний и применяемые категории методов отбора образцов

Свойства грунтов	Классы качества образцов				
	1	2	3	4	5
Неизменные свойства грунтов:					
размер частиц	*	*	*	*	
влажность	*	*	*		
плотность, степень плотности, проницаемость	*	*			
сопротивление срезу, деформативность	*				
Свойства, которые могут быть определены:					
последовательность слоев	*	*	*	*	*
граница между слоями - широкая	*	*	*	*	
граница между слоями - узкая	*	*			
пределы Аттерберга, пористость, проницаемость	*	*	*	*	
влажность	*	*	*		
плотность, степень плотности, проницаемость	*	*			
сжимаемость, сопротивление срезу	*				
Категории методов отбора образцов в соответствии с EN ISO 22475-1	A				
				B	
					C

3.4.2 Идентификация нескальных грунтов

(1)Р Идентификацию нескальных грунтов необходимо проводить на основании исследования отобранных образцов в соответствии с EN ISO 14688-1.

3.4.3 Планирование отбора образцов нескальных грунтов

(1)Р Класс качества и количество образцов для восстановления должны соответствовать целям исследований нескальных грунтов, геологическим условиям площадки, сложности геотехнического строения, а также проектируемого сооружения.

(2) Возможно применение двух разных стратегий для отбора образцов при бурении скважин:

- бурение, направленное на построение полной геологической колонки с отбором образцов с бурового инструмента при бурении скважин, а также специальными пробоотборниками на выбранных глубинах по длине скважины;

- бурение для отбора образцов на специальных заранее определенных уровнях, например рядом с точкой зондирования.

(3)Р Категории методов отбора образцов должны выбираться с учетом желаемых лабораторных классов качества, как указано в таблице 3.1, ожидаемых видов нескальных грунтов, а также состояния грунтовых вод.

(4)Р Необходимо выполнение требований EN ISO 22475-1 для выбора метода бурения скважин или отрывки котлована, а также выбора оборудования для взятия образцов в соответствии с требованиями предписанной категории методов отбора образцов нескальных грунтов.

ПРИМЕЧАНИЕ - Восстановление почти полностью разрушенного образца практически невозможно по причине многих факторов, к которым относится изменение расположения частиц, вызванное отбором образцов, а также из-за неизбежного снижения внутренних напряжений при восстановлении образца. Влияние этих факторов на степень повреждения зависит от применяемой категории метода отбора образцов и типов нескальных грунтов. Тип нескального грунта, из которого взяли образец, имеет решающее влияние на степень повреждения образцов, полученных теми же методами отбора. Таким образом очень восприимчивые грунты склонны к повреждению, в то время как менее восприимчивые, такие как большинство плотных глин, могут требовать более ограниченных методов отбора скальных грунтов для получения фактически ненарушенных образцов. С другой стороны, каждая задача требует различных степеней точности

определения расчетных характеристик нескальных грунтов для дальнейшего расчета. Как следствие, во время подготовки программы отбора образцов упомянутые выше факторы должны быть учтены для того, чтобы определить допустимую степень нарушения и, следовательно, определиться с методами отбора образцов.

(5) Для рассматриваемого проекта специальное оборудование для отбора проб и применяемые методы могут быть необходимы в зависимости от категорий методов отбора образцов, указанных в 3.4.1. Например, в случае, когда модули деформации (жесткости) при малых напряжениях должны быть определены на ненарушенных образцах.

(6) Размеры образцов, которые планируется восстановить, должны соответствовать типу нескального грунта, типу и количеству предполагаемых к проведению испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ - См. раздел 5 и приложения L-N, P-S.

(7) Образцы необходимо брать на границе каждого слоя и на определенном расстоянии не более чем 3 м. В неоднородных нескальных грунтах или если требуется детальное описание состояния грунтов оснований, следует проводить постоянный отбор грунта с бурового оборудования или отбирать образцы на очень малых расстояниях друг от друга.

3.4.4 Отбор, транспортирование и хранение образцов

(1) Отбор, транспортирование и хранение образцов должны осуществляться в соответствии с EN ISO 22475-1.

ПРИМЕЧАНИЕ - Для отбора и хранения в лаборатории см. раздел 5.

3.5 Отбор проб скальных грунтов

3.5.1 Категории методов отбора образцов

(1) Образцы должны содержать все минеральные составляющие слоя, из которого они были взяты. Они не должны быть загрязнены составляющими другого слоя или добавками, применяемыми при отборе проб.

(2) Разрывы, трещины и соответствующие заполняющие их материалы в массиве скальных грунтов часто влияют на прочностные и деформационные характеристики скалы в целом. Следовательно, если требуется определить эти характеристики, их следует определять наиболее точно в течение производства работ по отбору проб.

(3) Существует три категории методов отбора образцов (см. EN ISO 22475-1) в зависимости от качества образца:

- категория А;
- категория В;
- категория С.

(4) При использовании категории А методов отбора образцов цель состоит в том, чтобы получить образцы, в которых в течение их отбора и транспортировки не возникли вовсе или, если возникли, то незначительные нарушения структуры скального грунта. Прочностные и деформационные характеристики, влажность, плотность, пористость и проницаемость образца находятся в соответствии со значениями в естественном залегании. Не должны происходить изменения в гранулометрическом или химическом составах грунта. Некоторые непредвиденные обстоятельства, такие как изменчивость геологического слоя, могут привести к снижению класса качества образца.

(5) При использовании категории В методов отбора образцов цель состоит в том, чтобы получить образцы, которые содержат все составляющие грунта в его естественном залегании и в первоначальных пропорциях, а также скальные обломки, сохранившие прочностные и деформационные характеристики, влагосодержание, плотность и пористость. При использовании категории В методов отбора образцов может быть определено общее

распространение разрывов в скальном массиве и произошедшее нарушение структуры скального грунта и, соответственно, изменение прочностных и деформационных характеристик, влагосодержания, плотности, пористости и проницаемости самого скального грунта. Некоторые непредвиденные обстоятельства, такие как изменчивость геологического слоя, могут привести к достижению более низких классов качества.

(6) Категория С методов отбора образцов ведет к полному изменению структуры скального грунта и характера трещин. Скальный грунт может быть разрушен. Могут произойти некоторые изменения в гранулометрическом или химическом составе скального грунта. Однако возможно установить тип скального грунта, его структуру и текстуру.

3.5.2 Идентификация скальных грунтов

(1)Р Визуальная идентификация скальных грунтов основывается на изучении скальных массивов и образцов, включая все включения и разрывы. Идентификацию скальных грунтов необходимо проводить в соответствии с EN ISO 14689-1.

(2)Р В соответствии с геологическими процессами необходимо устанавливать классификацию скальных грунтов по выветрелости с разделением между молодыми и старыми скалами, скальными включениями в грунт основания. Классификация приводится в соответствии с 4.2.4 и 4.3.4 EN ISO 14689-1.

(3)Р Разрывы массива, такие как поверхности напластования, стыки, трещины, кливажи и дефекты, должны быть определены по образцам с указанием конкретных расстояний и наклонов. Определение этих характеристик необходимо производить в соответствии с 4.3.3 EN ISO 14689-1:2009.

(4)Р Обозначения качества скальных грунтов (RQD), полный выход керна, выход керна столбиками необходимо производить в соответствии с EN ISO 22475-1.

3.5.3 Планирование отбора образцов скальных грунтов

(1)Р Характеристики и количество извлекаемых образцов должны базироваться на цели исследования опытной площадки, с учетом геологических условий территории, сложности геотехнической структуры и проектируемого сооружения.

(2)Р Предписанная категория методов отбора образцов должна быть подобрана в соответствии с сохраняемыми характеристиками скальных грунтов, как указано в 3.5.1, и ожидаемыми характеристиками скальных грунтов и подземных вод.

(3) Требования EN ISO 22475-1 должны учитываться при выборе методов производства буровых работ или отрывке котлована и при выборе оборудования для отбора образцов.

(4) В настоящем нормативе особое оборудование для отбора образцов и методы производства работ могут быть необходимы с учетом категории отбора образцов скальных грунтов согласно 3.5.1.

3.5.4 Отбор, транспортирование и хранение образцов

(1)Р После проведения отбора образцов и визуального их освидетельствования полученные керны должны быть сохранены, перевезены и сохранены в соответствии с EN ISO 22475-1.

3.6 Измерение уровня грунтовых вод в скальных и нескальных грунтах

3.6.1 Общие положения

(1)Р Измерение уровня грунтовых вод необходимо производить в соответствии с 2.1.4.

(2)Р Определение уровня грунтовых вод или порового давления в скальных и нескальных грунтах необходимо проводить путем установки открытых или закрытых измерительных систем в грунте.

ПРИМЕЧАНИЕ - В 3.6 указаны измерения положительного порового давления воды в соответствии с атмосферным давлением. Измерения отрицательного давления воды в порах не рассматриваются.

3.6.2 Планирование и осуществление измерений

(1)Р При необходимости измерения уровня грунтовых вод и отбора образцов данные работы должны быть проведены в соответствии с EN ISO 22475-1.

(2)Р Тип применяемого при измерении уровня грунтовых вод оборудования должен быть подобран в соответствии с типом и степенью проницаемости грунтов, целью измерений, временем проведения испытания, ожидаемыми колебаниями во времени уровня грунтовых вод, временем отклика испытательного оборудования и самого грунта.

(3) Существует два главных способа измерения давления уровня грунтовых вод: открытые и закрытые системы. В открытых системах пьезометрический напор грунтовых вод измеряется при использовании наблюдательного колодца, как правило, снабженного открытой трубкой. В закрытых системах давление грунтовых вод в выбранной точке измеряется непосредственно датчиком давления.

(4) Открытые системы больше подходят для скальных и нескальных грунтов с относительно большой проницаемостью (водоносные и полупроницаемые слои), например песок, гравий или скальный грунт с большим количеством трещин. Использование открытых систем для скальных и нескальных грунтов с малой проницаемостью может привести к неправильной интерпретации в результате отставания во времени при заполнении и опустошении напорной трубы. Использование фильтрующих наконечников на шланге с малыми диаметрами в открытых системах снижает отставание.

(5) Закрытые системы должны быть использованы для всех типов скальных и нескальных грунтов с малой водопроницаемостью (относительный водоупор), например глина или слаботрещиноватые скальные грунты. Закрытые системы также рекомендованы к использованию, если имеется большое давление артезианских вод.

(6)Р В случае возможности изменений в течение короткого времени или быстрого колебания воды в порах необходимо производить непрерывную регистрацию с использованием датчиков и регистрирующих устройств для любых типов скальных и нескальных грунтов.

(7)Р В случае наличия открытой водной поверхности на площадке исследования или близко от нее уровень грунтовых вод необходимо рассматривать с учетом измерений этого уровня. Также необходимо замерять уровень воды в колодцах, возникновение верховодки и артезианских вод.

(8)Р Количество, расположение и глубину точек измерения необходимо выбирать в зависимости от цели измерений, топографии, стратиграфии и состояния грунтов оснований, в особенности от проницаемости грунта или наличия водоносных горизонтов.

(9)Р Для проведения мероприятий по контролю работ, таких как понижение уровня грунтовых вод, отрывка котлована, заполнение тоннелей, положение точек измерения должны быть выбраны в соответствии с ожидаемыми изменениями в процессе мониторинга.

(10) Для справочных целей измерения природных колебаний уровня грунтовых вод, по возможности, необходимо производить за пределами территории, на которой планируется возведение здания.

(11) Для измерения порового давления в определенной точке скального или нескального слоя должны быть обеспечены условия в соответствии с EN ISO 22475-1 при гарантии того, что данная точка измерения достаточно изолирована от влияния других слоев или водоносного горизонта.

(12) Количество и частота замеров и продолжительность периода измерений для предоставленного проекта должны быть спланированы в соответствии с целью измерений и периодом стабилизации.

(13) Принятые критерии должны быть установлены после начального периода времени в соответствии с фактическими изменениями наблюдаемых отсчетов.

(14)Р В случае необходимости оценки колебаний грунтовых вод измерения должны быть произведены через более короткий промежуток времени, чем период природных колебаний, определенных за длительный период времени.

(15) В течение процесса бурения скважины наблюдение за уровнем воды в конце дня и в начале следующего дня (перед началом производства буровых работ) может быть хорошим критерием определения условий грунтовых вод, и данные замеры должны быть зафиксированы. Любой внезапный приток воды или ее потеря в течение бурения также должны быть записаны, поскольку это может предоставить дополнительную полезную информацию.

(16) В течение первых стадий полевых испытаний некоторые из скважин могут быть снабжены открытыми перфорированными трубами, защищенными фильтрами. Замеры уровня грунтовых вод, полученные в течение последующих дней, представляют предварительные показания условий грунтовых вод, но в то же время являются ограничением согласно 3.6.2 (4). Необходимо учитывать опасности, связанные с возможностью соединения различных водоносных слоев, также, как и любые процессы регулирования окружающей среды.

3.6.3 Оценка результатов измерений уровня грунтовых вод

(1)Р Оценка результатов измерений уровня грунтовых вод должна учитывать геологические и геотехнические условия местности, точность единичных измерений, колебания порового давления воды во времени, продолжительность наблюдения, продолжительность измерений и климатические условия в течение и до этого периода.

(2)Р Полученные результаты измерений уровня грунтовых вод должны включать в себя наблюдаемые максимальные и минимальные повышения уровня грунтовых вод или порового давления, имеющие место в период измерений.

(3)Р При изменениях уровня грунтовых вод необходимо выделять верхние и нижние пределы как для чрезвычайных, так и для нормальных условий путем добавления или вычитания ожидаемых колебаний в соответствующих чрезвычайных или нормальных обстоятельствах. Отсутствие достоверной информации о колебаниях грунтовых вод за длительный период может сделать необходимым использование поправочных коэффициентов, при учете которых требуется произвести осторожную оценку.

(4) Необходимость осуществления дальнейших измерений или проведения дополнительных испытаний должна быть оценена в течение полевых испытаний, а также указана в отчете о проведении полевых испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ - В приложении С представлен пример статистического метода определения давления грунтовых вод в случае, если доступны измерения за продолжительный период в опытной (наблюдательной) скважине на прилегающей территории и за кратковременный период на площадке исследований.

4 ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ СКАЛЬНЫХ И НЕСКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ

4.1 Общие положения

(1) Когда проводятся полевые испытания, они должны быть связаны с процессом выборки образцов, которая производится путем отрывки котлована и бурения скважины для того, чтобы собрать информацию о грунтовом расслоении, получить геотехнические параметры или непосредственные данные для использования в расчетах.

(2)Р Полевые испытания должны быть спланированы в соответствии с нижеперечисленным (см. также раздел 2):

- геология/слоистая структура грунта;
- тип стрительной конструкции, проектируемый фундамент и прогнозируемая работа в течение строительства;

- тип необходимых геотехнических параметров;
- принятый метод расчета.

(3) Испытания или их сочетания должны быть выбраны из следующих типов, указанных в частях EN ISO 22476 и описанных в настоящем разделе:

- испытания коническим зондом;
- прессиометрические и дилатометрические испытания;
- стандартные пенетрационные испытания грунта;
- динамическое зондирование;
- ультразвуковой тест;
- полевые испытания грунта зондированием крыльчаткой;
- испытания плоским дилатометром;
- испытания нагрузкой по всей поверхности образца.

Таблица 2.1 дает представление о пригодности испытаний в различных грунтовых условиях.

(4) Могут использоваться другие дополнительные, имеющие международное признание методы исследования, например геофизические.

4.2 Общие требования

4.2.1 Планирование специфической программы испытаний

(1) В дополнение к рекомендациям, указанным в 2.3, и требованиям, указанным в 2.4 и 4.1 (2), представляется следующая информация:

- ожидаемый геологический разрез грунта;
- планируемая суммарная глубина исследований;
- уровень земной поверхности и, если необходимо, уровень грунтовых вод.

(2) При планировании программы исследований грунта выбор типа полевых испытаний и оборудования должен быть направлен на получение наилучшего технического и экономического решения для достижения желаемой цели.

ПРИМЕЧАНИЕ - См. также таблицу 2.1 и раздел В.2.

4.2.2 Проведение работ

(1) Для испытаний, указанных в настоящем разделе, оборудование и операции должны соответствовать требованиям EN ISO 22476-1, EN ISO 22476-8, EN ISO 22476-9, EN ISO 22476-12 и EN ISO 22476-13.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дальнейшую информацию о процедуре, представлении и оценке результатов ультразвуковых испытаний и испытаний плоским дилатометром можно найти соответственно в CEN ISO/TS 22476-10 и CEN ISO/TS 22476-11.

(2) Если полученные на протяжении длительного исследования результаты не соответствуют первоначальной информации (см. раздел 2) о местности и/или цели исследования, должны быть приняты дополнительные меры, такие как:

- дополнительные испытания;
- замена одних методов испытаний другими.

(3) Если не достигнута проектная глубина исследований, заказчик должен быть немедленно проинформирован об этом.

4.2.3 Анализ и оценка результатов испытаний

(1) При анализе результатов полевых испытаний, особенно при получении геотехнических характеристик/коэффициентов по результатам испытаний, должна учитываться любая дополнительная информация о грунтовых условиях.

(2)Р Результаты, полученные на всех образцах путем бурения и выемки грунта в соответствии с разделом 3, должны быть доступными и использоваться при общей оценке результатов испытаний.

(3) При оценке результатов испытаний следует учитывать возможное геотехническое влияние и воздействие оборудования на измеряемые характеристики. Если нескальные или скальные грунты проявляют анизотропию, следует уделить внимание направлению давления с учетом анизотропии.

(4)Р При использовании корреляции для получения геотехнических характеристик/коэффициентов, их пригодность следует учитывать индивидуально для каждого отдельного проекта.

(5)Р При использовании приложений D–K должно быть гарантировано, что условия грунта при исследовании на местности (тип грунта, коэффициент однородности, показатель консистенции) должны быть идентичны граничным условиям, предоставленным для корреляции. При наличии опыта работы в данной местности, его необходимо учитывать соответствующим образом.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Приложения D–K приводят примеры корреляции для определения расчетных значений величин и для применения результатов испытаний в расчетах и проектировании.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Раздел X.3 содержит дополнительную информацию для определения расчетных значений величин, а также использования результатов испытаний непосредственно при расчетах и проектировании.

4.3 Испытания грунта коническим и пьезоконическим зондом (CPT, CPTU)

4.3.1 Задачи

(1) Задача испытаний коническим зондом заключается в том, чтобы определить сопротивление нескальных и мягких скальных грунтов проникновению зонда и местное боковое трение по поверхности муфты трения.

(2) Испытания CPT осуществляют путем вертикального продавливания грунта коническим пенетрометром с использованием необходимого количества штанг. Конический пенетрометр должен погружаться в землю с постоянной скоростью. Конический пенетрометр представляет собой конус и, если необходимо, цилиндрическую гильзу ствола или муфту трения. Подлежат измерению сопротивление погружению конуса q_c , и, если применимо, также и боковое трение вдоль муфты трения.

(3) Для электрических CPT все измерения должны быть зафиксированы датчиками, которые находятся в коническом пенетрометре.

(4) Для механических CPT все измерения, как правило, производятся дистанционно.

(5) Испытания грунта пьезоконическим зондом - это электрические CPT, которые включают в себя дополнительные инструменты для измерения порового давления воды на уровне основания конуса в ходе его погружения.

(6) Результаты CPTU используются в основном для определения геологического разреза совместно с отбором образцов методом бурения и выемки грунта в соответствии с разделом 3 или для сравнения с результатами других видов испытаний.

(7) Эти результаты могут быть использованы для определения геотехнических характеристик, таких как предел прочности и деформационные характеристики нескальных грунтов и малопрочных скальных грунтов, максимальная достигнутая глубина погружения, а также для непосредственного использования в методах расчета, в основном для крупно- и мелкозернистых грунтов, но возможно и для других грунтовых отложений.

(8) Результаты также могут быть использованы для определения длины свай и соответственно их сопротивления при вдавливании и выдергивании или для определения размеров фундамента мелкого заложения.

4.3.2 Особые требования

(1)Р Испытания должны быть проведены и описаны в соответствии с методом, отвечающим требованиям, указанным в EN ISO 22476-1 - для электрических СРТ и СРТУ или EN ISO 22476-12 - для механических СРТ.

(2)Р При планировании программы испытаний для проекта, в дополнение к указанным в 4.2.1 требованиям, необходимо дополнительно решить вопросы о:

- типе необходимых испытаний грунта коническим зондом в соответствии с EN ISO 22476-1 или EN ISO 22476-12;

- глубине и продолжительности измерений порового давления, если это необходимо.

(3)Р Любое отклонение от требований, указанных в EN ISO 22476-1 или EN ISO 22476-12, должно иметь объяснение и быть указано в отчете. В частности, должно быть прокомментировано любое вызванное этим влияние на результаты.

4.3.3 Оценка результатов испытаний

(1)Р В дополнение к указанным в 4.2 требованиям полевые отчеты и протоколы испытаний в соответствии с EN ISO 22476-1 или EN ISO 22476-12 должны быть использованы для оценки полученных результатов испытаний.

(2)Р Возможные геотехнические влияния на сопротивление погружению должны быть учтены при оценке результатов испытаний, например: для глины сопротивление коническому погружению должно быть скорректировано на действие порового давления воды, и только после этого может использоваться в оценке результатов.

4.3.4 Применение результатов испытаний

4.3.4.1 Прочность на сжатие (несущая способность) и осадка фундамента мелкого заложения

(1)Р Если данные по сопротивлению сжатию и осадке фундамента мелкого заложения получают из результатов СРТ, то следует использовать как полуэмпирические, так и аналитические методы расчета.

ПРИМЕЧАНИЕ - См., например, EN 1997-1:2004, приложения D и F.

(2)Р При использовании полуэмпирического метода, следует принимать во внимание все особенности данного метода.

ПРИМЕЧАНИЕ - Если, например, используется полуэмпирический метод для определения осадки фундаментов мелкого заложения по результатам СРТ, то в данном конкретном методе применяется только модуль упругости Юнга, полученный по q_c , как показано в примере.

(3) Если используется аналитический метод для определения сопротивления сжатию (приложение D EN 1997-1:2004), то недренированное сопротивление сдвигу мелкозернистого грунта для СРТ может быть определено следующим образом:

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_k} \quad (4.1)$$

или в случае с СРТУ:

$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{k,t}}, \quad (4.2)$$

где q_c - сопротивление грунта погружению зонда по СРТ;

q_t - сопротивление грунта погружению зонда по СРТ с учетом давления поровой воды;

- N_k - коэффициент, зондирования при проведении СРТ;
 $N_{k,t}$ - коэффициент, зондирования при проведении СРТУ;
 σ_{v0} - суммарное вертикальное напряжение на рассматриваемой глубине.

(3) Если используется аналитический метод для расчета сопротивления сжатию (приложение D EN 1997-1:2004), угол внутреннего трения ϕ' может быть определен из сопротивления конуса на основании имеющегося локального опыта, учитывая влияние глубины, когда это применимо.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Пример диапазона значений при вычислении ϕ' по q_c для кварца и полевого шпата представлен в разделе D.1, он используется в расчете сопротивления на сжатие фундаментов мелкого заложения, когда влияние глубины не учитывается.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - Дополнительно пример соотношения между ϕ' и q_c для песков плохого гранулометрического состава представлен в разделе D.2, в котором соотношение должно быть учтено как данные для приблизительного расчета (с завышением погрешности).

(5) Могут быть также использованы более сложные методы для определения ϕ' по q_c с учетом эффективного вертикального напряжения, сжимаемости, а также коэффициента переуплотнения.

(6) Если для расчета осадки фундаментов мелкого заложения по результатам СРТ используется принятый метод упругости, необходимо ввести коэффициент корреляции между коническим сопротивлением и модулем упругости Юнга, полученным при испытаниях дренированных образцов за длительный период E' , который зависит от характера метода: полуэмпирический метод упругости или теоретический метод упругости.

ПРИМЕЧАНИЕ - Принятый метод упругости представлен в EN 1997-1:2004, приложение F.

(7) Полуэмпирические методы могут быть использованы для расчетов осадки фундаментов в грубозернистом грунте.

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример приведен в разделе D.3.

(8) При использовании теоретического метода упругости, дренированный модуль упругости Юнга (за длительный период) E' может быть определен по сопротивлению конуса на основании существующего местного опыта.

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример для образцов из кварца и полевого шпата для расчета величины E' по q_c представлен в разделе D.1

(9) Соотношения между одометрическим модулем E_{oed} и сопротивлением грунта погружению\ зонда q_c могут также использоваться при расчете осадки фундаментов мелкого заложения. Отношение между E_{oed} и сопротивлением грунта погружению зонда q_c обычно имеет вид:

$$E_{oed} = \alpha q_c, \quad (4.3)$$

где α - коэффициент корреляции, который зависит от местного опыта.

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример корреляции представлен в разделе D.4.

(10) При использовании теоретического метода упругости для расчета осадки фундаментов мелкого заложения может использоваться одометрический модуль E_{oed} , зависящий от нагрузки и основанный на q_c .

ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Для примеров теоретических методов упругости см. EN 1997-1:2004, приложение F.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - Примеры корреляции между E_{oed} и q_c представлены в разделе D.5. Эти корреляции должны учитываться как данные для приблизительного расчета (с завышением погрешности).

4.3.4.2 Сопротивление свай вдавливанию

(1) Если конечное сопротивление вдавливанию и выдергиванию свай в соответствии с EN 1997-1:2004, 7.6.2.3 или 7.6.3.3 получено по результатам СРТ, следует использовать правила расчета, основанные на установленной корреляции между результатами испытаний статической нагрузкой (WST) и результатами СРТ.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Пример такого соотношения для крупнозернистого грунта приведен в разделе D.6.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Пример предназначен для оценки сопротивления вдавливанию одиночной сваи на основе значений q_c по результатам СРТ, см. раздел D.7.

4.4 Прессиометрические испытания (PMT)

4.4.1 Задачи

(1) Задачей прессиометрических испытаний являются измерения в условиях естественного залегания деформации нескальных и малопрочных скальных грунтов при расширении цилиндрической гибкой мембраны под давлением.

(2)Р Испытания проводят следующим образом: зонд, содержащий цилиндрическую гибкую мембрану, опускается или в предварительно подготовленную скважину путем самостоятельного бурения, или задавливанием непосредственно в грунт с полным его вытеснением. 1 раз на заранее определенной глубине мембрана расширяется под давлением с фиксацией давления и соответствующего расширения, пока не будет достигнуто максимально возможное расширение.

ПРИМЕЧАНИЕ - Расширение измеряется по радиальному вытеснению или рассчитывается по изменению объема цилиндрической мембраны.

(3) Испытания должны быть использованы для получения данных о пределе прочности и деформации грунта и/или о конкретных параметрах прессиометра.

(4) Результаты могут быть использованы для получения кривых нагрузка-деформация в мелкозернистом грунте и для малопрочных грунтов.

4.4.2 Специфические требования

(1)Р При планировании программы испытаний для определенного проекта тип используемого прессиометра должен соответствовать техническим условиям.

(2)Р Существует в большинстве случаев четыре различных типа подходящего оборудования, для которого применяются соответствующие стандарты:

- прессиометры, требующие предварительного бурения (PBP), например, для определения полных перемещений прессиометра (FDT), согласно EN ISO 22467-5;
- прессиометр Менарда (MPM), специальная форма для PBP, в соответствии с EN ISO 22467-4;
- прессиометры, сами выполняющие бурение (SBP), в соответствии с EN ISO 22467-6;
- прессиометры полного вытеснения грунта (FDP), в соответствии с EN ISO 22467-8.

ПРИМЕЧАНИЕ - При PBP и MPM прессиометры погружаются в скважину, подготовленную специально для испытаний прессиометром. SBP ввинчивается в грунт при использовании буровой головки, расположенной на нижнем конце таким образом, чтобы зонд вытеснял материал, который он перемещает, и таким образом создает собственную буровую скважину. FDP, как правило, вдавливают в грунт при помощи цельного конуса, расположенного в нижней части аппарата, и таким образом создают свою собственную буровую скважину. MPM могут в некоторых случаях вдавливать или забивать в грунт. Зонды PBP, SBP, FDP могут иметь множество конфигураций в соответствии с типом установки и системой измерения.

(3) Могут быть использованы две разные основные методики для получения:

- прессиометрического модуля E_M и предельного давления p_{LM} , что может быть использовано в методиках расчета, сформулированных для прессиометра Менарда;
- других характеристик жесткости и прочности.

(4)Р Испытания должны быть проведены и представлены в соответствии с системой, соответствующей требованиям по эксплуатации определенного типа измерительного прибора.

(5)Р Любые отклонения от требований, представленных в соответствующих нормативах, должны быть должным образом утверждены и отображены в отчетности, и особенно должно быть прокомментировано их влияние на результаты.

4.4.3 Оценка результатов испытаний

(1)Р Если есть необходимость, применяемое давление должно быть скорректировано применительно к жесткости мембраны для достижения реального давления, приложенного к цилиндрической грунтовой контактной поверхности в области зонда.

(2)Р Если используется прессиометр с радиальным вытеснением, показания вытеснения должны быть преобразованы в деформацию полостей и, при испытаниях слабых скальных грунтов, должна быть сделана поправка с учетом сжатия и изгиба мембраны.

(3)Р При использовании прессиометра вытеснения объема (например MPM), должна быть сделана поправка на объем в соответствии с расширением системы.

(4)Р В дополнение к требованиям 4.2 в качестве основы для любой дальнейшей оценки и анализа результатов должны использоваться полевые отчеты и протоколы испытаний в соответствии

с EN ISO 22476-4, EN ISO 22476-5, EN ISO 22476-6 и EN ISO 22476-8 для конкретных типов испытаний.

(5) В дополнение к чертежам, необходимым по условиям стандарта на испытания индивидуального оборудования, следует учитывать список необходимых дополнительных графиков по таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Список дополнительных графиков

Метод зондирования	Тип грунта	Абсцисса	Ордината
Радиальное смещение			
Оборудован системой бурения, задавлируется	Все	Деформация пустот для каждого рычага	Используемое давление
Требуется предварительного бурения	Все	Деформация пустот для каждой пары рычагов	Используемое давление
Оборудован системой бурения	Все	Исходная деформация пустот для каждого рычага	Используемое давление
Все	Все	Деформация пустот для ненапряженного/перенапряженного цикла для каждого рычага	Используемое давление
Все	Глина	Логарифм деформации пустот для каждого рычага	Используемое давление
Все	Пески	Десятичный логарифм текущей деформации пустот для каждого рычага	Десятичный логарифм используемого эффективного давления
Вытеснение объема (кроме MPM)^{a)}			
Требуется предварительного бурения	Все	Изменение объемов	Используемое давление
Требуется предварительного бурения	Все	Скорость изменения объемов	Используемое давление
^{a)} Для испытаний MPM давление изображается как абсцисса, а изменение объема - как ордината.			

4.4.4 Использование результатов испытаний

4.4.4.1 Общие критерии

(1)Р При использовании косвенного или аналитического метода расчета геотехнические характеристики сопротивления сдвигу и модуля сдвига должны быть получены по кривой с использованием методов, соответствующих для применяемых метода испытаний и типа оборудования.

(2)Р При использовании непосредственного или полуэмпирического метода расчета следует учитывать все его особенности.

ПРИМЕЧАНИЕ - В непосредственных методиках расчета фундаментов вместо обычных характеристик грунтов используют непосредственные измерения, полученные при полевых испытаниях.

(3)Р Если, к примеру, используется полуэмпирический метод определения осадки фундаментов мелкого заложения на основании результатов МРМ, то в этом частном методе может быть использован только модуль E_M , определенный по результатам, полученным с помощью прессиометра Менарда.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры расчета осадки приводятся в разделе E.2.

4.4.4.2 Сопротивление сжатию фундаментов мелкого заложения

(1)Р При использовании полуэмпирического метода следует учитывать все его аспекты, в особенности специфику типа использованного прессиометра. При этом необходимо соблюдать требования EN ISO 22476-4.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Полуэмпирический метод Менарда представлен в EN 1997-1:2004, приложение E.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Пример расчета сопротивления сжатию представлен в разделе E.1.

(2) При использовании аналитического метода прочность грунта может быть определена с использованием эмпирического и теоретического методов, но только с учетом местного опыта.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры аналитических методов представлены в EN 1997-1:2004, приложение D.

(3) Угол внутреннего трения может быть определен по испытаниям SBP крупнозернистого грунта при помощи теоретических методов, а также при помощи испытаний FDP и RBP с использованием эмпирических корреляций, но только с учетом местного опыта.

4.4.4.3 Осадка фундаментов мелкого заложения

(1) Осадку фундаментов мелкого заложения можно определить при помощи результатов МРМ с использованием полуэмпирического метода.

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример расчета представлен в разделе E.2.

(2) При использовании аналитического метода можно определить устойчивость (плотность) грунта с использованием теоретических моделей для интерпретации результатов испытаний прессиометром, однако только с учетом местного опыта.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры аналитических методов представлены в EN 1997-1:2004, приложение F.

4.4.4.4 Сопротивление свай вдавливанию

(1) Предельное сопротивление свай вдавливанию можно получить непосредственно при помощи испытаний на контролируемое напряжение.

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример расчета предельного сопротивления вдавливанию представлен в разделе Е.3.

(2) В случае, если предельное сопротивление вдавливанию или выдергиванию свай получено косвенно по результатам прессиометрических испытаний, то для определения значений сопротивления пяты и ствола может быть использован аналитический метод, но только с учетом местного опыта.

4.5 Определение полных перемещений прессиометра (FDT)

4.5.1 Задачи

(1) Цель дилатометрических испытаний на изгиб состоит в том, чтобы измерить способность к деформации скальных грунтов в состоянии их естественного залегания (дилатометрические испытания скальных грунтов (RDT)) и нескальных грунтов (дилатометрические испытания нескальных грунтов (SDT)) за счет измерений радиального расширения секции скважины при известном радиальном давлении, прикладываемом при помощи цилиндрического дилатометрического зонда.

(2)Р Испытания проводятся следующим образом: в буровую скважину опускают цилиндрический зонд, который имеет внешнюю расширяемую гибкую мембрану, далее производятся измерения радиального смещения скважины через определенные временные интервалы или в полунепрерывном режиме в момент расширения зонда при известном радиальном давлении.

(3) Испытания RDT следует использовать главным образом для мягких и твердых скальных грунтов, в то время как SDT следует использовать преимущественно для мягких и твердых нескальных грунтов для получения данных по изменению сопротивления деформации по глубине.

(4) Результаты цилиндрических дилатометрических испытаний могут быть использованы для определения деформации и характеристик сдвига в естественном залегании при испытаниях ненарушенного скального грунта.

(5) В хрупких и скальных грунтах в виде глинистых сланцев, а также в растресканных и тесно расположенных формациях, где нельзя получить качественный керн или типичные образцы для лабораторных испытаний, возможно использование цилиндрических дилатометрических испытаний для быстрого каротажа скважины и для сравнения относительного предела деформации различных горных пластов.

4.5.2 Специфические требования

(1)Р При планировании программы испытаний для определенного проекта специфические требования используемого оборудования должны соответствовать техническим условиям.

(2)Р Испытания должны быть проведены и представлены в соответствии с методом испытаний, который согласуется с EN ISO 22476-5.

(3)Р Любые отклонения от представленных в EN ISO 22476-5 требований должны быть подтверждены, и особенно должно быть прокомментировано их влияние на результаты испытаний.

4.5.3 Оценка результатов испытаний

(1)Р В дополнение к представленным в 4.2 требованиям для оценки испытаний используются полевые отчеты и протоколы испытаний согласно EN ISO 22476-5.

(2) Для интерпретации результатов дилатометрических испытаний на изгиб необходимо, чтобы был известен также коэффициент Пуассона для скальных и нескальных грунтов либо его значение должно быть известно или принято с известным допущением.

4.5.4 Использование результатов испытаний

(1) Результаты дилатометрических испытаний могут быть использованы для проверки предельной эксплуатационной пригодности фундаментов мелкого заложения в скальных и нескальных грунтах посредством проведения деформационного анализа.

(2) При проведении деформационного анализа модуль упругости Юнга E может быть взят равным дилатометрическому с учетом того, что скальные и нескальные грунты линейно упруги и изотропны.

(3)P При использовании косвенного или аналитического метода расчета, геотехнические характеристики модуля сдвига должны быть получены при помощи дилатометрической кривой с использованием методов, применимых для данного конкретного типа испытаний.

4.6 Стандартные испытания грунта на пенетрацию (SPT)

4.6.1 Задачи

(1) Целью стандартных испытаний грунта на пенетрацию является определение сопротивления грунта в основании скважины динамической пенетрации разъемного керноотборника с вкладываемой грунтоприемной гильзой (или сплошного конуса), а также получение нарушенных образцов для идентификации типа грунта.

(2)P Керноотборник должен быть погружен в грунт путем удара молота массой 63,5 кг на упорную плиту или головку с высоты 760 мм. Количество ударов, необходимое для проникновения керноотборника на 300 мм (после проникновения ниже действия силы гравитации и нижней направляющей), и является сопротивлением пенетрации.

(3) Испытания должны быть использованы главным образом для определения предела прочности и характеристик деформации крупнозернистых песков.

(4) Значимые дополнительные данные могут быть также получены и для других видов грунтов.

4.6.2 Специфические требования

(1)P Испытания должны быть проведены и представлены в соответствии с EN ISO 22476-3.

(2)P Любые отклонения от представленных в EN ISO 22476-3 требований должны быть соответствующим образом утверждены и в особенности должно быть прокомментировано их влияние на результаты испытаний.

4.6.3 Оценка результатов испытаний

(1)P В дополнение к приведенным в 4.2 требованиям для оценки результатов испытаний используются полевые отчеты и протоколы испытаний в соответствии с EN ISO 22476-3.

(2)P Существующие методы расчета фундаментов, основанные на SPT, имеют эмпирический характер. Связанные со спецификой оборудования новые методы эксплуатации были разработаны и внедрены для получения более достоверных результатов. Следовательно, следует учитывать применение соответствующих поправочных коэффициентов для обработки результатов.

(3)P Коэффициент энергии E_r оборудования должен быть известен, если результаты в дальнейшем используются для количественной оценки фундаментов или для сравнения результатов. E_r определяется как отношение фактической энергии E_{meas} (измеренной во

время калибровки), переданной ударной установкой на расположенные ниже упорной плиты штанги, к теоретической энергии E_{theor} , рассчитанной для ударной установки. Измеренное количество ударов N должно быть соответственно исправлено (см. EN ISO 22476-3).

(4) В песках энергия слабеет из-за длины штанги, поэтому влияние эффективного чрезмерного давления следует учитывать в соответствии с разделами A.2 и A.4 EN ISO 22476-3:2005.

(5) Должны быть учтены другие поправки, такие как, например, на использование дополнительных элементов (например, направляющих) (см. раздел A.3 EN ISO 22476-3:2005) или цельного конуса.

4.6.4 Использование результатов испытаний

4.6.4.1 Общие критерии

(1) При работе с песками может быть использован имеющийся обширный эмпирический опыт для данных испытаний, например, для количественной оценки степени плотности, сопротивления сжатию и осадки фундаментов, хотя, конечно, эти результаты следует использовать как приблизительные данные. Большинство существующих методов до сих пор основываются на нескорректированных или частично скорректированных значениях.

(2) Не существует общего соглашения по использованию результатов SPT для глинистых грунтов. Принципиально это должно быть сведено к определению структуры грунта или количественной оценке его прочностных характеристик.

(3) Результаты этих испытаний могут быть иногда использованы в количественном виде для глинистых грунтов в хорошо изученных местных условиях при условии непосредственного сопоставления с другими идентичными испытаниями.

4.6.4.2 Сопротивление сжатию фундаментов мелкого заложения в песках

(1) При использовании аналитического метода расчета сопротивления сжатию эффективный угол внутреннего трения ϕ' можно получить по результатам испытаний SPT (стандартные испытания на пенетрацию).

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры аналитических методов расчета сопротивления сжатию - см. EN 1997-1:2004, приложение D.

(2) Значение ϕ' можно получить опытным путем:

- непосредственного сравнения с результатами SPT;
- сравнения со степенью плотности, которая получена по результатам SPT.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 - См. пример в разделах F.1 и F.2.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - Представленные в разделе F.1 корреляции могут быть использованы для определения степени плотности I_D на основании N_{60} или $(N_1)_{60}$, см. EN ISO 22476-3.

(3) Сопротивление песка деформации часто более продолжительно, чем геологический период уплотнения. Подобный эффект «старения» проявляется в большем количестве необходимых ударов молота, что следует учитывать.

(4) Следует учитывать переуплотнение, потому что оно повышает количество ударов для тех же величин I_D и σ'_{v0} .

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 В разделе F.1 представлены некоторые сравнения образцов, посредством которых можно учитывать как эффект старения, так и переуплотнение.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 При введении поправок на переуплотнение и эффекты старения результирующая производная величина ϕ' , полученная с использованием степени плотности из корреляций, может иметь значительную погрешность с допустимой вероятностью.

4.6.4.3 Осадка фундаментов мелкого заложения в песках

(1) При использовании только метода расчета на упругость недренированный модуль упругости Юнга можно получить по N -величинам методом эмпирических сравнений.

(2) Степень плотности можно получить, основываясь на N_{60} . Далее можно использовать соответствующую корреляцию для получения E' по степени плотности.

(3) Непосредственные методы расчета основаны на сравнениях N -величин и результатов испытаний при нагрузке по всей поверхности или имеющихся зарегистрированных данных об измеренных осадках фундаментов. Допустимое сопротивление сжатию при максимальной осадке 25 мм или осадке при заданном давлении можно получить путем соответствующих методик, с учетом ширины и наклона подошвы в грунте и уровня грунтовых вод.

ПРИМЕЧАНИЕ - Для расчета осадок фундаментов мелкого заложения в песках может быть использован метод отбора проб, указанный в разделе F.3.

4.6.4.4 Сопротивление вдавливаю с в песок

(1)Р Если предельное сопротивление вдавливаю и выдергиванию свай получено по результатам испытаний SPT в соответствии с 7.6.2.3 или 7.6.3.3 EN 1997-1:2004, то следует использовать правила расчета, основанные на локально утвержденных корреляциях между результатами испытаний статическими нагрузками и результатами SPT.

4.7 Динамическое зондирование (DP)

4.7.1 Задачи

(1) Целью динамического зондирования является определение сопротивления нескального и мягкого скального грунтов в естественном залегании при динамическом погружении зонда.

(2)Р Для забивки зонда применяют молот определенной массы и высоты падения. Сопротивление забиванию определяется количеством ударов, необходимых для погружения зонда на определенную глубину. Следует непрерывно регистрировать данные в зависимости от глубины. При этом не происходит извлечение образцов грунта.

(3) Результаты исследования должны быть использованы преимущественно для определения структуры залегания грунтов совместно с результатами испытаний образцов, полученными при бурении и выемке грунта в соответствии с разделом 3, или для сравнения с другими полевыми испытаниями.

(4) Результаты также могут быть использованы для определения прочностных и деформационных характеристик грунтов, в основном грубозернистых грунтов, а также возможно и мелкозернистых, но только с применением соответствующих корреляций.

(5) Результаты также могут быть использованы для определения глубины очень плотных грунтовых слоев, для определения, например, длины свай при погружении их в несущий слой.

4.7.2 Специфические требования

(1)Р При планировании специфической программы исследований для определенного проекта в дополнение к представленным в 4.2.1 требованиям должен быть принят вид необходимых DP испытаний в соответствии с EN ISO 22476-2.

(2)Р Испытания должны быть проведены и представлены в соответствии с EN ISO 22476-2.

ПРИМЕЧАНИЕ - Может быть использовано пять основных методик в соответствии с EN ISO 22476-2, охватывающих широкий список операций, которые можно выполнять при одном ударе молота:

- динамическое зондирование легкой установкой (DPL): испытания, использующие легкие пенетрационные установки. Количество ударов: N_{10L} ;
- динамическое зондирование средней установкой (DPM): испытания, использующие средние пенетрационные установки. Количество ударов: N_{10M} ;
- динамическое зондирование тяжелой установкой (DPH): испытания, использующие пенетрационные установки от средних до очень тяжелых. Количество ударов: N_{10H} ;
- динамическое зондирование супертяжелой установкой (DPSH): испытания, использующие супертяжелые пенетрационные установки. Количество ударов: N_{10SA} , N_{20SA} , N_{10SB} , N_{20SB} .

(3)Р Любые отклонения от представленных в EN ISO 22476-2 требований должны быть утверждены и особенно должно быть прокомментировано их влияние на результаты испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ - Существующие отклонения с учетом:

- высоты падения и массы молота;
- размера пяты, например: площадью 10 см^2 для зонда DPM, вместо 15 см^2 , как указано в EN ISO 22476-2.

(4) В местах с определенными трудностями по достигаемости могут быть использованы оборудование и методика более легкие, чем указанные в EN ISO 22476-2.

4.7.3 Оценка результатов испытаний

(1)Р В дополнение к изложенным в 4.2 требованиям для целей анализа следует использовать также отчеты о полевых работах и акты лабораторных испытаний, в соответствии с EN ISO 22476-2.

(2)Р При оценке результатов испытаний должно быть учтено влияние возможных геотехнических факторов и материального обеспечения на сопротивление погружению конусного зонда, в соответствии с 5.4 EN ISO 22476-2:2005.

4.7.4 Использование результатов испытаний

(1) Для грубозернистых грунтов возможно получение зависимостей (корреляций) с некоторыми геотехническими параметрами и результатами полевых испытаний. Зависимости могут быть использованы при количественном анализе для расчета фундаментов при условии, что трением, возникающим вдоль поверхности штанг можно пренебречь или на него сделана соответствующая поправка.

(2) Для мелкозернистых грунтов количественное использование результатов может быть применено только при хорошей изученности местных условий и подтверждено конкретными корреляционными зависимостями. Поверхностное трение в ходе испытаний является фактором, имеющим большое значение для данного типа грунта, и его следует учитывать должным образом.

(3) Было установлено несколько корреляционных зависимостей между различными испытаниями с динамическим зондированием, а также между ними и другими испытаниями геотехнических характеристик. В некоторых случаях трение вдоль поверхности штанг было устранено или на него была сделана компенсационная поправка, но фактическая передаваемая зонду энергия не была измерена. Поэтому они не могут считаться в целом действительными.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Примеры таких взаимосвязей приведены в приложении G.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Представленные в приложении G корреляционные зависимости должны учитываться при их обосновании.

(4) При использовании аналитического метода определения сопротивления сжатию фундаментов мелкого заложения можно определить угол внутреннего трения ϕ грубозернистого грунта по количеству ударов и соответствующей степени плотности I_D , со всеми возможными вытекающими взаимосвязями.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Пример аналитического метода приводится в EN 1997-1:2004, раздел D.4.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Подобные зависимости для определения ϕ представлены как примеры в разделах G.1 и G.2.

(5) Если применяется теоретический метод упругости для расчета осадки фундаментов мелкого заложения, то можно использовать одометрический модуль (модуль сжатия) E_{oed} , определенный по количеству ударов.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Примеры теоретических методов определения упругости представлены в EN 1997-1:2004, приложение F.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Соответствующие примеры зависимостей для определения одометрического модуля представлены в разделе G.3.

(6) Если в проектных расчетах используются известные соотношения между предельным сопротивлением сжатия при испытаниях несущей способности сваи при статических нагрузках (см. 7.6.2.3 EN 1997-1:2004) и сопротивлением погружению зонда q_c в грубозернистый грунт, то можно получить q_c по значениям N_{10} или N_{20} с использованием установленных зависимостей.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Примеры зависимостей при динамическом зондировании (DPH) приведены в разделе G.4.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Примеры зависимостей между результатами различных испытаний динамическим зондированием приведены в разделе G.5.

4.8 Испытания грунтов статической нагрузкой (WST)

4.8.1 Задачи

(1) Целью испытаний грунта статической нагрузкой является определение сопротивления грунта в естественном залегании статическому погружению или завинчиванию винтообразного наконечника.

(2) Р Испытания грунта статической нагрузкой должно быть проведено как статическое зондирование мягкого грунта, если сопротивление погружению составляет менее 1 кН. Если значение сопротивления превышает 1 кН, то зонд следует вращать ручным или машинным способом и фиксировать количество полуоборотов на конкретной глубине погружения. Регистрация данных производится непрерывно по глубине, однако извлечение образцов не производится.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дальнейшую информацию о порядке проведения, оформлении и аналитической оценке результатов испытаний WST можно найти в CEN ISO/TS 22476-10 (см. X.3.5).

(3) Испытания грунта статической нагрузкой должно быть использовано главным образом для получения непрерывной картины напластований грунта и последовательности его слоев. При использовании данного метода даже плотные глины и плотные пески показывают достаточно хорошую проницаемость.

(4) Испытания грунта статической нагрузкой может также использоваться для оценки степени плотности грубозернистых грунтов.

(5) Результаты также могут быть использованы для определения необходимой длины сваи до глубины очень плотных несущих слоев грунта.

4.8.2 Специфические требования

(1) Проведение испытаний и оформление их результатов должно осуществляться в соответствии с признанной методикой.

(2)Р Любые отклонения от требований методики со ссылкой на (1) должны быть обоснованы, и особенно должно быть прокомментировано их влияние на результаты испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дальнейшую информацию о порядке проведения, оформлении и аналитической оценке результатов испытаний грунта статической нагрузкой можно найти в CEN ISO/TS 22476-10.

4.8.3 Оценка результатов испытаний

(1)Р При оценке результатов испытаний должны быть соблюдены представленные в 4.2 требования.

(2) Дополнительно для целей анализа следует использовать также отчеты о полевых работах и акты лабораторных испытаний, в соответствии с методикой, представленной в 4.8.2 (1).

ПРИМЕЧАНИЕ - Дальнейшую информацию о порядке проведения, оформлении и аналитической оценке результатов испытаний грунта статической нагрузкой приводятся в CEN ISO/TS 22476-10.

(3) На оценку результатов испытаний могут повлиять следующие факторы:

- изменение сопротивления по глубине может зависеть от изменения последовательности залегания грунтовых слоев;
- в глинах, от очень мягких до твердых, сопротивление часто составляет менее 1 кН или примерно постоянное и требует менее чем 10 полуоборотов на каждые 0,2 м погружения;
- поскольку степень чувствительности глины также влияет на сопротивление погружению, прочность глины нельзя определить непосредственно из сопротивления погружению без калибровки для каждого участка;
- в отложениях ила и песка от низкой до очень низкой плотности регистрируются довольно малые и постоянные значения сопротивления;
- в илах и мелких песках от средней до высокой плотности регистрируются более высокие (от 10 до 30 полуоборотов на каждые 0,2 м погружения) значения сопротивлений, которые остаются примерно постоянными по мере углубления;
- в отложениях песка и гравия колебания величины сопротивления погружению возрастают в зависимости от размеров зерен;
- в илистых песках и крупнозернистых гравиях высокое сопротивление погружению не всегда соответствует высокой степени плотности, прочности и деформации.

4.8.4 Использование результатов испытаний

(1)Р В случае, если сопротивление сжатию или осадки фундаментов мелкого заложения получают по результатам испытаний грунта статической нагрузкой, используется аналитический метод расчета.

(2) При использовании аналитического метода для сопротивления сжатию угол внутреннего трения ϕ можно определить в зависимости от сопротивления нагрузке.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры аналитических методов приводятся в EN 1997-1:2004, приложение D.

(3) Подобные зависимости должны быть основаны на сопоставимом аналогичном опыте, близком к данной проектной ситуации.

ПРИМЕЧАНИЕ - В приложении H приводится пример корреляционных зависимостей, выведенных для кварца и полевого шпата в европейском регионе.

(4) Если для расчета осадок фундаментов мелкого заложения по результатам испытаний грунта статической нагрузкой используется адаптированный метод определения

упругости (с учетом необходимых поправок), то по сопротивлению нагрузки можно определить дренированный (долгосрочный) модуль упругости Юнга E' . Например, в случае кварца и полевого шпата угол внутреннего трения ϕ можно определить по сопротивлению статической нагрузке.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Подобный адаптированный метод определения упругости приводится в EN 1997-1:2004, приложение F.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - Пример корреляционной зависимости для получения угла внутреннего трения кварца и полевого шпата приводится в приложении H.

(5) В грубозернистых грунтах сопротивление нагрузке также может быть использовано при непосредственном определении несущей способности у фундаментов мелкого заложения и свай.

(6) В мелкозернистых грунтах сопротивление нагрузке может быть использовано для оценки недренированной прочности грунта на сдвиг, определяемой на основании местного опыта, с учетом чувствительности грунта и уровня грунтовых вод в скважине.

4.9 Полевые испытания грунта методом вращательного среза (FVT)

4.9.1 Задачи

(1) Целью полевых испытаний грунта методом вращательного среза является измерение в месте естественного залегания грунта сопротивления вращению крыльчатки, установленного в мягком мелкозернистом грунте для определения недренированной прочности на сдвиг и чувствительности грунта.

(2)Р Полевые испытания грунта данным методом осуществляются прямоугольной крыльчаткой, состоящей из четырех пластин, расположенных под углом 90° друг к другу, которая вдавливается в грунт на определенную глубину и вращается.

(3) Полевые испытания грунта методом вращательного среза могут также использоваться для определения недренированной прочности при сдвиге в плотных глинах, илах и мерзлых глинах. Достоверность результатов испытаний варьируется в зависимости от типа грунта.

(4) После продолжительного энергичного вращения крыльчатки, в результате чего грунт в пределах нарушенной поверхности становится полностью преобразованным, может быть измерено значение сопротивления сдвигу грунта и рассчитана чувствительность грунта.

4.9.2 Специфические требования

(1) Проведение и оформление результатов испытаний должно осуществляться в соответствии с требованиями, предусмотренными в EN ISO 22476-9.

(2)Р Любые отступления от требований EN ISO 22476-9 должны быть обоснованы, и особенно должно быть прокомментировано их влияние на результаты испытаний.

4.9.3 Оценка результатов испытаний

(1)Р В дополнение к требованиям, изложенным в 4.2, для целей анализа следует использовать также отчеты о полевых работах и акты лабораторных испытаний в соответствии с EN ISO 22476-9.

(2) Результаты других полевых испытаний, например CPT (исследование зондирования коническим зондом), SPT (стандартные испытания на пенетрацию), WST (испытания статической нагрузкой) или DP (динамическое зондирование), если таковые проводились, должны быть также доступны и учтены.

4.9.4 Использование результатов испытаний

(1)Р Если сопротивление сжатию фундаментов мелкого заложения, предельное сопротивление на сжатие и растяжение или устойчивость откосов установлены на основании результатов полевых испытаний грунта методом вращательного среза, следует использовать аналитический метод расчета.

(2)Р Для того, чтобы получить производные величины данных о недренированном сопротивлении сдвигу по результатам полевых испытаний грунта методом вращательного среза, результат испытаний должен быть скорректирован по формуле

$$c_u = \mu c_{f,v}. \quad (4.4)$$

Поправочный коэффициент μ должен быть определен исходя из местного опыта.

(3) Существующие поправочные коэффициенты, как правило, соотносят показатель пластичности с пределом текучести, эффективным вертикальным усилием или степенью консолидации.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры таких поправочных коэффициентов приводятся в приложении I.

4.10 Испытания плоским дилатометром (DMT)

4.10.1 Задачи

(1) Задачей испытаний плоским дилатометром является определение прочности и деформационных характеристик грунтов в условиях естественного залегания путем расширения тонкой округлой металлической мембраны, прикрепленной заподлицо на одной стороне лопатообразного металлического зонда, забитого вертикально в грунт.

(2)Р Испытания включают измерения давления в момент, когда мембрана находится заподлицо с лопастью и лопатка только начинает двигаться, а так же в момент, когда центр мембраны заглубляется до 1,10 мм в грунт. Испытания должны проводиться на выбранной глубине или в полунепрерывном режиме.

(3) Результаты испытаний DMT (испытания плоским дилатометром) могут быть использованы для получения информации о стратиграфии грунта, состоянии напряжения в условиях естественного залегания, деформационных характеристиках и прочности на сдвиг.

(4) Испытания DMT следует применять, главным образом, для глин, илов и песков, когда размеры частиц меньше размеров мембраны.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дальнейшую информацию о порядке проведения, оформлении и аналитической оценке результатов испытаний грунта плоским дилатометром (DMT) можно найти в CEN ISO/TS 22476-11 (см. X.3.7).

4.10.2 Специфические требования

(1) Проведение и оформление результатов испытаний должны осуществляться в соответствии с признанной методикой.

(2)Р Любые отклонения от требований методики, изложенных в (1), должны быть обоснованы, и особенно следует прокомментировать их влияние на результаты испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дальнейшую информацию о порядке проведения, оформлении и аналитической оценке результатов испытаний грунта плоским дилатометром (DMT) можно найти в CEN ISO/TS 22476-11

4.10.3 Оценка результатов испытаний

(1)Р При оценке результатов испытаний должны соблюдаться представленные в 4.2 требования.

(2) Дополнительно для целей анализа следует использовать также отчеты о полевых работах и акты лабораторных испытаний в соответствии с методикой, представленной в 4.10.2 (1).

ПРИМЕЧАНИЕ - Дальнейшую информацию о порядке проведения, оформлении и аналитической оценке результатов испытаний грунта плоским dilatометром (DMT) можно найти в CEN ISO/TS 22476-11.

4.10.4 Использование результатов испытаний

4.10.4.1 Прочность на сжатие и осадка фундаментов мелкого заложения

(1)Р Если сопротивление сжатию фундаментов мелкого заложения получено из результатов испытаний плоским dilatометром (DMT), то следует использовать аналитический метод расчета.

(2) При использовании аналитического метода полученная величина недренированного сопротивления сдвигу c_u несцементированных глин, для которых по результатам испытаний DMT определяют коэффициент материала $I_{DMT} < 0,8$, может быть определена по формуле:

$$c_u = 0,22\sigma'_{v0} \cdot (0,5K_{DMT})^{1,25},$$

где K_{DMT} - коэффициент для определения горизонтального напряжения или любая другая документированная корреляционная зависимость, основанная на местном опыте.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры аналитических методов приводятся в EN 1997-1:2004, приложение D.

(3) При использовании адаптированного метода упругости, одномерную осадку фундаментов мелкого заложения можно рассчитать с использованием значения одометрического модуля E_{oed} , определенного по результатам испытаний плоским dilatометром (DMT). В мелкозернистых грунтах подобная процедура должна применяться, только когда сумма эффективного пластового избыточного давления и возрастания напряжений за счет нагрузки фундамента меньше давления до консолидации (уплотнения).

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Подобный адаптированный метод упругости приводится в EN 1997-1:2004, приложение F.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Пример такого определения осадок приводится в приложении J.

4.10.4.2 Несущая способность (прочность на вдавливание) свай

(1)Р Если предельное сопротивление на вдавливание или выдергивание свай получают по результатам испытаний плоским dilatометром (DMT), то для получения значений сопротивления основания и самого ствола следует применять аналитический метод расчета.

4.11 Штапловые испытания (PLT)

4.11.1 Цели испытаний

(1) Целью штапловых испытаний является определение вертикальной деформации и прочностных характеристик массивов скальных и нескальных грунтов в естественном залегании путем регистрации показаний нагрузки и соответствующей осадки в момент, когда жесткий штамп, имитирующий фундамент, передает нагрузку на грунт.

(2)Р Штапловые испытания должны быть проведены на тщательно выровненной и ненарушенной поверхности как на нулевой отметке, так и на дне котлована на определенной глубине или на дне скважины большого диаметра, а также в разведочной шахте или подземной галерее.

(3) Испытания применяются для всех грунтов, насыпных заполняющих материалов и скальных грунтов, но, как правило, его не следует применять для очень мелкозернистых грунтов.

4.11.2 Специфические требования

(1)Р Проведение и оформление результатов испытаний должны осуществляться в соответствии с требованиями, предусмотренными в EN ISO 22476-13.

(2)Р Любые отступления от требований, предусмотренных в EN ISO 22476-13, должны быть обоснованы и особенно следует прокомментировать их влияние на результаты испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ - Существуют отклонения, например, связанные с размером штампа и процедурой испытаний (возрастающая нагрузка, постоянная скорость деформации).

4.11.3 Оценка результатов испытаний

(1)Р В дополнение к требованиям, изложенным в 4.2, для целей анализа следует использовать также отчеты о полевых работах и акты лабораторных испытаний в соответствии с EN ISO 22476-13.

4.11.4 Использование результатов испытаний

(1) Результаты штамповых испытаний (PLT) могут быть использованы для прогнозирования поведения фундаментов мелкого заложения.

(2) Для определения геотехнических характеристик однородного слоя (для использования при косвенных методах проектирования) толщина этого слоя под плитой должна по крайней мере вдвое превышать ширину или диаметр штампа.

(3) Результаты штамповых испытаний (PLT) могут быть использованы для непосредственного вычисления, только если:

- размер штампа был выбран с учетом ширины проектируемого фундамента мелкого заложения (в таком случае результаты исследований используются в неизменном виде);

- имеется однородный слой, превышающий до 2 раз ширину проектируемого фундамента мелкого заложения (в таком случае результаты измерений с помощью штампов меньшего размера, выбранных без учета проектируемой ширины фундамента, на эмпирической основе преобразуются в реальный размер фундамента).

(4) При использовании аналитического метода расчета несущей способности (прочности на сжатие) можно определить не дренированное сопротивление сдвигу c_u по результатам испытаний PLT, проведенных с постоянной скоростью погружения, достаточной для того, чтобы предотвратить какой-либо дренаж.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Примеры методов аналитического расчета несущей способности (сопротивления сжатию) приведены в EN 1997-1:2004, приложение D.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Пример зависимости, используемой для определения значения c_u , приведен в разделе K.1.

(5) При использовании адаптированного метода упругости для оценки осадки модуль упругости Юнга E можно получить по модулю, полученному по результатам штамповых испытаний E_{PLT} , основываясь на имеющемся опыте.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Подобный адаптированный метод упругости для определения осадки приведен в EN 1997-1:2004, приложение F.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Определение E_{PLT} приведено в разделе K.2.

(6) Коэффициент отпора грунта k_s для оценки деформаций можно получить по результатам испытаний с увеличением нагрузки.

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример расчета k_s приведен в разделе K.3.

(7) Для непосредственного расчета, результаты штамповых испытаний (PLT) могут быть непосредственно использованы в задаче по расчету фундаментов без применения каких-либо геотехнических характеристик.

(8) Осадки фундаментов в песке можно получить по результатам испытаний PLT.

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример приведен в разделе К.4.

5 ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ГРУНТОВ И ПОРОД

5.1 Общие положения

(1)Р Необходимо определить программу лабораторных испытаний, учитывая их взаимодействие с другими частями программы исследований грунта (см. раздел 2).

(2) В каждом возможном случае для выбора опытных образцов необходимо использовать информацию, полученную в результате проведения полевых испытаний и зондирований (см. 2.4.1.3).

5.2 Общие требования к лабораторным испытаниям

5.2.1 Общие требования

(1) В настоящем разделе представлено минимальное количество требований.

(2) Могут потребоваться дополнительные уточнения, требования к описанию или пояснения, касающиеся данных грунтовых условий или важных геотехнических характеристик.

(3)Р Необходимо точно указать данные испытаний, необходимые при определении параметров для расчета.

5.2.2 Методики, оборудование и отчет

(1)Р Испытания должны быть проведены и представлены в соответствии с существующими требованиями EN и EN ISO.

ПРИМЕЧАНИЕ - Существуют требования CEN ISO/TS для целого ряда лабораторных испытаний. Некоторые требования EN ISO находятся на стадии разработки.

(2) При условии соблюдения требований настоящего норматива могут быть избраны альтернативные методы и методики испытаний.

(3)Р Следует проводить проверки на предмет функциональной годности лабораторного оборудования, его состояния, настройки и соответствия калибровки требованиям.

(4) Эксплуатационную надежность оборудования и безотказность применяемых методик проверяют путем сравнения результатов испытаний с данными, полученными на аналогичных скальных и нескальных грунтах.

(5)Р Вместе с результатами испытаний необходимо описать методы и методики испытаний. Любые отклонения от нормативной методики испытаний следует регистрировать и обосновывать.

(6) При необходимости, результаты лабораторных испытаний для классификации грунтов сопровождаются схемой с литологической колонкой грунта, которая содержит итоговое описание грунта и результаты всех классификаций.

(7) Если это требуется, то участки, на которых проводились другие лабораторные испытания (такие как одометрические и на трехосное сжатие) должны быть указаны на литологической колонке грунта.

5.2.3 Оценка результатов испытаний

(1) Требования к оценке результатов лабораторных испытаний - см. 6.3.

(2) Необходимо сравнивать результаты отдельных испытаний с результатами других испытаний для проверки отсутствия противоречий между полученными данными.

(3) Результаты испытаний необходимо сравнить со значениями, имеющимися в справочной литературе, и соотнести с классифицирующими признаками и аналогичным опытом.

5.3 Подготовка образцов грунта к испытаниям

5.3.1 Задачи

(1) Целью подготовки грунта для лабораторных испытаний является получение опытных образцов, которые в максимальной степени отражают свойства грунта, из которого эти образцы были отобраны.

(2) Выделяют пять видов образцов грунта для подготовки: нарушенные, ненарушенные, доуплотненные (допрессованные), переформированные и восстановленные (искусственно приготовленные).

5.3.2 Требования

5.3.2.1 Количество грунта

(1)Р Применяемый для испытаний образец грунта должен быть достаточных размеров, чтобы учесть:

- максимальный размер частиц в значимом количестве;
- природные свойства, такие как структура и текстура (например, нарушения сплошности).

ПРИМЕЧАНИЕ - Минимальное количество нарушенного грунта для классификационных испытаний и испытаний на доуплотненных (допрессованных) образцах, а также необходимое количество грунта для получения ненарушенных образцов при испытаниях на прочность и сжимаемость, приведены в приложении L.

5.3.2.2 Перемещение и обработка

(1)Р Следует соблюдать требования EN ISO 22475-1.

(2)Р Все образцы следует четко и недвусмысленно пометить.

(3)Р Необходимо постоянно предохранять образцы грунта от повреждений, разрушений и резких перепадов температур. Следует особо осторожно обращаться с ненарушенными образцами во избежание деформации и потери влаги во время приготовления опытных образцов. Материал, из которого состоят контейнеры для образцов, не должен вступать в реакцию с помещенным в контейнеры грунтом.

(4)Р Нельзя допускать высыхания грунта до проведения испытаний, если потеря влаги может повлиять на их результаты.

(5) Ненарушенные образцы необходимо подготавливать в условиях контролируемой влажности. Если приготовление прервано, то необходимо принять меры по предохранению образца от изменений содержания влаги.

(6) При использовании процессов по выделению отдельных минералов из породы следует избегать деструкции отдельных частиц. Если требуется особое обращение со связными и цементированными грунтами, то это должно быть указано.

(7)Р Методы разделения на более мелкие части должны обеспечивать получение их репрезентативности, при этом следует избегать разделения крупных частиц.

5.4 Подготовка образцов скального грунта к испытаниям

5.4.1 Цель

(1) Целью приготовления образцов для испытаний скального грунта является обеспечение наличия опытных образцов, как можно более репрезентативных и обеспечивающих информацию о формировании скальных грунтов.

ПРИМЕЧАНИЕ - В приложениях T-W и разделе X.2 приводится более подробная информация о приготовлении опытных образцов скальных грунтов для испытаний, а также некоторые полезные рекомендации.

5.4.2 Требования

(1)Р В настоящем пункте приводятся указания по приготовлению опытного образца скального грунта. Если эти указания невозможно выполнить, то образец следует приготовить как можно ближе к соответствующим требованиям и отразить все подготовительные процедуры в отчете.

(2)Р Все приборы и установки для определения ровности плоскостей и перпендикулярности торцевых поверхностей должны подвергаться соответствующему контролю на регулярной основе, с допусками, удовлетворяющими как минимум требованиям конкретных испытаний скальных грунтов.

(3) Необходимо указать следующее:

- условия хранения проб скального грунта (кратковременное и/или долгосрочное хранение);

- влагосодержание опытных образцов во время испытаний;

- способ приготовления образцов керна;

- метод определения размеров и допусков на форму.

(4) Следует избегать каких-либо изменений влажности. Если произошло изменение естественной влажности, то для нейтрализации ее эффекта следует, если потребуются, принять соответствующие меры в рамках подготовки к испытаниям.

(5) Причину и результат любых изменений влажности следует отражать в отчете.

(6)Р Необходимость обработки колонки керна под определенный размер следует обосновать со ссылкой на лабораторный метод, применяемый охладитель, а также с указанием необходимости донасыщения опытных образцов.

(7) Вместе с информацией о конкретном испытании и его результатами следует зарегистрировать и отразить в отчете следующее:

- источник опытного образца, включая указание глубины/уровня и ориентации в пространстве;

- даты приготовления и испытания образцов;

- комментарии относительно репрезентативности испытанного образца (образцов);

- все результаты измерения размеров и формы, включая их соответствие требованиям;

- влажность пробы/образца (при получении, во время приготовления, после насыщения);

- условия сушки (на воздухе, в сушильной печи, под давлением или в частичном вакууме).

(8) Для анализа и толкования результатов испытаний должна быть представлена следующая информация:

- физическое описание образца, включая тип скальной породы (как, например, песчаник, известняк, гранит, и т. д.), местоположение и ориентация присущих скальному грунту структурных свойств, а также каких-либо нарушений сплошности, включений и неоднородностей;

- эскиз опытного образца или цветная фотография для немонотонных и неоднородных типов грунта;

- там, где возможно, показатель трещиноватости и нарушенности скального грунта;

- данные для обоснования проверок соответствия допускам отклонений от правильной цилиндрической формы опытного образца, от плоскостности торцевых несущих поверхностей и их перпендикулярности по отношению к оси керна.

5.5 Классификационные испытания, идентификация и характеристика грунта

5.5.1 Общие сведения

(1) Классификация, идентификация и описание грунтов должны производиться в соответствии с EN ISO 14688-1 и EN ISO 14688-2.

ПРИМЕЧАНИЕ - В приложении М приводится более подробная информация по классификационным испытаниям и их толкованию, а также указания относительно минимального количества опытных образцов и испытаний по одному пласту породы.

5.5.2 Требования к классификационным испытаниям

(1) При подготовке и проведении классификационных испытаний следует проявлять особую осторожность при выборе температуры сушки в сушильной печи, поскольку слишком высокая температура может оказывать отрицательное влияние на результаты производимых измерений.

5.5.3 Определение влагосодержания

5.5.3.1 Цели и требования

(1) Целью испытаний является установление содержания воды в грунте. Влажность определяется как отношение массы свободной воды к массе сухого грунта.

(2) В соответствии с 3.4, образцы для замера влажности должны быть как минимум 3 класса качества.

(3) Если в пробе содержится более одного типа грунта, то влажность должна определяться на образцах, представляющих различные типы грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дальнейшую информацию о порядке, оформлении и оценке определения влажности можно найти в CEN ISO/TS 17892-1 (см. X.4.1.2).

5.5.3.2 Оценка результатов испытаний

(1)Р При оценке результатов испытаний следует, по необходимости, учитывать наличие значительного количества гипса, высокоорганических грунтов, материалов, в которых поровые воды содержат растворенные твердые вещества, а также грунтов с закрытыми порами, заполненными водой.

(2) Следует проверить степень, в которой влагосодержание, измеренное в лаборатории у грунтов в том состоянии, в каком они были получены, является репрезентативным для оценки значения влажности у грунтов в естественном залегании. При этой оценке следует также принимать во внимание влияние способа отбора проб, их транспортировки и хранения, метод приготовления опытных образцов, а также лабораторные условия.

(3) Для грунта, упоминаемого в (1)Р более подходящей будет температура сушки приблизительно 50 °C, по сравнению с обычно предписываемой температурой (100±5) °C, однако полученные результаты следует рассматривать с осторожностью.

5.5.4 Определение насыпной (объемной) плотности

5.5.4.1 Цели и требования

(1) Данные испытания применяются для определения насыпной (объемной) плотности грунта, включая всевозможные содержащиеся в нем жидкости или газы.

(2) Опытные образцы должны быть как минимум класса качества 2, согласно 3.4.

(3)Р Следует указать, какой метод испытаний будет использоваться.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дальнейшую информацию о порядке, оформлении и оценке определения насыпной массовой плотности можно найти в CEN ISO/TS 17892-2 (см. X.4.1.3).

5.5.4.2 Оценка и использование результатов испытаний

(1) При оценке результатов испытаний следует учитывать возможные нарушения структуры образца.

(2) Кроме случаев с применением особого порядка отбора проб, лабораторное определение плотности грубозернистого грунта обычно бывает лишь приблизительным.

(3) Насыпная плотность может использоваться при установлении проектных значений для действий, связанных с грунтами, а также при обработке результатов других лабораторных испытаний.

(4) Данные о насыпной плотности могут также использоваться при оценке других характеристик грунтов. Например, в сочетании с данными влагосодержания, при расчете плотности сухого грунта.

5.5.5 Определение плотности частиц (твёрдой фазы)

5.5.5.1 Цели и требования

(1) Целью испытаний является определение традиционным методом плотности твёрдых частиц грунта.

(2)Р Выбор метода испытаний, который будет использоваться, должен учитывать тип грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дальнейшую информацию о порядке, оформлении и оценке определения плотности частиц твёрдой фазы можно найти в CEN ISO/TS 17892-3 (см. X.4.1.4).

5.5.5.2 Оценка результатов испытаний

(1)Р Если для какого-либо конкретного пласта измеренные значения плотности частиц не находятся в обычно ожидаемом диапазоне 2500–2800 кг/м³, то тогда следует проверить минеральный состав грунта, его органические составляющие и геологическое происхождение.

5.5.6 Гранулометрический анализ

5.5.6.1 Цели и требования

(1) Целью данных испытаний является определение процента по массе отдельных частиц из диапазона диаметров частиц, определенных для данного грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дальнейшая информация о порядке, оформлении и оценке гранулометрического состава приводится в CEN ISO/TS 17892-4 (см. X.4.1.5).

(2)Р В зависимости от размера частиц грунта для гранулометрического анализа необходимо использовать два метода:

- ситовый метод - для частиц размером >0,063 мм (или самое близкое к этому имеющееся сито);

- метод осаждения с использованием гидрометра или пипетки - для частиц размером ≤0,063 мм (или ближайшее имеющееся сито).

(3) Можно использовать эквивалентные методы, при условии что они выверены по двум методам, приведенным в (2)Р.

(4)Р Перед осаждением образцы мелкозернистых грунтов не следует сушить.

(5) По мере необходимости следует принимать во внимание порядок удаления органической составляющей, солей и карбонатов перед просеиванием и осаждением пробы грунта или поправки, учитывающие наличие карбонатов, солей и органических материалов.

ПРИМЕЧАНИЕ - Карбонаты и органические вещества могут обладать цементирующим или коагулирующим действием и влиять на распределение частиц по размерам.

(6) Следует учитывать, что для некоторых грунтов, например известняковых, обработка по удалению карбонатов неприемлема.

5.5.6.2 Оценка и использование результатов испытаний

(1) В протоколе испытаний должно быть указано следующее:

- применявшийся способ сушки;
- удалялись ли органические вещества, соли и карбонаты и какими способами;
- содержание карбонатов и/или органической составляющей, если необходимо;
- указывается ли массовая доля по отношению к общей массе (включая карбонаты и органические вещества).

(2) Размер частиц, в котором n - % частиц по массе меньше, чем заданный размер, можно обозначать как D_n . Размеры частиц D_{10} , D_{30} и D_{60} могут использоваться для обозначения коэффициента однородности и коэффициента формы кривой гранулометрического состава грунта.

(3) Размеры частиц D_{15} и D_{85} могут быть использованы для характеристик фильтрации грунта.

5.5.7 Определение пределов пластичности

5.5.7.1 Цели и требования

(1) Пределы пластичности (пределы Аттерберга) включают предел текучести, предел пластичности

и предел осадки. Здесь определяется только предел текучести и предел пластичности.

(2) Пределы пластичности применяются для характеристики поведения глин и илистых грунтов при изменении влажности. Классификация глин и илистых грунтов основывается, главным образом, на пределах консистенции.

(3) Следует указать, какой метод испытаний будет применяться для определения предела текучести (падающим конусом или прибором Казагранде).

(4) В общем, для измерения предела текучести предпочтительнее применять метод падающего конуса, чем метод с использованием прибора Казагранде. Метод падающего конуса дает более достоверные результаты, особенно для грунтов с низкой пластичностью.

(5) В соответствии с 3.4, опытные образцы должны иметь как минимум класс качества 4, если предполагается использовать результаты испытаний для характеристики грунта в месте естественного залегания.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дальнейшую информацию о порядке, оформлении и оценке определения пределов консистенции можно найти в CEN ISO/TS 17892-12 (см. X.4.1.6).

5.5.7.2 Оценка и использование результатов испытаний

(1) По корреляциям и взаимосвязям, содержащим пределы текучести или пределы пластичности можно определять различные геотехнические характеристики, как например способность к сжатию и смятию или оптимальное влагосодержание.

(2) По значениям пределов текучести и пределов пластичности можно рассчитать значение показателя пластичности I_p и его использовать при классификации грунта и в корреляции с некоторыми геотехническими свойствами, например с прочностью грунта.

(3) По значениям пределов текучести, пределов пластичности и природной влажности грунта можно рассчитать значение показателя консистенции I_C (или показателя текучести I_L). Он может быть использован для определения консистенции грунта, а также во взаимосвязях с различными геотехническими свойствами грунтов.

(4) По I_p и проценту глинистых частиц можно рассчитать индекс активности I_A , который применяют для классификации грунта, а также при соотнесении с различными геотехническими свойствами грунтов, например с их прочностью.

5.5.8 Определение степени плотности несвязных грунтов

5.5.8.1 Цель и требования

(1) Степень плотности увязывает долю пустот или пористость образца грунта с контрольными значениями, определенными при лабораторных испытаниях. Он служит показателем состояния уплотнения свободнодренируемого грунта.

(2) Необходимо указать или проверить следующее:

- количество и качество образцов;
- тип методики испытаний, которая будет применяться;
- способ приготовления каждого опытного образца.

(3) Испытываемый грунт должен содержать менее 10 % мелкозернистых фракций (частиц, проходящих сквозь сито с размером ячеек 0,063 мм) и менее 10 % гравия (частиц, остающихся на сите с размером ячеек 2 мм).

(4) Результаты испытаний на степень плотности включаются в отчет об испытаниях, вместе с имеющимися данными гранулометрического анализа, естественной влажности, плотности частиц и процента надситного продукта (если последнее требуется). Любые отклонения от требований (3) следует указывать в отчете.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дальнейшая информация о порядке, оформлении и оценке определения степени плотности приведена в X.4.1.7).

5.5.8.2 Оценка и использование результатов испытаний

(1) При оценке степени плотности следует учитывать, что максимальные и минимальные значения плотности, полученные в лабораторных условиях, не обязательно представляют предельные плотности. Обычно также признается, что эти испытания позволяют получить степень плотности с высокой степенью изменчивости.

(2) Степень плотности может быть использована для характеристики прочности на сдвиг и сжимаемости грубозернистых грунтов.

5.5.9 Определение дисперсности грунта

5.5.9.1 Цель испытаний

(1) Целью испытаний является определение характеристик дисперсности глинистых грунтов. Стандартные испытания по классификации грунтов для инженерных целей не позволяют установить дисперсные характеристики грунта. Испытания на дисперсность проводятся на глинистом грунте, взятом, в первую очередь, из земляных плотин и дамб, изоляции рудников и других геотехнических конструкций, контактирующих с водой.

(2) Можно выбрать один или несколько из четырех типов испытаний (см. раздел М.7):

- испытания пропусканием жидкости сквозь точечный прокол, в ходе которого моделируется действие воды, протекающей сквозь трещину;
- двойные гидрометрические испытания, при которых сравнивается дисперсность глинистых частиц в простой воде без механического помешивания с дисперсностью, полученной в дисперсном растворе при механическом перемешивании;

- испытания на поведение образцов грунта, помещенных в раствор гидроксида натрия (каустической соды);
- определение количества растворимых солей во внутриводной воде, позволяющее установить соотношение процента натрия с общим количеством растворенных солей в насыщенной вытяжке.

5.5.9.2 Требования

(1) В отчете следует указать следующее:

- условия хранения проб, с учетом того, что пробы следует предохранять от высыхания до испытаний;
- методику испытаний, которая будет применяться;
- способ приготовления опытного образца.

(2) Результаты испытаний на дисперсность должны быть увязаны с распределением гранулометрического состава и пределами консистенции образца.

(3) При проведении испытаний пропусканием жидкости сквозь точечный прокол следует указать условия выпрессовки образцов грунта, например, во влажном или сухом состоянии по отношению к оптимальному, а также указать данные о воде для замеса (например, дистиллированная или грунтовая).

(4) При двойных гидрометрических испытаниях могут быть дополнительно проведены испытания третьим гидрометром, если понадобится исследовать воздействие грунтовой воды на грунт в суспензии.

(5) При испытаниях поведения кусочков грунта, помещенных в раствор гидроксида натрия (каустической соды), дополнительно к раствору гидроксида натрия может понадобиться дистиллированная вода.

5.5.10 Определение подверженности замерзанию (чувствительности к морозу)

5.5.10.1 Цель испытаний

(1) Чувствительность грунтов к морозу играет важнейшую роль при конструировании фундаментов, размещаемых над фронтом промерзания в грунтах, подверженных замерзанию.

(2) Дороги, взлетно-посадочные полосы аэродромов, строения на уширенных книзу фундаментах мелкого заложения, подземные трубопроводы, плотины, дамбы и прочие конструкции могут быть подвержены пучению при замерзании чувствительного к морозу грунта при наличии к нему доступа воды. Чувствительный к морозу грунт может использоваться в его естественном состоянии или в качестве подготовки основания для других строений.

(3) Риск пучения при замерзании можно оценить в соответствии со свойствами классификации грунта (распределение частиц по размерам, высота капиллярного подъема и/или содержание мелкозернистых фракций) или по лабораторным испытаниям опытных образцов в естественном состоянии, а также перестроенных, допрессованных или воссозданных образцов грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример приведен в разделах М.8 и Х.5.

5.5.10.2 Требования

(1) Если оценка подверженности замерзанию, основанная на классификационных свойствах грунта, не указывает на отсутствие риска пучения при замерзании, то необходимо провести лабораторные испытания на вспучивание при замерзании. Примеры типов грунтов, указывающие на необходимость проведения лабораторных испытаний в дополнение к

соотнесению с классификационными свойствами включают грунты органические, торф, засоленные, искусственные и грубозернистые с широким диапазоном размеров зерен.

(2) Чтобы определить подверженность замерзанию грунта в естественном состоянии, необходимо испытать его естественные пробы, а у насыпного грунта, испытания на пучение при замерзании должны проводиться на допрессованных, а затем сформованных или на восстановленных опытных образцах.

(3) Проводящиеся в лаборатории испытания на подверженность замерзанию представляют собой испытания на пучение при замораживании. Если требуется провести испытания на риск ослабления при оттаивании, то после оттаивания образца следует провести испытания на определение несущей способности грунта (прочность на сдвиг) калифорнийским методом. Допрессованный или воссозданный образец перед испытаниями должен быть подвергнут одному или большему количеству циклов замораживания-размораживания.

5.5.10.3 Оценка результатов испытаний

(1) Результаты испытаний следует согласовывать с типом строительных работ, применяемыми правилами проектирования и имеющимся сопоставимым аналогичным опытом, с учетом последствий воздействия мороза.

5.6 Химические испытания грунтов и грунтовых вод

5.6.1 Общие требования к химическим испытаниям

5.6.1.1 Область применения

(1) Хотя детальные исследования химического состава грунтов представляют довольно ограниченный интерес в строительной практике, однако наличие в грунтах некоторых химических составляющих может иметь большое значение, например, для долговечности геотехнических конструкций.

(2) Стандартные химические испытания грунтов в лаборатории обычно ограничиваются определением органического состава (потери веса при прокаливании, общий объем органических веществ, вид органических веществ), содержания карбонатов, сульфатов, хлоридов и значения pH (кислотная или щелочная среда). В настоящем нормативе рассматриваются только пять указанных выше химических исследований.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Подробное описание химических испытаний, их интерпретация и методические рекомендации приведены в приложении N.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Существуют и другие химические компоненты, под воздействием которых окружающая среда становится очень агрессивной по отношению к стали и бетону, например: сульфиды, магний и аммоний. Настоящим нормативом не предусмотрено проведение соответствующих химических тестов.

ПРИМЕЧАНИЕ - 3 Коррозионная активность стальных конструкций в грунте обычно оценивается методом электрических сопротивлений и определением окислительно-восстановительного потенциала (в настоящем нормативе не рассматривается), значением pH, наличием хлоридов и сульфатов.

5.6.1.2 Цель испытаний

Целью химических испытаний, приведенных в настоящем нормативе, является классификация грунтов и оценка вредного воздействия грунтов и грунтовых вод на бетон, сталь и основание. Данные испытания не предназначены для оценки экологической обстановки.

5.6.1.3 Требования

(1)Р Для всех химических испытаний должна быть следующая информация:

- об исследуемых образцах;

- о количестве исследуемых образцов;
- о применяемой методике испытаний;
- о предварительной обработке, включая измельчение надситных фракций (т. е. $D < 2$ мм);
- о количестве испытаний каждого пласта и количестве повторных испытаний;
- о количестве испытаний для определения среднего значения;
- опытный журнал;
- о требуемых дополнительных классификационных тестах для каждого испытания или серии испытаний.

(2)Р Обычные процедуры перемешивания, рифления и квартования должны выполняться в строгой последовательности, во избежание нестабильных результатов.

(3) Химические испытания можно проводить с образцами грунта нарушенной структуры, но размеры частиц и влажность должны быть такими же, как у грунта в естественных условиях (класс качества от 1 до 3).

(4) Для определения органической составляющей, гранулометрический состав грунта также должен соответствовать грунту естественного сложения (класс качества 4).

ПРИМЕЧАНИЕ - Рекомендуемые методики испытаний приведены в приложении N.

5.6.1.4 Анализ результатов испытаний

(1)Р Результаты испытаний должны рассматриваться совместно с описанием геологических условий и окружающей среды.

(2)Р По возможности отчет должен быть выполнен по общепринятым правилам в единицах измеряемых параметров.

5.6.2 Определение содержания органических веществ

5.6.2.1 Цель испытаний

(1) Исследования органического состава проводятся для классификации грунтов. В грунтах с малой долей или отсутствием глинистых частиц и карбонатов органический состав часто определяется по потере веса при прокаливании при заданной температуре. Возможно применение и других способов. Например, долю органических веществ можно определить по потере массы при обработке перекисью водорода (H_2O_2). Этот способ дает более точное значение органической составляющей.

(2) Наличие органических веществ может отрицательно влиять на строительные свойства грунтов. Например, из-за наличия органических веществ происходит снижение несущей способности, увеличение сжимаемости, набухания и осадки. Газ приводит к развитию значительных мгновенных осадков, влияет на коэффициенты консолидации и сопротивление сдвигу, определяемые в лаборатории.

Органические вещества оказывают негативное влияние на устойчивость грунтов дорожных насыпей, отличается низким рН, а иногда содержанием сульфатов, негативно влияющих на фундаменты.

5.6.2.2 Требования

(1) Для каждого испытания или серии испытаний в дополнение к перечню, приведенному в 5.6.1.3, должны быть установлены следующие параметры:

- температура сушки;
- температура прокаливании;
- необходимые поправки на содержание связанной воды, карбонатов и др.;
- коэффициент, применяемый для определения органической составляющей по содержанию углерода.

(2) Для исследования неоднородных грунтов требуются большая выборка образцов и применение соответствующего оборудования, причем размеры контейнеров для испытаний образцов должны быть увеличены.

(3) Потери массы грунта при прокаливании должны указываться в процентах от первоначальной массы сухого грунта. Указываются температура и время сушки, температура и время прокаливании.

(4) Органическая составляющая указывается в процентах от первоначальной массы сухого грунта. Приводится метод расчета.

5.6.2.3 Анализ результатов испытаний

(1) В глинистых и заиленных грунтах с небольшим содержанием органических веществ ошибки, связанные с внесением поправок на связную воду, и наличие карбонатов могут быть настолько большими, что потребуются специальные методы испытаний.

5.6.3 Определение содержания карбонатов

5.6.3.1 Цель испытаний

(1) Карбонатный состав грунтов применяется как показатель для классификации нескальных грунтов и скальных пород или как показатель для определения степени цементации.

(2) Измерение карбонатной составляющей происходит посредством реакции с соляной кислотой (HCl) с выделением углекислого газа. Предполагается, что в пробе присутствует только один карбонат - карбонат кальция (CaCO_3). Карбонатная составляющая определяется по количеству углекислого газа, полученного при обработке грунта HCl.

5.6.3.2 Требования

(1) Перед выбором подходящего способа предварительной обработки образцы грунта должны быть обследованы визуально.

(2) В случае неоднородного распределения карбонатов в нескальном грунте или скальной породе необходима большая выборка образцов. Исследуемые пробы получают в результате дробления и рифления.

(3) Карбонатная составляющая указывается в виде процента от первоначальной массы сухого грунта.

5.6.3.3 Анализ результатов испытаний

(1) Некоторые карбонаты, например доломиты, не растворяются в соляной кислоте в течение установленного времени. Для нескальных грунтов и скальных пород, содержащих такие карбонаты, необходимо применять специальные методы испытаний.

5.6.4 Определение содержания сульфатов

5.6.4.1 Цель испытаний

(1) Целью испытаний является определение сульфатного состава как показателя возможного негативного воздействия грунта на сталь и бетон. Все сульфаты, залегающие в естественных условиях, за небольшим исключением, растворяются в соляной кислоте, а некоторые и в воде.

(2) Растворимые в кислоте сульфаты называются полным сульфатным составом в отличие от сульфатов, растворимых в воде. Важно оценить, какая величина более значима.

(3) Грунтовые воды, содержащие растворенные сульфаты, особенно сульфат натрия и сульфат магния, являются агрессивными к бетону и другим материалам, находящимся в

грунте и на его поверхности. Классификация грунтов и грунтовых вод по сульфатному составу необходима для разработки соответствующих защитных мероприятий.

5.6.4.2 Требования

(1)Р В дополнение к 5.6.1.3 для каждого испытания или серии испытаний необходимо установить, растворяется ли исследуемый сульфат в кислоте или в воде, является ли исследуемый сульфат кислоторастворимым или водорастворимым.

(2)Р Для неоднородных грунтов, содержащих видимые кристаллы гипса, требуется большая выборка. Грунт измельчается, перемешивается и подвергается рифлению для получения типового образца. Для выбора способа приготовления образца необходимо визуальное обследование.

5.6.4.3 Анализ результатов испытаний

(1)Р Содержание SO_3^{2-} или SO_4^{2-} должно быть представлено в процентном отношении от массы сухого вещества или в граммах на литр, в зависимости от кислото- или водорастворимости сульфата.

5.6.5 Определение кислотно-щелочного баланса

5.6.5.1 Цель испытаний

(1)Р Значение pH грунтовой воды или растворенного в воде грунта используется для определения избыточной кислотности или щелочности.

5.6.5.2 Требования

(1)Р В дополнение к общим требованиям, предъявляемым к химическим исследованиям, необходимо определить следующее:

- надо ли высушивать грунт;
- соотношение грунта и воды.

(2)Р Для тарирования измерителя кислотности применяется стандартный буферный раствор.

(3)Р Указываются значения pH грунтовых суспензий или грунтовой воды. Устанавливается метод испытаний.

5.6.5.3 Анализ результатов испытаний

(1)Р При оценке результатов испытаний необходимо учитывать, что в некоторых грунтах на результаты измерений влияют окислительные процессы.

5.6.6 Определение содержания хлоридов

5.6.6.1 Цель испытаний

(1)Р Целью испытаний является определение водорастворимых или кислоторастворимых хлоридов. Оценивается минерализация поровой воды или грунта. По результатам устанавливается показатель возможного влияния грунтовых вод на бетон, сталь, другие материалы и грунты.

5.6.6.2 Требования

(1)Р В дополнение к 5.6.1.3 для каждого испытания или группы испытаний необходимо установить следующее:

- являются ли исследуемые хлориды водорастворимыми или кислоторастворимыми;
- надо ли высушивать грунт.

(2)Р После высушивания грунт тщательно перемешивается, чтобы перераспределить соли, которые могут перемещаться к поверхности и формировать корку.

5.6.6.3 Анализ результатов испытаний

(1)Р Содержание хлоридов должно быть представлено в граммах на литр или в процентах от массы сухого грунта. Экспериментально должно быть установлено, является ли исследуемый хлорид водо- или кислоторастворимым.

5.7 Определение прочностных характеристик грунтов

5.7.1 Цель испытаний

(1) Целью прочностных испытаний является определение в ускоренном недренированном режиме сопротивления сдвигу c_u глинистых грунтов.

(2) В настоящем нормативе предусмотрены следующие испытания прочности грунтов:

- лабораторные испытания грунтов на сдвиг крыльчаткой;
- испытания коническим пенетрометром.

5.7.2 Требования

(1)Р Испытания должны быть проведены на образцах ненарушенной структуры по 1 классу качества.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Дополнительную информацию о методике, оформлении и анализе результатов прочностных испытаний грунтов приводятся в CEN ISO/TS 17892-6 (см. X.4.3).

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - В приложении О приведена информация о рассматриваемых прочностных испытаниях грунтов и контрольный перечень выполняемых процедур.

5.7.3 Применение результатов испытаний

(1) Необходимо учитывать, что значение c_u , представляющее собой сопротивление сдвигу недренированного грунта в лабораторных условиях, не всегда соответствует прочности недренированного грунта в полевых условиях.

(2) В зависимости от характеристик грунтов и выбранного метода прочностных испытаний, результаты испытаний могут быть использованы только для приблизительной оценки значения c_u .

(3) Прочностные испытания могут быть использованы в проектировании только при наличии официальных результатов испытаний, проведенных в аналогичных грунтовых условиях.

(4) При наличии официальных результатов проведения аналогичных испытаний, недренированное сопротивление грунта сдвигу, полученное по результатам прочностных испытаний, может быть использовано, если применялся выборочный аналитический метод, см. раздел D.3 EN 1997-1:2004.

(5) Результаты испытаний могут использоваться для контроля изменчивости недренированного сопротивления сдвигу в пределах слоя.

5.8 Прочностные испытания грунтов

5.8.1 Цель испытаний и область применения

(1) Целью испытаний является оценка параметров сопротивления сдвигу дренированного и/или недренированного грунта.

(2) Предусмотрены следующие виды испытаний:

- испытания на простое сжатие;
- неконсолидированные недренированные испытания на трехосное сжатие;
- консолидированные испытания на трехосное сжатие;

- испытания на приборах одноплоскостного и вращательного сдвига.

(3) Приборы одноплоскостного и вращательного сдвига применяются для испытаний грунтов в дренированных условиях.

ПРИМЕЧАНИЕ - Для обоих сдвиговых приборов при быстром нагружении глинистых грунтов, обладающих очень малой водопроницаемостью, испытания в некоторых случаях могут рассматриваться как недренированные. В результате определяется прочность недренированного грунта.

(4) В настоящем пункте рассматриваются испытания только полностью водонасыщенных или маловлажных грунтов.

5.8.2 Общие требования

(1) Для определения сопротивления сдвигу глинистых грунтов, илистых отложений и органических грунтов требуются образцы ненарушенной структуры (класс качества 1). Для некоторых грунтов или особых целей могут быть использованы восстановленные образцы.

(2) Для грубых илистых отложений и песков исследуемые образцы могут быть доуплотнены и восстановлены. Необходимо обратить внимание на выбор метода предварительной обработки, который должен как можно ближе воспроизводить строение и плотность, характерные для проекта.

(3) Для доуплотненных и восстановленных образцов состав, плотность и влажность должны соответствовать значениям в полевых условиях. Необходимо выбрать метод предварительной обработки образцов.

(4) Для проведения прочностных испытаний должны быть установлены следующие требования:

- требуемое количество испытаний;
- выбор мест изъятия контрольных образцов грунта;
- требуемый уровень качества образцов;
- метод предварительной обработки образцов;
- расположение образцов;
- вид испытаний;
- требуемые классификационные испытания;
- давление консолидации (при необходимости);
- время консолидации (при необходимости);
- скорость сдвига;
- критерии потери несущей способности;
- критерии остановки испытаний (например, деформация, по достижении которой испытания прекращаются);
- приемочные критерии (например: водонасыщение, разброс);
- точность измерений;
- форма предоставления результатов испытаний;
- некоторые дополнительные методики приведены в соответствующих стандартах.

(5) Сопротивление сдвигу образцов определяется по трем и более испытаниям с разными значениями нормальных напряжений.

(6) При определении сопротивления сдвигу пластов грунта необходимо учитывать следующее:

- вид сдвига;
- способ подготовки образцов;
- необходимость проведения дополнительных классификационных испытаний.

(7) При испытаниях образцов 2 класса качества необходимо учитывать нарушение структуры при интерпретации результатов испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ - В приложении Р приведены рекомендации по определению минимального количества образцов и количества испытаний для каждого слоя. Приведена дополнительная информация по испытаниям и их анализу.

5.8.3 Анализ и применение результатов испытаний

(1) Протокол испытаний должен включать по мере необходимости:

- линии равных эффективных напряжений;
- круги Мора;
- кривые зависимости деформаций от напряжений;
- кривые зависимости деформаций от поровых давлений;
- параметры порового давления.

ПРИМЕЧАНИЕ - Линейная экстраполяция результатов испытаний приводит к ошибочным значениям напряжений в грунте, поскольку графики разрушения обычно нелинейны, особенно при малых значениях нормальных напряжений.

(2) Устанавливается диапазон давлений, в котором определяются прочностные параметры.

(3) Существует несколько методов определения напряженно-деформированного состояния и прочностных параметров грунтов в лаборатории и в природных условиях. В случае необходимости, при анализе результатов испытаний производится сравнение результатов испытаний, полученных по разным методикам.

(4) При оценке результатов испытаний необходимо учитывать скорость приращения деформаций во время испытаний.

(5) Компрессионные испытания и испытания на прямой сдвиг предоставляют общепринятые прочностные параметры, которые применяются при стандартных методах проектирования, но могут быть непригодны для других расчетов.

(6) Необходимо учитывать, что при испытаниях неконсолидированных недренированных грунтов на простое сжатие полученные результаты не всегда будут соответствовать прочностным параметрам недренированных грунтов естественного залегания.

5.8.4 Испытания на простое сжатие

5.8.4.1 Требования

(1) Испытаниям на простое сжатие подвергаются образцы практически водонепроницаемых грунтов для сохранения недренированного состояния на протяжении эксперимента.

(2) Перерывы между приготовлением и испытаниями образцов не допускаются для предотвращения изменения их влажности.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дополнительная информация о методике, оформлении и анализе результатов испытаний грунтов на простое сжатие приводится в CEN ISO/TS 17892-7 (см. X.4.4.1).

5.8.4.2 Анализ и применение результатов испытаний

(1) Результатами испытаний является приблизительное значение прочности, полученное испытаниями грунта на простое сжатие.

(2) Недренированное значение сопротивления сдвигу c_u можно определить как 1/2 от измеренного предельного сопротивления грунта на простое сжатие.

(3) Эффективное напряжение в исследуемом образце может отличаться от эффективного напряжения в природных условиях. Из-за этого различия результаты определения прочности недренированных грунтов в лаборатории могут отличаться от природных условий.

5.8.5 Неконсолидированные недренированные испытания на трехосное сжатие

5.8.5.1 Требования

- (1) Во время испытаний не допускается уменьшение влажности исследуемого образца.
- (2) Во время подготовки и испытания образцов грунта не должно быть доступа воды (например: из дренажных отверстий, датчиков порового давления и др.).
- (3) Влажность грунта до и после испытаний и объемную плотность до испытаний необходимо определять для каждого образца.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дополнительная информация о методике, оформлении и анализе результатов неконсолидированных недренированных испытаний грунтов на трехосное сжатие приводится в CEN ISO/TS 17892-8 (см. X.4.4.2).

5.8.5.2 Анализ и применение результатов испытаний

- (1) Результатом испытаний является значение недренированного сопротивления сдвигу c_u исследуемого грунта.
- (3) Эффективное напряжение в исследуемом образце может отличаться от эффективного напряжения в полевых условиях. Из-за этого различия результаты определения прочности недренированных грунтов в лаборатории могут отличаться от полевых условий.

5.8.6 Консолидированные испытания на трехосное сжатие

5.8.6.1 Требования

- (1) Испытания должны проводиться на образцах ненарушенной структуры 1 класса качества.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дополнительная информация о методике, оформлении и анализе результатов консолидированных испытаний грунтов на трехосное сжатие приводится в CEN ISO/TS 17892-9 (см. X.4.4.3).

- (2) Для проведения консолидированных испытаний на трехосное сжатие должны быть установлены следующие требования:

- метод насыщения и критерии насыщения;
- требуемое боковое давление;
- некоторые дополнительные методики приведены в соответствующих стандартах (например: смазанные края, локальные измерения перемещений или порового давления).

- (3) Для консолидированных недренированных испытаний на трехосное сжатие устанавливаются требования на измерение порового давления и построение кривых равных напряжений для сдвигающих усилий.

- (4) Для консолидированных дренированных испытаний устанавливается необходимость оборудования для измерения изменения объема и построения кривых равных напряжений для сдвигающих усилий.

- (5) Влажность грунта до и после испытаний и объемную плотность до испытаний необходимо определять для каждого образца.

- (6) При испытаниях на трехосное сжатие необходимо установить пределы консистенции и исследовать гранулометрический состав каждого слоя.

- (7) Вид проводимых испытаний определяется в зависимости от того, какой прочностной параметр необходимо определить, устанавливается скорость сдвига и критерии потери несущей способности, используемые для определения сопротивления сдвигу (например, пиковое девиаторное напряжение, максимальное пропорциональное напряжение).

(8) В отчете должны быть отражены все отклонения от стандартных методик исследований, например, в определении степени влажности опытных образцов, методе испытаний, составе образцов и т. д.

(9) В соответствии с 2.4.2.3 (4) необходимо учитывать усовершенствованные лабораторные исследования прочностных параметров, такие как трехосное растяжение, испытания на простой сдвиг, исследования сжатия и растяжения в условиях плоской деформации, точные трехмерные исследования, исследования направленного сдвига и все методики, предоставляющие возможность учета анизотропной вместо изотропной консолидации.

5.8.6.2 Анализ и применение результатов испытаний

(1) При анализе результатов испытаний необходимо учитывать, что на величины сопротивления сдвигу, порового давления и зависимость деформаций от напряжений у недренированных образцов нарушение их структуры оказывает большее влияние, чем на те же параметры, полученные для дренированных образцов.

ПРИМЕЧАНИЕ - Более точные значения прочностных свойств, особенно плотных грунтов, можно получить посредством усовершенствованных исследований, в которых применяются особые, более точные методы измерений деформаций и осевых нагрузок (см. 5.9).

(2) В зависимости от вида испытаний, определяется дренированное или недренированное сопротивление образца. В соответствии со значениями эффективного угла внутреннего трения ϕ' и сцепления c' или недренированного сопротивления сдвигу c_u .

(3) Приведенные значения можно использовать для исследований устойчивости как дренированных, так и недренированных грунтов.

ПРИМЕЧАНИЕ - См. EN 1997-1:2004, приложение D.

5.8.7 Консолидированные испытания на прямой сдвиг

5.8.7.1 Требования

(1) Испытания должны проводиться на образцах ненарушенной структуры 1 класса качества.

ПРИМЕЧАНИЕ - - Дополнительная информация о методике, оформлении и анализе результатов консолидированных испытаний грунтов на прямой сдвиг приводится в CEN ISO/TS 17892-10 (см. X.4.4.4).

(2) Необходимо как можно точнее учитывать расположение и ориентацию образцов в соответствии с природными условиями. При испытаниях в условиях одноплоскостного и вращательного сдвига потеря устойчивости должна происходить как можно ближе к горизонтальной плоскости в центре исследуемого образца.

(3) Отрицательное и положительное поровые давления при сдвиге не учитываются, поскольку их невозможно измерить и учесть при интерпретации результатов. Для обеспечения дренированных условий скорость сдвига должна быть достаточно малой, чтобы поровые давления могли рассеяться.

5.8.7.2 Установление величин

(1) Результаты стандартных испытаний на сдвиг указывают сопротивление грунта в дренированных условиях, представленное значениями эффективного угла внутреннего трения и сцепления (см. примечания 5.8.1 (3)).

(2) Данные величины могут использоваться при расчетах устойчивости.

ПРИМЕЧАНИЕ - См. EN 1997-1:2004, приложение D.

5.9 Сжимаемость и компрессионные испытания грунтов

5.9.1 Общие требования

(1) В настоящем нормативе содержатся требования по измерению деформаций грунтов в приборах трехосного сжатия и компрессионном приборе.

5.9.2 Испытания в компрессионном приборе

5.9.2.1 Цель испытаний

(1)Р В компрессионном приборе цилиндрический образец грунта подвергается вертикальной осевой ступенчато возрастающей нагрузке или разгрузке без возможности бокового расширения.

В осевом направлении предусмотрен дренаж образца. Рассматриваются испытания на сжатие и набухание в компрессионном приборе и оценивается вероятная просадка.

(2) Могут быть проведены альтернативные испытания с постоянной длительной нагрузкой (с постоянной скоростью перемещения).

(3) Целью компрессионных испытаний образцов ступенчатой нагрузкой на сжатие и набухание является определение соответствующих им деформационных характеристик грунтов.

(4) Целью исследования вероятной просадки является установление компрессионных параметров грунта в неводонасыщенном состоянии и оценка дополнительных деформаций при замачивании в результате нарушения структуры грунта.

5.9.2.2 Требования

(1)Р Для определения сжимаемости слоев глинистых грунтов, илистых отложений и органических грунтов требуются образцы ненарушенной структуры (класс качества 1).

ПРИМЕЧАНИЕ - На относительно небольшие деформации грунта (например, относительная деформация менее 1 % для мягко- и тугопластичных глин) очень сильно влияет его разуплотнение при отборе проб. В соответствии с 3.4.3 (3)Р, для получения более точных результатов испытаний требуется использование специального оборудования и методов отбора образцов, таких как отборочные блок или стационарный плунжер.

(2)Р При использовании доуплотненных образцов, у которых состав, плотность и влажность соответствуют грунту в природных условиях, необходимо установить метод подготовки образцов.

(3)Р При определении компрессионных характеристик слоев грунта необходимо учитывать следующее:

- результаты проведенных ранее полевых исследований;
- результаты измерения осадок на соседних участках;
- количество и качество образцов;
- количество и вид полевых испытаний;
- специальные методики для рыхлых и сцементированных образцов;
- приготовление образцов;
- ориентация образцов;
- необходимость проведения дополнительных классификационных испытаний.

(4) Должны рассматриваться компрессионные испытания при альтернативных ступенчатому загрузению образцов способах, например при постоянной скорости деформации.

(5) Начальное вертикальное напряжение не должно превышать эффективного напряжения грунта в природных условиях.

ПРИМЕЧАНИЕ - Например, для глинистых грунтов, обладающих ползучестью, начальное напряжение принимается равным одной четвертой от вертикальных эффективных напряжений в природных условиях.

(6) В компрессионных испытаниях максимальное создаваемое вертикальное напряжение должно быть больше максимального вертикального эффективного напряжения, которое может возникнуть в природных условиях. При испытаниях на набухание диапазон уменьшения создаваемых при испытаниях вертикальных напряжений должен соответствовать вероятному диапазону напряжений в реальных условиях.

(7) При исследовании возможной просадки образцы необходимо выбирать в соответствии с существующими данными о поведении исследуемых грунтов при замачивании. Напряжения, создаваемые в замоченном образце, должны соответствовать наиболее вероятному диапазону напряжений в природных условиях.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Дополнительная информация о методике, оформлении и анализе результатов компрессионных испытаний грунтов приведена в CEN ISO/TS 17892-5 (см. X.4.5).

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 В приложении Q указано минимальное количество образцов и испытаний для каждого слоя, а также дополнительные сведения об испытаниях и анализе результатов.

5.9.2.3 Анализ и применение результатов испытаний

(1) Результаты компрессионных испытаний можно использовать для оценки предела текучести (давления обжатия) глинистых, органогенных и заиленных грунтов.

(2) Необходимо учитывать, что давление обжатия, определенное по компрессионным испытаниям, в значительной степени зависит от целостности образца.

(3) Наиболее распространенными компрессионными характеристиками являются: одометрический модуль E_{oed} , коэффициент сжимаемости m_v , показатель сжимаемости C_c и давление обжатия σ'_p . Разгрузка и рекомпрессия оцениваются показателем набухания C_s . Все эти величины определяются по соответствующим участкам компрессионной кривой.

(4) Осадку ползучести можно определить, используя коэффициент вторичной компрессии C_α .

(5) Коэффициент консолидации c_v можно получить по теории одномерной консолидации.

(6) Характеристики, приведенные в 5.9.2.3 (3), можно использовать для простых расчетов осадок фундаментов на естественном основании.

(7) Компрессионный модуль можно использовать, если применялся метод выборок.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры такого метода выборок приведены в EN 1997-1:2004, разделы F.1 и F.2.

5.9.3 Испытания на трехосное сжатие

5.9.3.1 Цель испытаний

(1) Целью испытаний грунтов на трехосное сжатие является определение модулей деформации (жесткостных параметров).

(2) В зависимости от траектории нагрузки можно получить разные жесткости.

(3) В зависимости от условий дренирования можно определить дренированный или недренированный модуль упругости Юнга, E' или E_u .

(4) Вследствие нелинейного поведения грунта могут быть получены разные модули, например: касательный и/или секущий модули могут быть получены при разных значениях напряжений и деформаций.

5.9.3.2 Требования

(1)Р Для определения жесткостных параметров слоя грунта требуются образцы ненарушенной структуры (класс качества 1).

ПРИМЕЧАНИЕ - На относительно небольшие деформации грунта (например, относительная деформация менее 1 % для мягко- и тугопластичных глин) очень сильно влияет его разуплотнение при отборе проб. В соответствии с 3.4.3 (3)Р, для получения более точных результатов испытаний требуется использование специального оборудования и методов отбора образцов, таких как отборочные блок или стационарный плунжер и другие известные методы.

(2)Р Для измерения напряжений и перемещений при определении жесткостных параметров образцов с их относительной деформацией менее 0,1 % применяются специальные высокоточные инструменты.

ПРИМЕЧАНИЕ - Для определения очень малых перемещений применяются технологии, основанные на распространении поперечных волн или другие динамические методы.

(3) При определении параметров жесткости слоев грунта необходимо учитывать следующее:

- качество образцов;
- чувствительность, показатели влажности и уплотнения, цементация грунта;
- подготовка образцов;
- ориентация образцов.

5.9.3.3 Анализ и применение результатов испытаний

(1) Жесткость грунта можно охарактеризовать графиками испытаний или стандартными величинами. Например, начальным модулем упругости Юнга E_0 или E_{50} , соответствующим 50 % максимального сдвигового напряжения и т. д.

(2) Модули упругости Юнга и графики зависимости деформаций от напряжений для слабых нормально консолидированных грунтов в некоторых случаях можно определить испытаниями на трехосное сжатие.

5.10 Испытания на степень уплотнения грунта

5.10.1 Область применения

(1) В настоящем нормативе рассматриваются испытания на степень уплотнения грунта, такие как тест Проктора и Калифорнийский тест на степень плотности грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ - В приложении R указано минимальное количество образцов и испытаний для каждого слоя, а также дополнительные сведения об испытаниях и анализе результатов.

5.10.2 Испытания на степень уплотнения

5.10.2.1 Цель исследований

(1) Испытания на степень уплотнения грунта (тест Проктора) применяется для установления зависимости между плотностью в сухом состоянии и влажностью при уплотняющем воздействии.

5.10.2.2 Требования

(1)Р Должны быть установлены или проверены следующие требования:

- обработка грунтов с крупноразмерными включениями;
- приготовление плотного мелкозернистого грунта;
- приготовление и выдержка образцов;
- технология испытаний и применяемое уплотняющее воздействие;
- сертифицируются ли стандартами используемые инструменты (формы и трамбовки).

(2) Для особых грунтов некоторые операции необходимо выполнять в полевых условиях вместо лаборатории.

5.10.2.3 Анализ и применение результатов испытаний

(1) Характеристики уплотнения грунта должны быть приведены вместе с графиками гранулометрического состава, процентным содержанием крупноразмерных частиц в сухом грунте и, если требуется, с внесением поправок.

(2) Оптимальная влажность w_{opt} и соответствующая ей максимальная плотность сухого грунта $\rho_{d,max}$, полученная в результате уплотняющего усилия, могут использоваться для оценки качества уплотненной насыпи.

5.10.3 Калифорнийский тест на степень плотности грунта (CBR)

5.10.3.1 Цель испытаний

(1) Целью испытаний является определение при помощи Калифорнийского теста степени плотности (CBR) уплотненного грунта или образца грунта ненарушенной структуры.

(2) Значение CBR указывается в процентном отношении от стандартной нагрузки, соответствующей стандартному погружению, когда цилиндрический плунжер со стандартной площадью поперечного сечения погружается в грунт.

5.10.3.2 Требования

(1)Р Должны быть установлены или проверены следующие требования:

- метод приготовления каждого опытного образца;
- количество испытаний образцов, которое необходимо провести;
- обработка грунтов с крупноразмерными включениями ($D > 16$ мм);
- выдерживание образцов;
- необходимо ли увлажнять образцы;
- если увлажнение необходимо, надо ли измерять набухание;
- дополнительная нагрузка при увлажнении и испытаниях;
- влажность, при которой готовились уплотненные образцы;
- плотность сухого образца или усилие уплотнения;
- сертифицируются ли стандартами используемые инструменты (формы и трамбовки);
- проводятся ли испытания с одной или с обеих сторон образца.

5.10.3.3 Анализ и применение результатов испытаний

(1)Р Результаты испытаний CBR должны быть приведены вместе с графиками гранулометрического состава, процентным содержанием крупноразмерных частиц в сухом грунте, если это необходимо.

(2) Значение CBR может использоваться как основной параметр для проектирования гибких дорожных покрытий. Его можно использовать для определения прочности земляной насыпи, основания и материала подстилающего слоя (включая повторно используемые материалы) поддерживающего полотна автомобильных и железных дорог и аэродромов.

5.11 Испытания грунта на проницаемость

5.11.1 Цель испытаний

(1) Целью проведения данных испытаний является определение коэффициента проницаемости (гидропроводности) для потока воды, поступающего сквозь насыщенный водой грунт

5.11.2 Требования

(1)Р При определении коэффициента проницаемости слоя грунта следует принимать во внимание следующие факторы:

- наиболее предпочтительный вид испытаний для определения проницаемости;
- ориентация образца;
- необходимость в проведении дополнительных классификационных испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ - Для получения более подробной информации о порядке проведения, форме и оценке результатов для испытаний на проницаемость см. CEN ISO/TS 17892-11 (см. X.4.7.).

(2) В зависимости от условий проведения испытаний следует также указывать следующие требования:

- а) в глинистых, илистых и органических грунтах:
 - напряженное состояние, при котором испытывается образец;
 - критерии для достижения и поддержания состояния постоянного потока;
 - направление потока, поступающего через образец;
 - гидравлический градиент (пьезометрическая линия);
 - необходимость в наличии противодавления и необходимая степень насыщения;
 - химический состав просачивающейся жидкости;
- б) в песчаных и гравийных грунтах:
 - относительная плотность, с которой должен быть подготовлен образец;
 - гидравлический градиент, с которым проводятся испытания;
 - необходимость в наличии противодавления и необходимая степень насыщения.

(3) Гидравлический градиент в лабораторных условиях должен иметь значение, близкое к полученному в полевых условиях, если не указано иное вследствие наличия специфической проблемы.

(4) При выборе гидравлического градиента необходимо убедиться, что его значения при лабораторных и полевых испытаниях находятся в области применимости закона Дарси.

(5) В отчете должны указываться все известные отклонения от стандартной процедуры испытаний, например, касающиеся степени насыщения испытываемых образцов, самого порядка проведения испытаний, состава образца или в любом другом аспекте.

(6) Для испытаний на проницаемость, проводимых на глинистых, илистых или органических грунтах, следует использовать только образцы грунта класса качества 1 или 2.

(7) Для песчаных или гравийных грунтов следует использовать образцы класса качества 3, а также образцы грунта переформованные или подвергнутые допрессовке.

(8) Следует обращать внимание на то, что изменения объема, происходящие вследствие затвердения образца, будут оказывать лишь незначительное влияние на результаты измерений проницаемости грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ - В приложении S приводятся данные по минимальному количеству образцов и испытаний для одного слоя, а также дополнительная информация по испытаниям и оценке их результатов.

5.11.3 Оценка и применение результатов испытаний

(1) При оценке результатов необходимо указывать:

- диапазон, в котором граничные условия (степень насыщения, напряженное состояние, плотность и разделение на слои, боковая утечка и потеря головки в фильтре и трубе) могут повлиять на результаты проводимых испытаний;
- насколько эти условия соответствуют реальным полевым условиям.

(2) В случае с частично насыщенным грунтом может возникнуть ситуация, когда реально применимые значения будут значительно меньше тех, которые были измерены для случая полного насыщения.

(3) Следует также принять решение о необходимости применения поправки на температуру.

(4) Коэффициент фильтрации может быть рассчитан на основании данных, полученных в ходе испытаний, с допущением о применимости закона Дарси.

(5) Коэффициент фильтрации может быть использован в проектировании котлованов или земляных дамб для оценки объема инфильтрации, а также возможности управления уровнем грунтовых вод (понижение), проектирования шпунтовых стенок, оценки давления инфильтрации и т. д.

5.12 Классификационные испытания пород

5.12.1 Общая информация

(1) В настоящем нормативе приведены следующие испытания на:

- идентификацию и характеристику пород;
- влагосодержание;
- плотность и пористость.

(2) Классификация представляет собой разделение идентифицированных пород на отдельные типы, применимые для различных целей в инженерно-строительной практике. Классификация учитывает минералогические составляющие, структуру, степень отверждения, плотность, влагосодержание, пористость и прочность.

ПРИМЕЧАНИЕ - В приложении U приводится более подробная информация и инструкции по классификационным испытаниям.

5.12.2 Требования для всех классификационных испытаний

(1) Результаты классификационных испытаний надлежит рассматривать в комплексе, в сравнении с журналами бурения, соответствующими журналами геофизических данных, фотографиями колонки грунта (керн) и с учетом применимого для данного случая опыта.

(2) Классификация скальных и нескальных грунтов должна сравниваться с имеющейся в наличии справочной геологической информацией для создания инженерно-геологической модели.

(3) Во всех случаях, когда это возможно, следует использовать геологические карты в качестве основы для классификации пород и породных массивов.

(4) Для получения всеобъемлющей и точной характеристики может потребоваться проведение оценки альтернативного мнения, а также рассмотрение типичных примеров, включающих данные по сравнению пород.

5.12.3 Идентификация и характеристика породы

5.12.3.1 Цель и требования

(1) Идентификация и характеристика породы и ее массивов производятся на основании их минералогического состава, преобладающего размера частиц, генетической группы, структуры, подверженности атмосферным воздействиям и т. д. Характеристика может быть составлена на грунтовых колонках (керн) или других образцах естественной породы, а также на ее массивах в полевых условиях.

(2) Процедура проведения лабораторных исследований должна соответствовать EN ISO 14689-1.

(3) Может применяться более подробная характеристика породы.

В этом случае также указывается следующее:

- система классификации породы;
- необходимость в более глубоком геологическом анализе;
- опытный журнал.

(4) Идентификация и характеристика породы должны выполняться на всех образцах, полученных лабораторией, независимо от однородности породы, так как идентификация и

характеристика создают рабочую основу для проведения всех последующих испытаний и оценок.

5.12.3.2 Оценка результатов

(1) Классификация породных массивов с использованием керна (колонки грунта) должна основываться на наиболее распространенном (наиболее часто получаемом) образце керна для определения разрывов и возможных полостей.

(2) Следует также учитывать воздействие на керна самого процесса бурения, так как большинство методов определения качества породных масс основывается на разломах и разрывах в кернах и на их качестве.

5.12.4 Определение влагосодержания

5.12.4.1 Цель и требования

(1)Р За исключением пород, указанных в 5.12.4.2, влагосодержание другой породы должно определяться путем сушки в печах при температуре $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

(2)Р В случае необходимости следует указать меры, необходимые для удержания воды в процессе извлечения и хранения образцов.

(3)Р Также необходимо указать следующее:

- выбор испытываемых образцов;
- хранение в лаборатории перед проведением испытаний;
- возможное повторное насыщение потерявших влагу образцов путем применения технологии вакуумного насыщения;
- количество испытаний, проводимых для каждого отдельного слоя;
- количество испытаний, которые необходимо проводить параллельно с другими испытаниями в одной и той же формации;

- количество проводимых проверок погрешности получаемых результатов.

(4) Следует использовать образцы, имеющие вес не менее 50 г, или образцы керна, имеющие размер, как минимум в 10 раз превышающий максимальный размер частиц минеральных составляющих.

(5) В отчете должно указываться, соответствует ли измеренное влагосодержание реальному влагосодержанию в полевых условиях.

ПРИМЕЧАНИЕ - В связи с отсутствием на настоящий момент соответствующего стандарта по испытаниям грунтов ISO/CEN, можно применять лабораторные методы, описанные в разделе U.3 с учетом требований X.4.9.2.

5.12.4.2 Оценка результатов испытаний

(1) Результаты испытаний на определение влагосодержания должны сравниваться с показателем влагосодержания при полном насыщении, зависящим от плотности (или пористости) испытываемого образца. В случае получения неправдоподобных результатов следует повторить испытание.

(2) Типы породы со значительным содержанием гипса должны проходить испытания при температуре $50 ^\circ\text{C}$, поскольку связанная вода может частично испариться при температуре $105 ^\circ\text{C}$.

(3) Для типов породы, в которых внутрипоровая вода содержит растворенные соли, а также для типов породы с закрытыми порами, следует также производить оценку полученного показателя влагосодержания с учетом этого аспекта.

(4) Показатель влагосодержания должен использоваться для установления зависимости между прочностными и деформационными характеристиками типов породы в скважинах и на местах проведения испытаний.

(5) Необходимо производить сравнения с имеющимися данными по зависимости влагосодержания от типа породы.

5.12.5 Определение плотности и пористости

5.12.5.1 Цель и требования

(1) Данные испытания используются для определения насыпной (объемной) плотности и плотности в сухом состоянии с целью вычисления пористости и соответствующих свойств образца породы. Насыпная и сухая плотности вычисляются на основании гранулометрического анализа, при условии наличия надежных данных по объему образца.

(2) Объем пор может быть рассчитан исходя из плотности в сухом состоянии и плотности частиц с использованием специальных методов для грунтов, однако при условии отсутствия в образце породы закрытых пор.

Значение пористости представляет собой соотношение объема пор к общему объему.

(3) Следует указывать следующее:

- выбор испытываемых образцов;
- условия хранения перед проведением испытаний;
- необходимость повторного насыщения обезвоженных образцов, и в случае подобной необходимости - какая технология должна применяться для этой цели;
- количество испытаний, которые необходимо провести в данной формации;
- следует ли приводить параллельные испытания на одной и той же формации.

(4) Следует использовать образцы, имеющие вес не менее 50 г, или образцы керна, имеющие размер, не менее чем в 10 раз превышающий максимальный размер частиц минеральных составляющих.

ПРИМЕЧАНИЕ - В связи с отсутствием на настоящий момент соответствующего стандарта по испытаниям грунтов ISO/CEN, можно применять лабораторные методы, описанные в разделе U.4 со ссылкой на X.4.9.3.

5.12.5.2 Оценка результатов испытаний

(1) Плотность и пористость должны включаться в отчет, содержащий характеристику породы, а также установленные прочностные и деформационные характеристики для типов породы в скважинах и на местах проведения испытаний.

(2) Результаты определения плотности и пористости должны использоваться для проведения сравнения прочностных и деформационных качеств породы, а также для установления их соответствия для различных типов породы.

(3) Наличие закрытых пор может также повлиять на пористость. Определение общего объема пор должно основываться на плотности твердых частиц измельченного в порошок образца.

ПРИМЕЧАНИЕ - Для получения более подробной информации по процедуре, размеру представления результатов и оценке испытаний на определение пористости и плотности см. CEN ISO/TS 17892-3 (см. X.4.9.3.).

5.13 Испытания породы на набухание

5.13.1 Общая информация

(1) Настоящий норматив включает следующие испытания, используемые для определения потенциала к набуханию породы, подвергнутой увлажнению или высыханию или разгрузке в водной среде:

- на определение давления набухания при нулевом изменении объема;
- на определение деформации набухания для радиально закрытых образцов с осевой добавочной нагрузкой;

- на определение деформация набухания, проявляющейся в открытых образцах породы.

ПРИМЕЧАНИЕ - Некоторые породы, особенно с высоким содержанием глины, имеют тенденцию к набуханию, ослаблению или разрушению под воздействием увлажнения, высушивания или при разгрузке в водной среде. Испытания на определение строительных свойств грунта позволяет получить результаты, на основании которых можно оценить способность к набуханию при хорошо контролируемых условиях. Испытания обычно проводятся на более мягких типах породы, как например аргиллит или слоистый глинистый сланец. Эти испытания могут использоваться для составления характеристики более твердых пород, подверженных атмосферным воздействиям.

(2) Породы, которые в процессе проведения испытаний разрушаются, подлежат дальнейшей классификации с применением соответствующих испытаний грунтов на осадку, пределы текучести и пластичности, распределение размеров частиц, а также тип и содержание глинистых минералов.

ПРИМЕЧАНИЕ - В приложении V приводится более подробная информация по каждому испытанию на набухание, а также по методам интерпретации полученных результатов.

5.13.2 Общие требования

(1) Образцы должны максимально близко соответствовать практике, рекомендованной для прямых цилиндров и прямоугольных призм. Размер образцов должен позволять осуществление их подготовки путем повторного отбора керна и/или машинной обработке, при этом ось в одном из направлений измерения набухания должна быть перпендикулярна направлению слоистости или сланцеватости.

ПРИМЕЧАНИЕ - См. рекомендации для прямых цилиндров и прямоугольных призм в X.4.8.

(2)Р Следует указать:

- выбор испытываемых образцов;
- подготовку испытываемых образцов, определение их ориентации и размеров;
- количество испытаний, необходимых для одной формации;
- метод проведения испытаний, необходимые оборудование и калибровку;
- тип используемой воды (природная или дистиллированная вода, химический состав воды);
- время испытания;
- необходимость в наличии кривых давления набухания или смещения, показывающих зависимость от времени, прошедшего с момента помещения породы в воду;
- выбор дополнительных необходимых параметров;
- требования к отчетности.

5.13.3 Оценка результатов испытаний

(1)Р Результаты испытаний должны рассматриваться с учетом характеристики породы и установленных классификационных параметров.

(2) Используемое проектное значение, полученное в ходе лабораторных испытаний, должно сравниваться с данными полевых испытаний и полевого опыта на сопоставимых типах породы при сходных климатических условиях, нагрузке и влажности.

(3) В ходе лабораторных испытаний можно лишь частично воссоздать процессы краткосрочного, а тем более долгосрочного воздействия атмосферных факторов, приводящих к набуханию, ослаблению прочностных свойств или высушению, даже при наличии полностью идентичных реальным условиям нагрузки и влагосодержания. Это

происходит вследствие воздействия, помимо прочего, природного растрескивания, нагрузки, дренирования и определенного химического состава поровой воды.

5.13.4 Испытания на определение давления набухания при нулевом изменении объема

5.13.4.1 Цель и требования

(1) Данные испытания предназначены для измерения давления, которое необходимо для ограничения образца породы с ненарушенной структурой, погружаемого в воду, при сохранении постоянного объема.

(2) Данные испытания могут использоваться для оценки давления набухания в полевых условиях путем сравнения документированных опытных данных для данного слоя породы.

(3)Р Отбор кернa испытываемого образца должен осуществляться с применением методов отбора образцов категории А.

ПРИМЕЧАНИЕ - Испытания должны проводиться согласно рекомендациям, приведенным в разделе V.2.

5.13.4.2 Оценка результатов испытаний

(1)Р Сила, прилагаемая для поддержания нулевого изменения объема, должна быть скорректирована с учетом деформации в самой системе испытательного стенда (шариковые подшипники и слои фильтровальных камней, направленных к концевым валикам).

(2) Максимальное давление набухания при нулевом изменении объема может использоваться в качестве верхнего предела давления набухания при указанных лабораторных условиях.

(3) Перед тем, как установленное в лабораторных условиях максимальное давление набухания будет использовано в проекте, следует проанализировать результаты полевых испытаний, относящиеся к эффектам краткосрочного и особенно долгосрочного воздействия факторов окружающей среды (атмосферных), приводящих к набуханию, ослаблению прочностных свойств или разрушению вследствие увлажнения или высыхания, приложения нагрузки, влагосодержания или определенного химического состава поровой воды.

5.13.5 Показатель деформации набухания для радиально закрытых образцов с осевой нагрузкой

5.13.5.1 Цель и требования

(1) Данные испытания предназначены для измерения осевой деформации набухания, возникающей от постоянной осевой нагрузки при погружении в воду радиально закрытого образца с ненарушенной структурой.

(2)Р Испытываемый образец должен быть извлечен с использованием метода отбора образцов категории А.

ПРИМЕЧАНИЕ - Испытания проводятся с учетом рекомендаций, приведенных в разделе V.3.

5.13.5.2 Оценка результатов испытаний

(1)Р Измеренная деформация набухания должна быть скорректирована с учетом деформации в самой системе испытательного стенда (шариковые подшипники и слои фильтровальных камней, направленных к концевым валикам).

(2) Осевая деформация набухания от постоянной осевой нагрузки должна использоваться для оценки потенциала к набуханию, который образец приобретет в полевых условиях, принимая во внимание имеющиеся документированные данные, описывающие имеющийся опыт работы с аналогичными слоями породы.

(3) В зависимости от прилагаемой вертикальной нагрузки данные испытания могут служить основой для оценки вертикального вспучивания (подъема) или боковой деформации поверхности породы/поверхности раздела.

5.13.6 Деформация набухания в открытых образцах

5.13.6.1 Цели и требования

(1) Данные испытания предназначены для измерения деформации набухания, проявляющейся при погружении открытого образца породы в воду.

(2)Р Такие испытания применимы только к образцам, подготовленным согласно методам отбора не ниже категории В, которые в процессе проведения испытаний не проявляют значительных изменений в геометрии.

(3) Рекомендуются, чтобы склонные к набуханию менее стойкие породы испытывались с применением закрытого образца.

ПРИМЕЧАНИЕ - Данные испытания могут проводиться в соответствии с рекомендациями, приведенными в разделе V.4.

(4)Р В отчете должно быть указано, что для проведения испытаний на набухание не использовался радиально закрытый образец.

5.13.6.2 Оценка результатов испытаний

(1) Данные испытания могут использоваться для оценки потенциала к набуханию в полевых условиях, для чего производится сравнение с описанным в соответствующей документации опытом, имеющимся для аналогичного слоя породы.

(2) Неограниченная деформация набухания и ее направление по отношению к направлению слоистости или сланцеватости может использоваться только для приблизительной оценки потенциала к набуханию в полевых условиях.

5.14 Испытания породы на прочность

5.14.1 Общая информация

(1) Настоящий норматив включает пять лабораторных испытаний, используемых для определения прочности породы:

- на одноосное сжатие и деформируемость;
- сосредоточенной нагрузкой;
- на прямой сдвиг;
- на прочность при растяжении по бразильскому методу;
- на трехосное сжатие.

ПРИМЕЧАНИЕ - Более подробную информацию по каждому из видов испытаний на прочность и по интерпретации результатов см. в приложении W.

5.14.2 Требования для всех испытаний на прочность

(1)Р Должны быть указаны следующие данные:

- подлежащие испытаниям образцы;
- подготовка образцов;
- количество испытаний, проводимых для одной формации;
- любые необходимые дополнительные параметры;
- методы проведения испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ - В приложении W приводятся рекомендации по минимальному количеству образцов, которые надлежит испытывать на одноосное сжатие для одной формации по бразильскому методу, а также на трехосное сжатие для проектов геотехнической категории 2 и на одноосное сжатие с учетом стандартных отклонений измеренной прочности от сопоставимых опытных данных.

5.14.3 Оценка результатов испытаний

(1) Оценка результатов испытаний должна включать сравнение с общепризнанными базами данных, так как это необходимо для представления результатов на предмет наличия аномальных значений, с учетом естественного диапазона значений прочности при сжатии и параметров деформации породы, а также сопоставлений с результатами классификационных испытаний.

(2) Все испытания должны быть сгруппированы и проанализированы согласно имеющейся геологической характеристики и классификационных свойств с использованием, по необходимости, статистических методов.

(3) Полученные значения могут использоваться для оценки прочностных и деформационных свойств в полевых условиях, а также для классификации элементов породы и ее свойств.

5.14.4 Испытания на одноосное сжатие и деформируемость

5.14.4.1 Цель и требования

(1) Испытания на одноосное сжатие служат для измерения прочности при сжатии, модуля упругости Юнга, а также коэффициента Пуассона (поперечной деформации) цилиндрических образцов породы.

(2) Испытания предназначены для проведения классификации и составления характеристики породы с ненарушенной структурой.

(3) Помимо требований, указанных в 5.14.2, следует указать также следующее:

- ориентация и размеры образца;
- метод испытаний;
- если применимо, то определение модуля упругости (касательный, средний и секущий), а также коэффициента Пуассона, как факторы, зависящие от нагрузки и деформации.

(4) Испытываемый образец должен быть подготовлен из керна, отобранного методом категории А.

(5) Следует неукоснительно соблюдать рекомендации по проведению испытаний на одноосное сжатие и деформируемость.

ПРИМЕЧАНИЕ - Рекомендации по проведению подобных испытаний приводятся в приложении W.

5.14.4.2 Оценка результатов испытаний

(1) Прочность при испытаниях на одноосное сжатие определяется как максимальная вертикальная нагрузка, достигаемая в процессе проведения испытаний на сжатие.

(2) Модуль упругости, определяемый как отношение изменения осевой нагрузки к происходящей от нее осевой деформации, должен устанавливаться с применением одного из нижеследующих способов:

- касательная модуля упругости Юнга, измеренная при фиксированном процентном значении предельной (конечной) прочности (например, 50 %);
- среднее значение модуля упругости Юнга на линейном отрезке кривой нагрузки/деформации;
- секущий модуль упругости, измеренный от нулевой нагрузки до некоторого фиксированного процентного значения предельной (конечной) прочности.

(3) Коэффициент Пуассона определяется как уклон радиальной кривой.

(4) Модуль упругости Юнга и коэффициент Пуассона должны рассчитываться для одного и того же интервала вертикальной нагрузки.

(5) Результаты испытаний должны оцениваться с учетом классификационных свойств породы и модели разрыва, отраженной на рисунке испытываемого образца.

(6) Прочность при неограниченном сжатии σ_c может использоваться как классификационный параметр для определения качества породы с ненарушенной структурой, она может использоваться в сочетании с результатами испытаний на трехосное сжатие на круге Мора для определения угла внутреннего трения ϕ и когезионной прочности c параметров прочности Мора-Кулона.

ПРИМЕЧАНИЕ - Модуль упругости Юнга E и коэффициент Пуассона ν могут использоваться для расчета согласно EN 1997-1:2004, приложение F.

5.14.5 Испытания сосредоточенной нагрузкой

5.14.5.1 Цели и требования

(1) Испытания сосредоточенной нагрузкой предполагаются как испытания при определении степени прочности для классификации породы.

Результаты испытаний также могут использоваться для оценки прочности группы пород одной прочностной категории.

(2) Испытания сосредоточенной нагрузкой не являются непосредственным методом для измерения прочности породы, однако представляют собой испытания для определения строительных свойств грунта. В каждом случае следует документально регистрировать соответствие между результатами испытаний сосредоточенной нагрузкой и степенью прочности.

(3)Р Помимо требований, указанных в 5.14.2 (1)Р, необходимо также перечислить использованные методы испытаний с указанием керна, блока и неправильных образцов.

(4)Р Образцы должны готовиться из керна, отобранного методом категории А.

(5) Испытываемые образцы блоков или неправильных образцов породы, взятых в котлованах, могут использоваться в случае, если в этом отношении будет составлен соответствующий отчет и если эти образцы были отобраны с использованием методов категории В.

(6) Следует неукоснительно следовать рекомендациям по проведению испытаний сосредоточенной нагрузкой.

ПРИМЕЧАНИЕ - Рекомендации по проведению подобных испытаний приводятся в разделе W.2.

5.14.5.2 Оценка результатов испытаний

(1)Р Вследствие сильного разброса результатов, оценка характеристик породы и прогнозы относительно других параметров прочности должны основываться на статистическом подходе. Из набора результатов испытаний, включающих не менее 10 отдельных испытаний, следует удалить два максимальных и два минимальных значения, а затем рассчитать среднее значение для оставшихся данных.

(2) Для классификации образцов или слоев по среднему значению степени прочности при испытаниях сосредоточенной нагрузкой следует провести не менее пяти испытаний.

(3) При данных испытаниях производятся измерения степени прочности при нагружении образцов породы сосредоточенной нагрузкой, а также их анизотропной степени прочности, которая представляет собой отношение степени прочности при нагружении сосредоточенной нагрузкой в направлениях, дающих максимальное и минимальное значения.

5.14.6 Испытания на прямой сдвиг

5.14.6.1 Цели и требования

(1) Испытания на прямой сдвиг используются для измерения пиковой и остаточной прочности.

(2) Согласно настоящему нормативу применяются лабораторные испытания для определения основных параметров прочности при сдвиге, а также трения грунта по поверхностям контакта с другими материалами.

(3) Если характеристики поверхности раздела, которые определяет прочность на сдвиг, будут определены, то в этом случае следует составить подробное описание, включая тип и шероховатость соединения (трещины), тип и толщину заполняющего материала, а также наличие воды в слое породы.

(4)Р Помимо требований согласно 5.14.2 (1)Р следует указать следующее:

- ориентация и размеры образца;
- спецификации испытательной установки;
- степень сдвига в процессе проведения испытаний;
- выбор нормальной нагрузки, поддерживаемой в процессе проведения отдельных испытаний на сдвиг.

(5)Р Испытываемые образцы берутся из керна, отобранного методом категории А из блоков, взятых в котловане с помощью метода отбора не ниже категории В.

(6) Следует неукоснительно соблюдать все рекомендации по проведению испытаний на прямой сдвиг.

ПРИМЕЧАНИЕ - Рекомендации по проведению подобных испытаний см. в разделе W.3.

5.14.6.2 Оценка результатов испытаний

(1) Оценка результатов испытаний на прочность при сдвиге в зависимости от нагрузки, направленной перпендикулярно плоскости разрыва, должна включать исследование плоскости сдвига, что позволит принять во внимание слоистость и сланцеватость, кливаж породы, свойства поверхности контакта породы и бетона или другого испытываемого материала.

(2) Угол внутреннего трения ϕ и когезионная прочность c могут быть установлены с помощью проведения серии испытаний на сдвиг с использованием различных образцов, взятых из слоя породы с использованием критерия прочности Мора-Кулона. Как вариант остаточные параметры можно также определить путем проведения многократных испытаний при различной нормальной нагрузке на плоскости разрыва.

(3) В процессе данных испытаний проводятся измерения прочности при сдвиге на плоскости, подверженной принудительному разрыву, при определенных нагрузках, направленных перпендикулярно плоскости разрыва. Пиковая и остаточная прочность при сдвиге может быть определена после некоторой деформации при сдвиге. Обычно плоскость разрыва намеренно определяется как проходящая вдоль известной поверхности разрыва.

(4) Данные испытания используются в целях классификации по прочности, а также для составления характеристики породы с ненарушенной структурой и не должны использоваться без геологической корреляции и классификации породы для полевых условий.

5.14.7 Испытания по бразильскому методу

5.14.7.1 Цели и требования

(1) Испытания по бразильскому методу предназначены для косвенного измерения одноосной прочности при растяжении, которые проводятся на образце породы цилиндрической формы.

(2)Р Помимо требований, указанных в 5.14.2 (1)Р, следует указывать следующее:

- ориентация и размеры образца;
- метод испытаний.

(3)Р Вследствие большого разброса получаемых результатов следует производить вторичные испытания образцов, срезаемых параллельно.

(4) Для глинистых и других анизотропных пород рекомендуется срезать образцы параллельно и перпендикулярно направлению слоистой структуры. Для образцов, срезаемых параллельно слоистой структуре, необходимо указать направление нагрузки, приходящейся на слоистую структуру.

(5)Р Испытываемые образцы следует брать из керна, отобранного по методу категории А.

(6) Следует неукоснительно соблюдать рекомендации по проведению испытаний на растяжение по бразильскому методу.

ПРИМЕЧАНИЕ - Рекомендации по проведению подобных испытаний приводятся в разделе W.4.

5.14.7.2 Оценка результатов испытаний

(1) При оценке прочности на растяжение следует принимать во внимание тот факт, что наличие скрытых слабых плоскостей в испытываемом образце может повлиять на результат, и плоскость разрушения (критическая плоскость) после проведения испытаний должна быть зарисована и оценена должным образом.

(2) Испытания позволяют произвести косвенную оценку сопротивления растяжению σ_T для плоскости принудительного разрыва.

(3) Значение сопротивления растяжению σ_T может использоваться в виде классификационного параметра для определения качества породы с ненарушенной структурой, она может использоваться в круге Мора при соответствующим максимальном напряжении σ_1 вместе с кругами Мора из испытаний на одноосное и трехосное сжатие для определения угла внутреннего трения ϕ и когезионной прочности c по параметрам прочности Мора-Кулона.

(4) Испытания предназначены для классификации по прочности и составления характеристики породы с ненарушенной структурой, при этом результаты испытаний не должны использоваться без геологической корреляции или классификации пород для полевых условий.

5.14.8 Испытания на трехосное сжатие

5.14.8.1 Цель и требования

(1) Испытания на трехосное сжатие предназначены для измерения прочности цилиндрических образцов породы. При проведении определенного количества испытаний можно получить значения для определения кривой (огибающей) прочности на круге Мора-Кулона. На основании этой кривой можно определить угол сдвига и сцепление.

ПРИМЕЧАНИЕ - При обычных условиях нет никаких требований, касающихся дренирования поровой воды или измерения давления поровой воды. Для некоторых типов породы (например, глинистые породы, пористый известняк и мел) и при определенных условиях давление воды может повлиять на результат. Для

таких типов породы необходимо использование усовершенствованных трехосных испытательных систем, позволяющих производить измерения давления поровой воды и относительной объемной деформации. При проведении подобных испытаний могут использоваться такие же методы измерения, что и для измерения одноосной нагрузки при сжатии в соответствии с разделом W.1.

(2)Р Помимо требований, приведенных в 5.14.2 (1)Р, необходимо указывать ориентацию и размер образца, соответствующие методу испытаний.

(3)Р Испытываемые образцы должны браться из керна, отобранного с использованием методов категории А.

(4) Следует неукоснительно следовать рекомендациям по проведению испытаний на трехосное сжатие.

ПРИМЕЧАНИЕ - Рекомендации по проведению подобных испытаний приводятся в разделе W.5.

5.14.8.2 Оценка результатов испытаний

(1) Испытания на трехосное сжатие состоят из серии испытаний на сжатие, проведенных при различных всесторонних (ограничивающих) давлениях в камере трехосного сжатия. Кривая функции зависимости ограничивающих давлений от осевой нагрузки на месте разрыва может быть использована для определения угла внутреннего трения ϕ и сцепления c' по параметрам прочности Мора-Кулона.

(2) Однородность серии испытываемых образцов, используемых для определения параметров при проведении испытаний, оценивается на основании геологической характеристики и параметров классификации породы.

(3) Определенные параметры прочности относятся к породе с ненарушенной структурой. Свойства породы при полевых условиях могут быть определены только с поправкой на проецирование свойств одного элемента неповрежденной породы на свойства породного массива в полевых условиях.

6 ОТЧЕТ ОБ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

6.1 Общие требования

(1) Результаты инженерно-геологических изысканий должны быть представлены в специальном отчете, который должен входить в состав геотехнического проекта.

(2) Отчет об инженерно-геологических изысканиях должен состоять из следующих частей:

- соответствующей геотехнической информации, включая геологические характеристики и необходимые данные для проектирования;
- геотехнической оценки информации, полученной в результате интерпретации результатов испытаний.

(3) Информация может быть представлена в одном отчете или же в виде отдельных частей.

(4) Отчет об инженерно-геологических изысканиях может включать расчетные значения.

(5) В случае необходимости, отчет об инженерно-геологических изысканиях может включать предельные значения характеристик.

(6) Отчет об инженерно-геологических изысканиях должен предлагать дополнительные требуемые лабораторные и полевые испытания с нужными комментариями, которые объясняют необходимость данных работ. Такие предложения должны сопровождаться детальной программой данных работ.

6.2 Представление геотехнической информации

(1) Предоставляемая информация должна включать фактические расчеты результатов всех полевых и лабораторных испытаний.

(2) Фактические расчеты должны включать следующую, информацию:

- цель и область геотехнических исследований, включая описание площадки исследований и ее рельефа, проектируемого сооружения, а также этапа планирования, к которому относится данное исследование;

- классификацию сооружения согласно геотехническим категориям;

- фамилии руководителей работ и исполнителей;

- временные рамки, в которые были проведены полевые и лабораторные испытания;

- результаты полевых наблюдений за строительной площадкой и окружающей территорией, включая:

- a) уровень грунтовых вод;

- b) поведение окружающего массива;

- c) поведение открытых котлованов на строительной площадке и около нее;

- d) области нестабильности;

- e) возможность и наличие разработки месторождений полезных ископаемых на площадке исследований и окружающей территории;

- f) негативные явления, возникающие при отрывке котлована;

- g) история площадки исследования;

- h) геологические условия площадки, включая разрывное залегание пород;

- i) планы, с нанесенным проектируемым зданием и точками исследований;

- j) результаты аэрофотосъемки;

- k) результаты локальных экспериментов на площадке;

- l) информация о сейсмической активности.

(3) Отчет об инженерно-геологических изысканиях должен включать документальное описание методов, процедур и результатов, включая все относящиеся к объекту исследований отчеты:

- результаты предварительных и теоретических исследований;

- полевые работы, такие как отбор образцов, испытания на строительной площадке, замеры уровня грунтовых вод;

- лабораторные работы.

(4) Результаты полевых и лабораторных испытаний должны быть предоставлены в отчете согласно требованиям, предъявляемым EN и/или ISO - стандартами в области изысканий.

6.3 Оценка геотехнической информации

(1)Р Оценка геотехнической информации должна быть представлена в отчете и включать соответствующие данные:

- результаты полевых и лабораторных испытаний, проведенных согласно разделам 3–5;

- результаты полевых и лабораторных испытаний и другую информацию, согласно 6.2;

- описание геометрических размеров формаций;

- детальное описание всех слоев, включая их физические свойства, деформационные и прочностные характеристики, полученные по результатам испытаний;

- выделение аномалий, таких как полости, зоны разрывов среды.

(2) Необходимо задокументировать по необходимости:

- результаты, полученные с учетом уровня грунтовых вод, типов грунта, метода производства буровых работ, методов отбора образцов, транспортировки, обработки и специальных приготовлений;

- деление слоев на подслои, полученные в результате предварительных и теоретических исследований и полевых испытаний, если оно было пересмотрено в соответствии с полученными данными.

(3) Оценка геотехнической информации должна, как правило, содержать:

- табличное и графическое представление результатов полевых и лабораторных испытаний

в поперечном разрезе грунта, показывающее имеющиеся слои и их границы, включая уровень грунтовых вод относительно проектируемого объекта;

- значения геологических параметров для каждого слоя;

- обоснование полученных значений геотехнических параметров (см. 6.4).

(4) Осреднение данных может скрывать наличие более слабых зон и должно быть использовано осторожно. Очень важно, чтобы слабые зоны были выделены. Изменчивость геотехнических параметров или коэффициентов поможет идентифицировать изменчивость свойств грунтов площадки.

(5) Отчет об инженерно-геологических условиях должен содержать сравнение полученных результатов исследований с имеющимся опытом для каждого геологического параметра, при этом особое внимание следует уделять аномальным результатам для представленных слоев, включая их сравнение с результатами других лабораторных и полевых испытаний, доступных для этого же геотехнического параметра.

(6) В отчете об оценке результатов необходимо сделать акцент на следующий аспект: слои, в которых параметры отличаются незначительно, могут расцениваться как один слой.

(7) Граничащие несколько слоев с весьма различными составами и/или механическими характеристиками могут быть приняты за один слой с определенными характеристиками, если их общее поведение подобно.

(8) В процессе выделения границ между различными слоями и уровнем грунтовых вод, границы могут быть линейно интерполированы между точками исследований, если площадка изучения мала и геологические условия однородны. В отчете необходимо указать факт проведения данной линейной интерполяции.

6.4 Обоснование полученных результатов

(1) Если геологические характеристики и коэффициенты были получены при помощи корреляционных моделей, то данный факт должен быть задокументирован.

Приложение А
(информационное)

Методы проведения геотехнических исследований

В таблице А.1 приводится перечень полевых и лабораторных испытаний и их результатов, которые должны быть представлены в отчете об инженерно-геологических условиях.

Таблица А.1 - Методы проведения геотехнических исследований

Полевые испытания ^{а)}	Результаты испытаний
CPT	Удельное сопротивление грунта погружению зонда q_c . Удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности зонда f_s . Коэффициент трения R_f
CPTU	Скорректированное сопротивление грунта погружению зонда с учетом давления поровой воды q_t . Удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности зонда f_s . Измерение порового давления u
Динамическое зондирование	Количество ударов N_{10} для испытаний: DPL, DPM, DPH ²⁾ . Количество ударов N_{10} (или N_{20}) для испытаний DPSH
SPT	Количество ударов N . Коэффициент энергии E_r . Определение вида грунта
Прессиометрические	Модуль Менарда E_M . Давление ползучести p_f . Предельное давление Менарда p_{LM} . Кривая разгрузки
Дилатометрические на изгиб	Дилатометрический модуль E_{FDT} . Кривая деформаций
Прочие прессиометрические	Кривая разгрузки
Зондирование крыльчаткой	Недренированное сопротивление срезу (нескорректированное) $c_{f,v}$. Недренированное сопротивление срезу (скорректированное переформование образца) $c_{r,v}$. График «Вращение от приложенного усилия»
Статической нагрузкой	Запись изменения во времени сопротивления зондированию. Сопротивление зондированию - это: глубина проникновения при стандартной нагрузке; или количество полуоборотов, необходимых для проникновения вглубь на 0,2 м при стандартной нагрузке 1кН
Штамповые	Предельное контактное давление по подошве p_u
Плоским дилатометром	Скорректированное напряжение при растяжении (отрыве) p_0 . Скорректированное напряжение при расширении p_1 (расширение 1,1 мм). Дилатометрический модуль деформации E_{DMT} , коэффициент материала I_{DMT} и коэффициент для определения горизонтальных напряжений K_{DMT}
Лабораторные испытания ^{б)}	Результаты испытаний
Влажность (нескальный грунт)	Влажность w
Плотность грунта (нескальный грунт)	Плотность ρ
Плотность частиц грунта (нескальный грунт)	Плотность частиц ρ_s
Гранулометрический состав (нескальный грунт)	Кривая гранулометрического состава

Продолжение таблицы А.1

Пределы текучести и раскатывания (консистенции) (нескальный грунт)	Предельные значения текучести w_L и раскатывания w_p
Коэффициент пористости (нескальный грунт)	e_{\min}, e_{\max}, I_D
Содержание органических веществ (нескальный грунт)	Содержание органических веществ (C_{OM})
Содержание карбонатов (нескальный грунт)	Содержание карбонатов (C_{CaCO_3})
Содержание сульфатов (нескальный грунт)	Содержание сульфата ($C_{SO_4^{2-}}$) или ($C_{SO_3^{2-}}$)
Содержание хлоридов (нескальный грунт)	Содержание хлоридов (C_{Cl})
рН (нескальный грунт)	рН
Компрессионная сжимаемость грунта (нескальный грунт)	Компрессионная кривая деформации сжатия (различные варианты). Кривая консолидации (различные варианты). Кривая ползучести (вторичная компрессионная кривая). E_{oed} (в интервале напряжений) и σ_p или C_s, C_c, σ_p . C_α
Испытания на сдвиг (нескальный грунт)	Недренированное сопротивление сдвигу c_u
Падение конуса (нескальный грунт)	Недренированное сопротивление сдвигу c_u
Одноосное сжатие (нескальный грунт)	Напряжение при сжатии $q_u = 2c_u$
Неконсолидированно – недренированный срез (нескальный грунт)	Недренированное сопротивление сдвигу c_u
Консолидированное трехосное сжатие грунта (нескальный грунт)	Кривые напряжено-деформированного состояния и порового давления. Распределение напряжений (линии равных напряжений). Круги Мора. c', ϕ' или c_u . Изменчивость c_u и σ_c . Деформационные характеристики E' и E_u

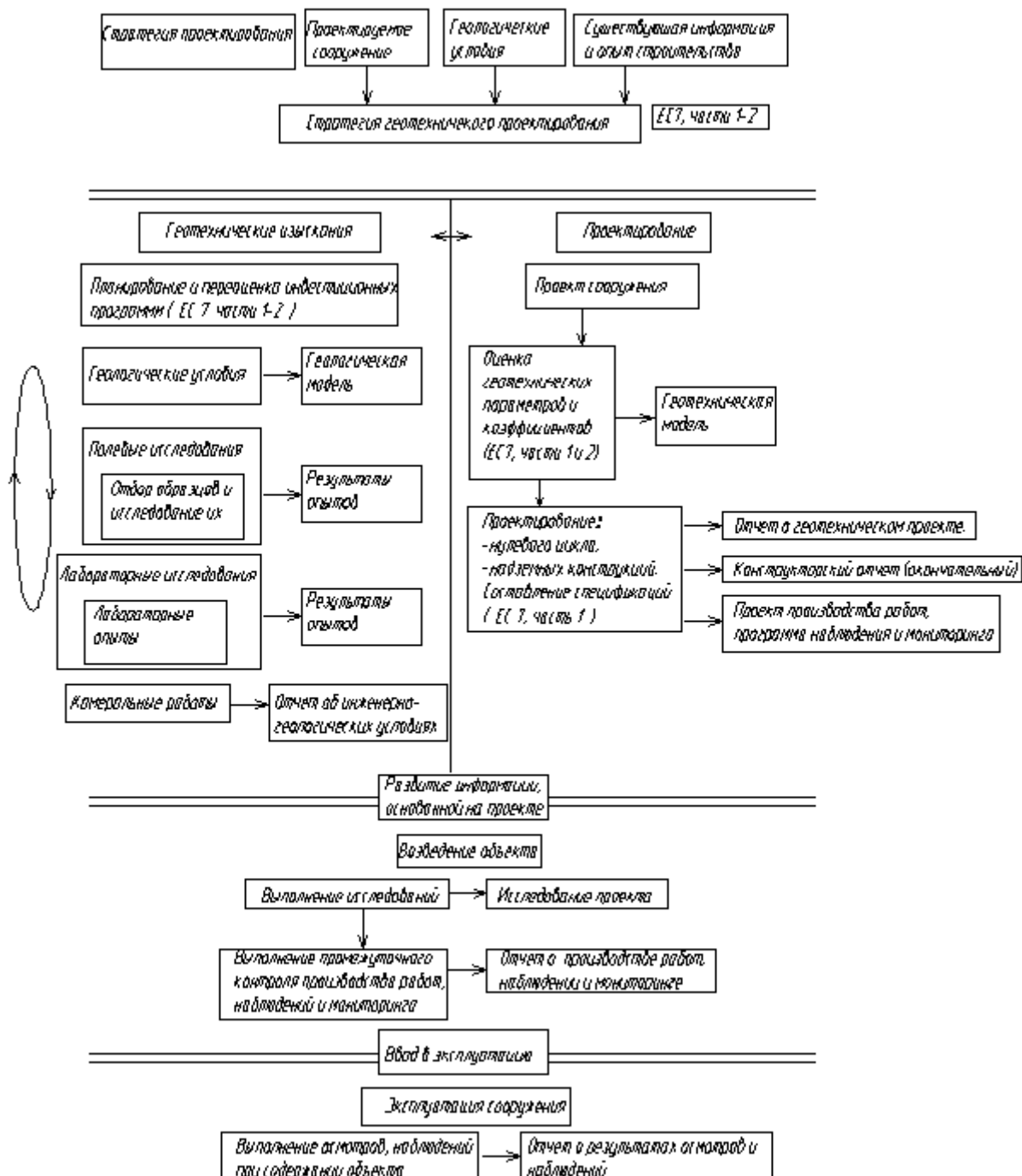
Окончание таблицы А.1

Лабораторные испытания ^{b)}	Результаты испытаний
Консолидированный прямой сдвиг (нерадиальный) (нескальный грунт)	Кривая зависимости вытеснения грунта от нагрузки. Зависимость $\tau - \sigma$. c' , ϕ' . Остаточные параметры
Калифорнийский тест на степень плотности грунта (скальный грунт)	Индекс CBR (I_{CBR})
Фильтрация грунта (скальный грунт)	Коэффициент фильтрации k , полученный по результатам: непосредственных лабораторных испытаний; полевых испытаний; одометрических испытаний
Содержание воды (скальный грунт)	Влажность w
Плотность и пористость (скальный грунт)	Плотность ρ и пористость n
Набухание (скальный грунт)	Коэффициент напряжения набухания. Давление набухания. Поверхность набухания. Набухание от постоянной нагрузки
Одноосное сжатие и деформируемость (скальный грунт)	σ_c . Модуль упругости Юнга E . Коэффициент Пуассона ν
Испытания сосредоточенной нагрузкой (скальный грунт)	Индекс I_{s50}
Прямые испытания на сдвиг (скальный грунт)	Кривая зависимости вытеснения грунта от нагрузки. Круги Мора. c' , ϕ' . Остаточные параметры
Исследования по бразильскому методу (скальный грунт)	Сопротивление растяжению σ_T
Трехосное сжатие грунта (скальный грунт)	Кривая распределения напряжений. Распределение напряжений (линии равных напряжений). Круги Мора. c' , ϕ' . Модуль упругости Юнга E и коэффициент Пуассона ν
^{a)} См. раздел 4.	
^{b)} См. раздел 5.	
²⁾ См. 4.7.2 (2).	

Приложение В (информационное)

Планирование геотехнических исследований

В.1 Этапы геотехнических изысканий при проектировании, производстве работ и эксплуатации строительного объекта



В.2 Выбор методов исследований грунтов при различных стадиях проектирования

Таблица В.1 - Примеры выбора методов изысканий при различных стадиях проектирования

Предварительные исследования		Исследования при проектировании		Контрольные исследования	
Камеральные исследования топографических, геологических и гидрогеологических карт. Аэро-фотосъемка и интерпретация. Архивы. Осмотр строительной площадки	Мелкозернистые грунты: CPT, SS, DP или SPT, отбор проб (PS, TP, CS, OS), PMT, GW	Предварительный выбор метода возведения фундамента	Свайные фундаменты: SS, CPT, DP, SPT или SR, отбор проб (PS, OS, CS), FVT, PMT, GWC (PIL)	Окончательный выбор метода возведения фундаментов. Проектирование	Свайные фундаменты: PIL, испытания на забивание опытных свай. Измерения распространения волн напряжений GWC. Осадка. Инклинометры
			Фундамент мелкого заложения: SS или CPT, DP, отбор проб (PS, OS, CS, TP), FVT, DMT или PMT, BJT, GW		Фундамент мелкого заложения. Проверка типа грунта. Проверка плотности (CPT). Осадка фундаментов
	Грубозернистые грунты: SS, CPT, DP или SPT, SR, отбор проб (AS, OS, SPT, TP), PMT, DMT, GW	Предварительный выбор метода возведения фундамента	Свайные фундаменты: CPT, DP или SPT, отбор проб грунта (PS, OS, AS), FVT, DMT, GWO (PIL)	Окончательный выбор метода возведения фундаментов. Проектирование	Свайные фундаменты: PIL, опытные сваи. Измерения распространения волн напряжений GWC. Осадка. Инклинометры
			Фундамент мелкого заложения: CPT + DP, SPT, отбор проб (PS, OS, AS, TP), возможно PMT, BJT или DMT, (PIL), GWO		Фундамент мелкого заложения. Проверка типа грунта. Проверка жесткости (CPT). Осадка фундаментов
			Фундаменты свайные или мелкого заложения: SR и MWD, карты трещин в TP, CS, RDT (PMT, BJT в выветрелых породах), GWO		Свайные фундаменты. Проверка контакта между пятой сваи и поверхностью породы. Проверка трещин в породе. Определение инфильтрации воды. Фундаменты мелкого заложения: проверка уклона и трещин в поверхности породы

Окончание таблицы В.1

Полевые испытания

- BJT - испытания прибором типа скважинный домкрат;
- DP - динамическое зондирование;
- SR - зондирование скальных/нескальных грунтов;
- SS - статическое зондирование грунтов (например, статической нагрузкой WST);
- CPT(U) - исследование на сопротивление погружению зонда (с замерах порового давления);
- SPT - стандартные испытания на пенетрацию;
- DMT - испытания плоским дилатометром;
- FVT - полевые испытания методом вращательного среза;
- PMT - прессиометрические испытания;
- MWD - измерения при производстве буровых работ;
- SE - измерения сейсмической активности;
- PIL - испытания несущей способности сваи нагрузкой;
- RDT - диламетрические испытания скальных грунтов.

Отбор проб

- PS - поршневой пробоотборник;
- CS - кернаотборник;
- AS - спиральный бур;
- OS - тонкостенный забивной кернаотборник;
- TP - взятие образцов из шурфов.

Замеры уровня грунтовых вод

- GW - измерения уровня грунтовых вод;
- GWO - измерения уровня грунтовых вод в открытых системах;
- GWC - измерения уровня грунтовых вод в закрытых системах

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Геодезические и топографические работы в данную таблицу не включены.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Лабораторные исследования в данную таблицу не включены.

В.3 Рекомендации по выбору расстояний между точками исследований и их глубинами

(1) Следующие расстояния между точками исследований должны использоваться в качестве рекомендуемых:

- для высотных и промышленных зданий расстояние между точками должно составлять от 15 до 40 м;
- для больших по площади сооружений расстояние между точками должно составлять не более 60 м;
- для линейных сооружений (автодороги, железные дороги, каналы, трубопроводы, дамбы, тоннели, подпорные стенки) расстояние между точками должно составлять от 20 до 200 м;
- для специальных сооружений (например, мостов, лотков, фундаментов под машины) - от двух до шести скважин на каждый фундамент;
- для дамб и плотин - от 25 до 75 м по длине.

(2) Для определения глубины исследований необходимо руководствоваться следующим: ориентировочная точка отсчета глубины - это наиболее заглубленная точка фундамента здания или его части или проектируемого котлована. При проектировании скважин необходимо выбирать минимальное значение.

ПРИМЕЧАНИЕ - Для очень больших или очень сложных проектов допускается увеличивать глубину, указанную в разделе В.3 (5) – В.3 (13).

(3) Большую глубину исследований необходимо выбирать в сложных инженерно-геологических условиях, таких как наличие слабых слоев или слоев, подверженных деформации под более прочными слоями.

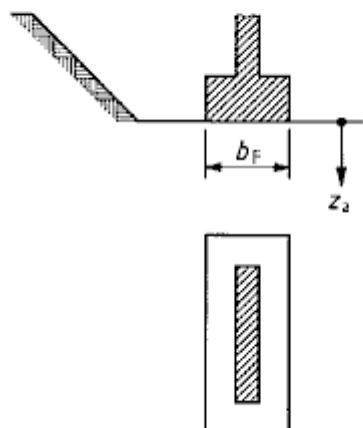
(4) Если сооружения по разделу В.3 (5) – В.3 (13) возведены на известном слое, то глубина исследования может быть $z_a = 2$ м, если же геологические условия сложны, то в этом случае по крайней мере одна скважина должна иметь глубину $z_a = 5$ м. Если на предполагаемой глубине встречается подстилающая порода, то ее глубина должна быть принята за эталонный уровень z_a . В противном случае, z_a находится на уровне поверхности формации.

(5) Для высотных сооружений и гражданского строительства должны применяться максимальные значения из следующих условий (рисунок В.1а)):

$$z_a \geq 6 \text{ м};$$

$$z_a \geq 3b_F, \text{ где } b_F - \text{минимальная боковая длина подошвы фундамента.}$$

а)



б)

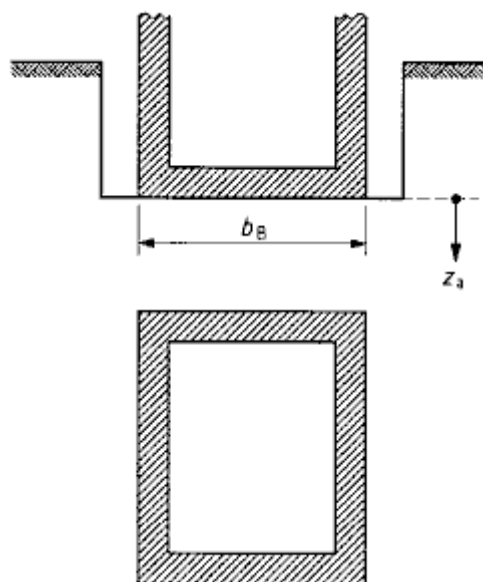


Рисунок В.1 - Высотные сооружения:

а - фундамент;

б - сооружение

(6) Для плитных фундаментов и сооружений с несколькими элементами, влияние которых на большой глубине накладываются друг на друга $z_a \geq 1,5b_B$, где b_B - минимальная сторона сооружения (см. рисунок В.1б)).

(7) Для набережных, насыпей и котлованов должно быть выбрано максимальное значение (рисунок В.2).



Рисунок В.2 - Насыпи и траншеи:

a - насыпь;

b - траншея

a) Для насыпей:

$$0,8h < z_a < 1,2h;$$

$z_a \geq 6$ м, где h - высота насыпи.

б) Для траншей:

$$z_a \geq 2,0 \text{ м};$$

$z_a \geq 0,4h$ м, где h - высота насыпи или глубина траншеи.

(8) Для линейных структур должны быть выбраны максимальные значения из следующих условий (рисунок В.3).

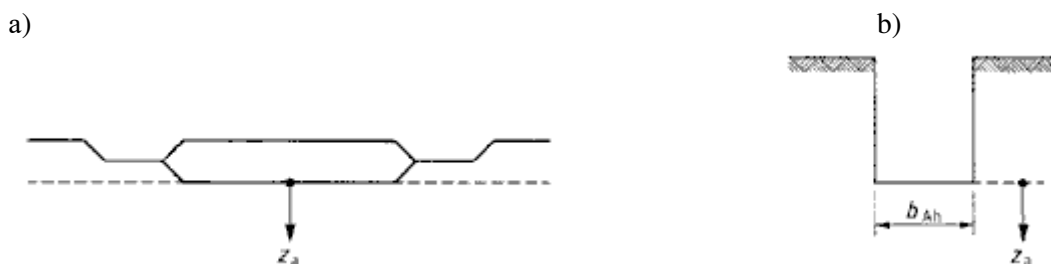


Рисунок В.3 - Линейные конструкции:

a - дорога;

b - траншея

a) Для дорог и аэропортов $z_a \geq 2$ м ниже предполагаемого уровня формации.

б) Для канав, рвов, траншейных сооружений выбирается максимальное значение:

$z_a \geq 2$ м ниже предполагаемого дна;

$z_a \geq 1,5b_{Ah}$, где b_{Ah} - ширина рва, траншеи.

(9) Для малых тоннелей и пещер (пустот) (рисунок В.4) $b_{Ab} < z_a < 2,0b_{Ab}$, где b_{Ab} - ширина полости или пустоты.

Необходимо также учитывать гидрогеологические условия, описанные в (10).

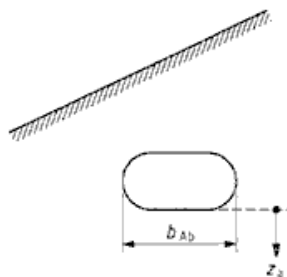


Рисунок В.4 - Тоннели и пустоты

(10) Котлованы (рисунок В.5).

а) Если пьезометрическая поверхность и уровень грунтовых вод ниже дна котлована, необходимо принимать максимальное из следующих значений:

$$z_a \geq 0,4h;$$

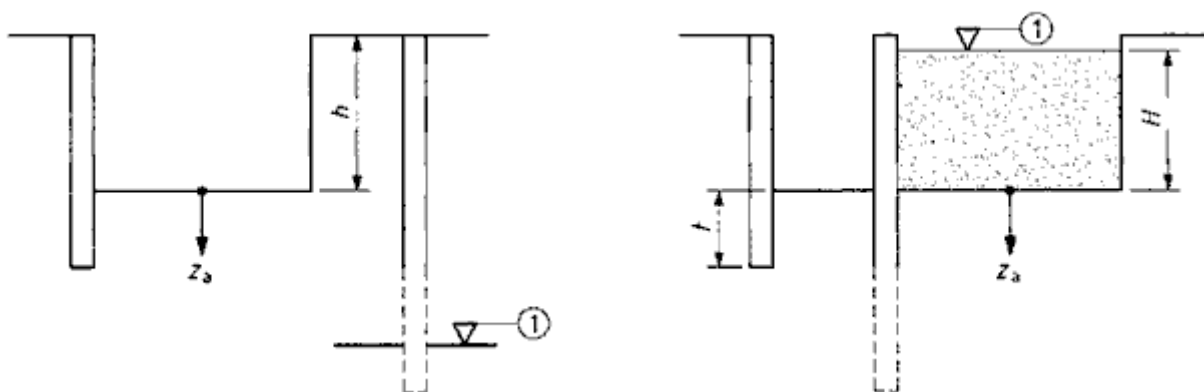
$$z_a \geq (t + 2,0) \text{ м, где } t - \text{длина заглубленной части опоры; } h - \text{глубина котлована.}$$

б) Если пьезометрическая поверхность и уровень грунтовых вод выше дна котлована, необходимо принимать максимальное из следующих значений:

$$z_a \geq (1,0H + 2,0);$$

$z_a \geq (t + 2,0) \text{ м, где } t - \text{длина заглубленной части опоры; } H - \text{глубина максимального уровня грунтовых вод над дном котлована.}$

Если ни одного слоя, который слегка пропускает грунтовые воды, не встречается вплоть до следующих глубин: $z_a \geq (t + 5,0) \text{ м.}$



1 - уровень грунтовых вод

Рисунок В.5 - Котлованы

(11) Для водозащитных сооружений z_a должно быть определено в зависимости от предлагаемого объема стоячей воды, гидрогеологических условий и метода строительства.

(12) Для диафрагм (замков плотины) (рисунок В.6) $z_a \geq 2,0 \text{ м}$ - ниже поверхности водонепроницаемого слоя.

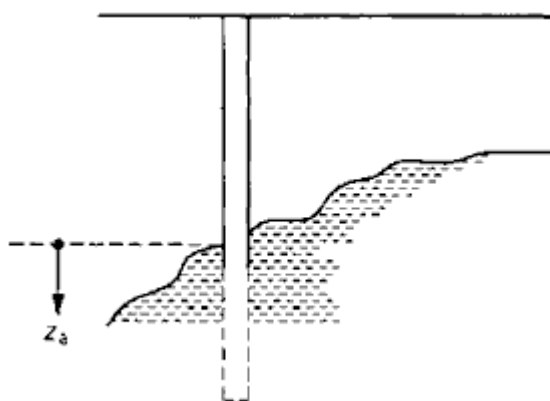


Рисунок В.6 - Диафрагмы, замки плотины

(13) Для свай (рисунок В.7) необходимо соблюдать три условия:

$$z_a \geq 1,0b_g;$$

$$z_a \geq 5,0 \text{ м;}$$

$z_a \geq 3D_F$, где D_F - диаметр сваи; b_g - минимальная сторона прямоугольника, описанного вокруг группы свай, формирующих фундамент на уровне их пят.

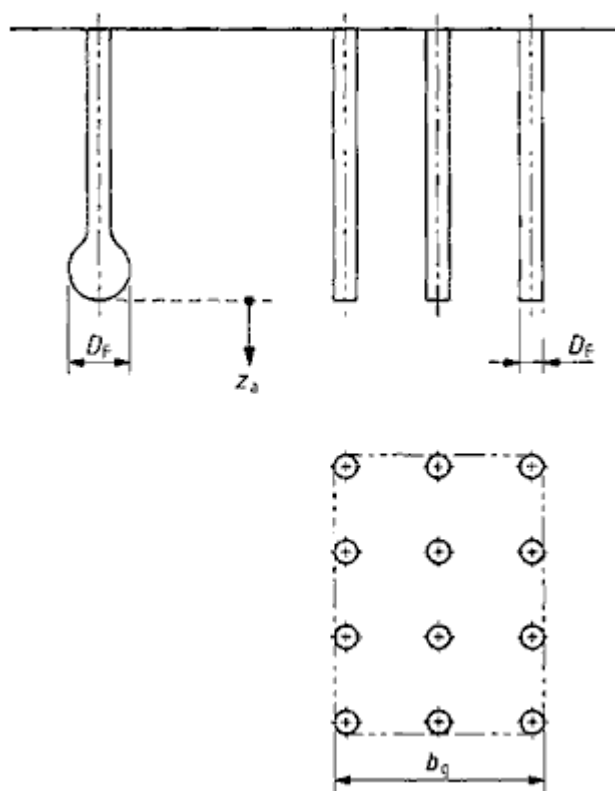


Рисунок В.7 - Группы свай

Приложение С
(информационное)

Пример определения давления грунтовых вод посредством моделирования и продолжительных измерений

С.1 Естественное давление грунтовых вод является частью гидрологического цикла, на который оказывают влияние осадки, суммарное испарение, таяние снегов, поверхностный сток и т. д.

С.2 Чтобы составить модель гидрогеологической ситуации для здания или строительной площадки, в проекте гражданских сооружений и окружающей территории необходимо собрать доступную имеющуюся гидрогеологическую информацию и сопоставить ее с результатами фактически произведенных гидрологических измерений. Такая информация может включать следующие данные:

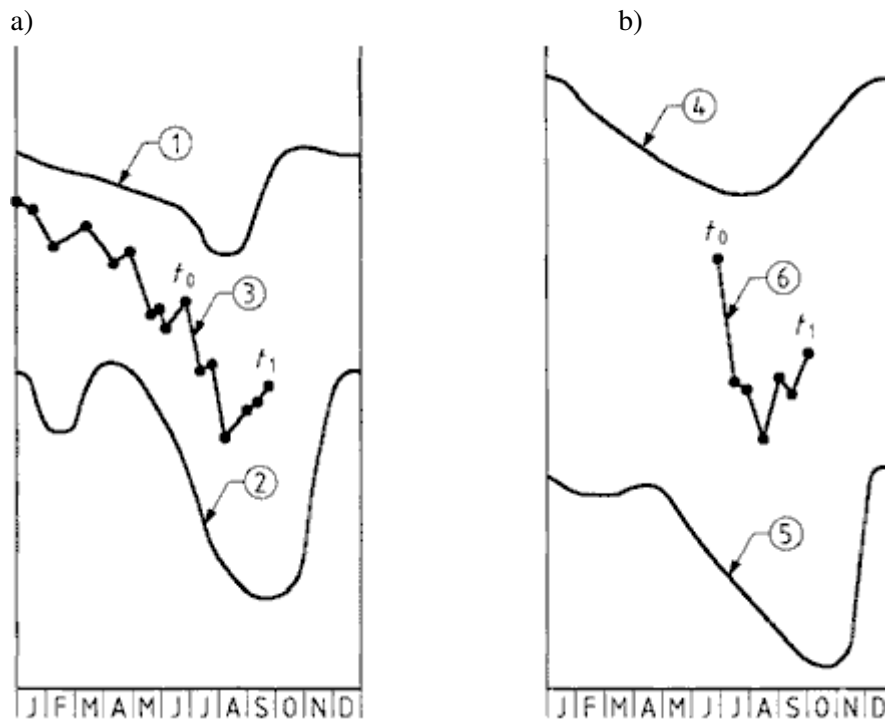
- колебания уровня вод;
- гидрогеологические карты;
- данные предыдущих измерений в данной среде;
- обычные уровни поверхностной воды или воды в колодцах;
- продолжительные измерения в схожих водоносных горизонтах.

С.3 Гидрологические измерения для строительного проекта обычно содержат лишь сокращенный набор измерений. В таких случаях очень важно сделать прогноз предполагаемого давления грунтовых вод для конкретных проектных условий и строительной площадки. Подобный прогноз может основываться на вышеупомянутой модели и на данных продолжительных измерений грунтовых вод в схожем водоносном горизонте в том же самом районе, что и проектируемый объект, в сочетании с кратковременными измерениями непосредственно на площадке.

С.4 Благодаря использованию статистических методов стало возможным прогнозировать давление грунтовых вод в пределах нескольких килопаскалей, на основании данных 15-летних измерений в эталонной системе и трехмесячного периода измерений на реальной строительной площадке (рисунок С.1).

С.5 Возможно также имитировать колебания грунтовых вод посредством построения оценочной модели. Такая модель может основываться на данных об осадках и температуре воздуха. Кривая депрессии выстраивается по данным продолжительных измерений колебаний уровня грунтовых вод в данном районе.

ПРИМЕЧАНИЕ - Дополнительную информацию и примеры см. в разделе X.2.



1 - максимальные уровни грунтовых вод, измеренные в опытной (наблюдательной) скважине за 15 лет; 2 - минимальные уровни грунтовых вод, измеренные в опытной (наблюдательной) скважине за 15 лет; 3 - уровни грунтовых вод, измеренные в опытной (наблюдательной) скважине за год проведения наблюдения в прогнозируемой скважине при проведении испытаний на реальной площадке; 4 - прогнозируемый максимальный уровень грунтовых вод в прогнозируемой скважине при проведении испытаний на реальной площадке; 5 - прогнозируемый минимальный уровень грунтовых вод в прогнозируемой скважине при проведении испытаний на реальной площадке; 6 - измеренные значения уровня грунтовых вод в прогнозируемой скважине при проведении испытаний на реальной площадке за период времени с t_0 по t_1

ПРИМЕЧАНИЕ - На диаграмме слева представлены максимальный и минимальный уровни грунтовых вод для опытной (наблюдательной) скважины. На диаграмме справа показаны данные фактических измерений вместе с прогнозируемыми максимальными/минимальными уровнями грунтовых вод.

**Рисунок С.1 - Измеренные и прогнозируемые уровни грунтовых вод:
а - опытная (наблюдательная) скважина; б - прогнозируемая скважина**

Приложение D
(информационное)

Испытания грунта на плотность с использованием удельного сопротивления грунта погружению зонда

D.1 Пример определения значений эффективного угла внутреннего трения и модуля продольной упругости дренированных грунтов

(1) Таблица D.1 является примером, который можно использовать для определения значений эффективного угла внутреннего трения ϕ' и (долговременного) дренированного модуля упругости Юнга E' в зависимости от q_c для кварца и полевого шпата, при определении сопротивления грунта и осадок фундаментов мелкого заложения.

(2) Данный пример получен путем соотношения среднего значения q_c в слое со средними значениями ϕ' и E' .

Таблица D.1 - Пример определения значений эффективного угла внутреннего трения ϕ' и модуля упругости Юнга E' для дренированных кварца и полевого шпата по удельному сопротивлению грунта погружению зонда q_c

Характеристика грунта	Удельное сопротивление грунта погружению зонда q_c , МПа, (по данным статического зондирования)	Эффективный угол внутреннего трения ^{a)} ϕ' , град.	Модуль упругости Юнга дренированного грунта ^{b)} E' , МПа
Очень рыхлый	0,0–2,5	29–32	<10
Рыхлый	2,5–5,0	32–35	10–20
Средней плотности	5,0–10,0	35–37	20–30
Плотный	10,0–20,0	37–40	30–60
Очень плотный	>20,0	40–42	60–90

^{a)} Приведенные значения действительны для песков. Для илистого грунта следует уменьшить на 3°. Для гравия следует добавить 2°.

^{b)} E' представляет собой приближение к секущему модулю упругости, зависящему от напряжения и времени. Значения, приведенные для модуля упругости дренированных грунтов, соответствуют осадкам фундаментов за 10 лет. Они получены с предположением, что распределение вертикального напряжения соответствует соотношению 2:1.

Более того, некоторые исследования указывают на то, что эти значения могут быть на 50 % ниже для илистых грунтов и на 50 % выше для гравийных грунтов. В сверхуплотненных крупнообломочных грунтах этот модуль может быть значительно выше. При расчетах осадки для удельных давлений на грунт, составляющих более 2/3 проектного опорного давления в предельном состоянии, значение модуля должно задаваться как половина значения, приведенного в данной таблице.

ПРИМЕЧАНИЕ - Данный пример опубликован Бергдалем и др./Bergdahl et al./ в 1993 г. Дополнительную информацию см. в X.3.1.

D.2 Пример соотношения между удельным сопротивлением грунта погружению зонда и эффективным углом внутреннего трения

(1) Ниже приводится пример определения эффективного угла внутреннего трения ϕ' по удельному сопротивлению грунта погружению зонда q_c при испытаниях песчаных грунтов.

(2) Детерминированное соотношение выглядит следующим образом:

$$\phi' = 13,5 \lg q_c + 23,$$

где ϕ' - эффективный угол внутреннего трения, град.;

q_c - удельное сопротивление грунта погружению зонда, МПа.

Данное соотношение действительно для песков неоднородного гранулометрического состава $C_U < 3$ выше уровня грунтовых вод и для удельного сопротивления грунта погружению зонда в пределах $5 \leq q_c \leq 28$ МПа.

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример основан на результатах испытаний электрическим конусным пенетрометром, а также результатах лабораторных испытаний на трехосное сжатие.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Этот пример опубликован Штенцелем и др. в 1978 г., а также в DIN 4094-1:2002. Дополнительную информацию и документы с примерами см. X.3.1.

D.3 Пример метода определения осадки фундамента

(1) Ниже приводится пример полуэмпирического метода расчета осадки фундамента в крупнозернистых грунтах. Значение модуля упругости Юнга E' , определяемое по удельному сопротивлению грунта погружению зонда q_c , которое используется в данном методе, равно:

$E' = 2,5q_c$ - для осесимметричных (круглых и квадратных) фундаментов;

$E' = 3,5q_c$ - для ленточных фундаментов.

(2) Осадка фундамента s от нагрузки q определяется по формуле

$$s = C_1 C_2 \cdot (q - \sigma'_{v0}) \cdot \int_0^{z_1} \frac{I_z}{C_3 E'} dz,$$

где $C_1 = 1 - 0,5 \cdot [\sigma'_{v0} / (q - \sigma'_{v0})]$;

$C_2 = 1,2 + 0,2 \lg t$;

C_3 - поправочный коэффициент, зависящий от формы ленточного фундамента:

$C_3 = 1,25$ - для квадратных фундаментов;

$C_3 = 1,75$ - для ленточных фундаментов, где $L > 10B$;

σ'_{v0} - начальное эффективное вертикальное напряжение на уровне фундамента;

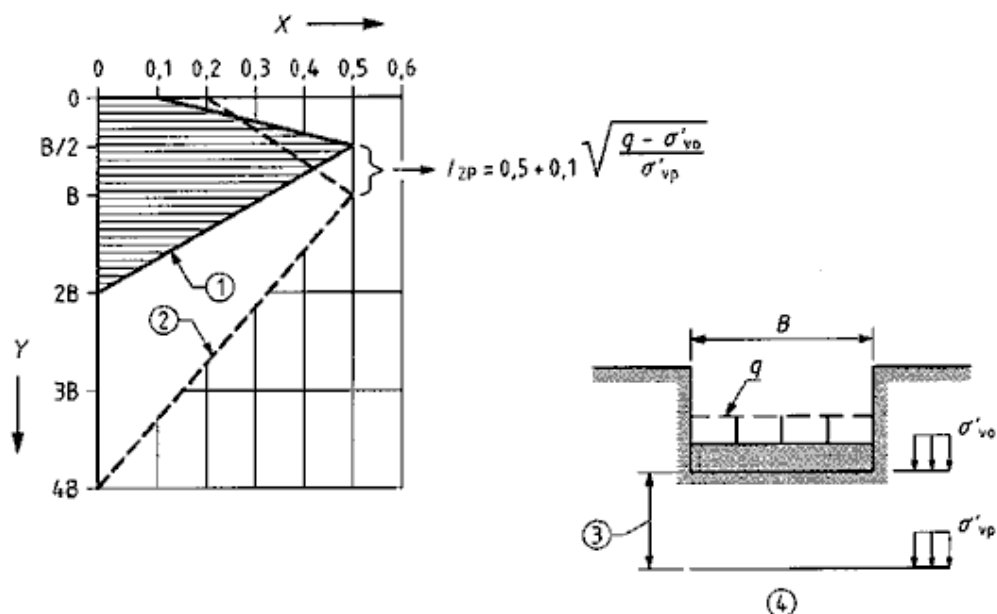
t - время, г.;

I_z - фактор воздействия напряжения (см. ниже).

(3) На рисунке D.1 приводится распределение фактора влияния вертикального напряжения I_z для осесимметричных (круглых и квадратных) и для ленточных фундаментов.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Данные удельные сопротивления грунта погружению конического зонда q_c в данном примере основаны на результатах измерений электрическим коническим пенетрометром.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Публикация примера: Шмертманн/Schmertmann/ (1970) и Шмертман и др./Schmertmann et al/ (1978). Дополнительную информацию и примеры см. X.3.1.



X - фактор влияния вертикального напряжения I_z для жестких фундаментов;

Y - относительная глубина под фундаментом;

1 - осесимметричным ($L/B = 1$); 2 - ленточным ($L/B > 10$);

3 - $B/2$ (осесимметричный) и B (ленточный); 4 - глубина до $I_{z,p}$

Рисунок D.1 - Диаграммы для фактора влияния напряжения
D.4 Пример соотношения между одометрическим модулем и удельным сопротивлением грунта погружению зонда

(1) В таблице D.2 приводятся примеры значений α (см. 4.3.4.1 (9), формула (4.3)) для различных типов грунтов как функции сопротивления зондированию.

ПРИМЕЧАНИЕ - Публикация примера: Санглерат/Sanglerat/ (1972). Дополнительную информацию и примеры см. X.3.1.

Таблица D.2 - Примеры значений α

Тип грунта	q_c	α
Тугопластичная глина	$q_c \leq 0,7$ МПа	$3 < \alpha < 8$
	$0,7 < q_c < 2$ МПа	$2 < \alpha < 5$
	$q_c \geq 2$ МПа	$1 < \alpha < 2,5$
Тугопластичный суглинок	$q_c < 2$ МПа	$3 < \alpha < 6$
	$q_c \geq 2$ МПа	$1 < \alpha < 2$
Мягкопластичная глина		
Мягкопластичный суглинок	$q_c < 2$ МПа	$2 < \alpha < 6$
	$q_c > 2$ МПа	$1 < \alpha < 2$
Суглинок с большим содержанием органики	$q_c < 1,2$ МПа	$2 < \alpha < 8$
Торф и глина с большим содержанием органики	$q_c < 0,7$ МПа	
	$50 < w \leq 100$	$1,5 < \alpha < 4$
	$100 < w \leq 200$	$1 < \alpha < 1,5$
	$w > 300$	$\alpha < 0,4$
Мелы	$2 < q_c \leq 3$ МПа	$2 < \alpha < 4$
	$q_c > 3$ МПа	$1,5 < \alpha < 3$

D.5 Примеры определения одометрического модуля по удельному сопротивлению грунта погружению зонда

(1) Здесь приводится пример определения одометрического модуля E_{oed} , зависящего от вертикального напряжения, который часто рекомендуется для расчета осадки фундамента и определяется следующий образом:

$$E_{oed} = w_1 p_a \cdot \left(\frac{\sigma'_{v0} + 0,5 \Delta \sigma'_v}{p_a} \right)^{w_2},$$

где w_1 - коэффициент жесткости;

w_2 - показатель жесткости;

$w_2 = 0,5$ - для песков с коэффициентом однородности $C_U \leq 3$;

$w_2 = 0,6$ - для тугопластичных глин ($I_P \leq 10$; $w_L \leq 35$);

σ'_{v0} - эффективные вертикальные напряжения в основании фундамента или на любой глубине под ним, вызванные перегрузкой грунта покровными пластами грунта;

$\Delta \sigma'_v$ - эффективные вертикальные напряжения в основании фундамента или на любой глубине под ним;

p_a - атмосферное давление;

I_P - показатель пластичности грунта;

w_L - предел текучести грунта.

(2) Значения коэффициента жесткости w_1 можно определить по удельному сопротивлению грунта погружению зонда, используя следующие формулы в зависимости от типа грунта:

- пески с неоднородным гранулометрическим составом ($C_U \leq 3$) над уровнем грунтовых вод:

$$w_1 = 167 \lg q_c + 113 \text{ (для диапазона: } 5 \leq q_c \leq 30 \text{);}$$

- пески с однородным гранулометрическим составом ($C_U > 6$) над уровнем грунтовых вод:

$$w_1 = 463 \lg q_c - 13 \text{ (для диапазона: } 5 \leq q_c \leq 30 \text{);}$$

- тугопластичные глины с консистенцией не менее ($0,75 \leq I_C \leq 1,30$) и над уровнем грунтовых вод, где I_C - показатель консистенции:

$$w_1 = 15,2q_c + 50 \text{ (для диапазона: } 0,6 \leq q_c \leq 3,5\text{)}.$$

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Пример основан на результатах испытаний электрическим конусным пенетрометром и лабораторных одометрических испытаниях грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Этот пример опубликован Штенцелем и др. в 1978 г. и Бидерманном/Biedermann/ (1984), а также в DIN 4094-1:2002. Дополнительную информацию и документы с примерами см. X.3.1.

D.6 Пример соотношения между пределом прочности при сжатии одиночной сваи и удельным сопротивлением грунта погружению зонда

(1) В таблицах D.3 и D.4 приведены примеры установленных зависимостей между результатами испытаний статической нагрузкой грунтов сваями и удельным сопротивлением погружению зонда для крупнозернистого грунта с малым количеством или отсутствием мелких фракций. Удельное сопротивление основания p_b и сопротивление грунта на боковой поверхности ствола p_s набивной бетонной сваи приводится как зависимость удельного сопротивления погружению зонда q_c (при статическом зондировании) и приведенной осадки оголовка сваи.

Таблица D.3 - Удельное сопротивление основания p_b набивных бетонных свай в крупнообломочных грунтах с малым количеством или отсутствием мелких фракций

Приведенная осадка $s/D_s; s/D_b$	Удельное сопротивление основания p_b , МПа, при среднем удельном сопротивлении погружению зонда q_c , МПа (статическое зондирование)			
	10	15	20	25
0,02	0,70	1,05	1,40	1,75
0,03	0,90	1,35	1,80	2,25
0,10 (= s_g)	2,00	3,00	3,50	4,00
ПРИМЕЧАНИЕ - Промежуточные значения определяются методом линейной интерполяции.				
В случае применения бетонных набивных свай с уширенной пятой значения следует умножать на 0,75.				
s - удельная осадка оголовка сваи;				
D_s - диаметр ствола сваи;				
D_b - диаметр пяты сваи;				
s_g - полная осадка оголовка сваи.				

Таблица D.4 - Удельное сопротивление грунта на боковой поверхности ствола p_s бетонных набивных свай в крупнообломочных грунтах с малым количеством или отсутствием мелких фракций

В мегапаскалях

Среднее удельное сопротивление погружению зонда q_c (статическое зондирование)	Удельное сопротивление грунта на боковой поверхности ствола p_s
0	0
5	0,040
10	0,080
≥ 15	0,120

ПРИМЕЧАНИЕ - Промежуточные значения определяются методом линейной интерполяции.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Пример основан на результатах испытаний посредством электрического пенетрометра.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 Пример опубликован в DIN 1054 (2003-01). Дополнительную информацию см. в X.3.1.

D.7 Пример определения предела прочности при сжатии (сопротивления сжатию) одиночной сваи

(1) Ниже приводится пример определения максимальной несущей способности одиночной сваи по значениям q_c , полученным с помощью электрического пенетрометра при статическом зондировании.

В случае переуплотнения грунта или при экскавации после статического зондирования, значения q_c следует уменьшить.

(2) Максимальная нагрузка сваи F_{\max} , МН, определяется следующим образом:

$$F_{\max} = F_{\max, \text{base}} + F_{\max, \text{shaft}},$$

где $F_{\max, \text{base}} = A_{\text{base}} p_{\max, \text{base}}$;

$$F_{\max, \text{shaft}} = C_p \cdot \int_0^{\Delta L} p_{\max, \text{shaft}, z} dz,$$

здесь A_{base} - площадь поперечного сечения пяты, м²;

C_p - периметр ствола в слое, в котором помещается пята сваи, м;

$F_{\max, \text{base}}$ - максимальная нагрузка, воспринимаемая пятой, МН;

$F_{\max, \text{shaft}}$ - максимальная нагрузка, воспринимаемая боковой поверхностью ствола, МН;

$p_{\max, \text{shaft}, z}$ - максимальное удельное сопротивление на боковой поверхности ствола на глубине z , МПа;

$p_{\max, \text{base}}$ - максимальное удельное сопротивление основания под пятой, МПа;

ΔL - расстояние от пяты сваи до низа первого слоя грунта над основанием с $q_c < 2$ МПа, м, причем ΔL менее длины до острия уширенной части сваи, если она имеется;

z - глубина, или вертикальное направление (положительное вниз).

Эквивалентный диаметр пяты D_{eq} , м, определяется по следующей формуле:

$$D_{eq} = 1,13a \cdot \sqrt{\frac{b}{a}},$$

где a - длина меньшей стороны пяты, м;

b - длина большей стороны, м, где $b \leq 1,5a$.

(3) Максимальное удельное сопротивление основания $p_{\max, \text{base}}$ можно определить по следующим формулам:

$$p_{\max, \text{base}} = 0,5\alpha_p \beta s \cdot \left\{ \frac{q_{c, I, \text{mean}} + q_{c, II, \text{mean}}}{2} + q_{c, III, \text{mean}} \right\},$$

$$p_{\max, \text{base}} \leq 15 \text{ МПа},$$

где α_p - коэффициент типа сваи, приведенный в таблице D.5;

β - коэффициент, учитывающий форму пяты сваи, как показано на рисунке D.3, определяется методом интерполяции между пределами, указанными на рисунке D.3;

s - коэффициент, учитывающий форму пяты сваи, который определяется по формуле

$$s = \left(1 + \frac{\sin \phi'}{r} \right) (1 + \sin \phi'),$$

здесь ϕ' - эффективный угол внутреннего трения;

$$r = L/B,$$

L - большая сторона острия прямоугольной сваи;

B - меньшая сторона острия прямоугольной сваи.

Таблица D.5 - Максимальные значения α_p и α_s для песков и гравийных песчаников

Тип сваи	α_p	α_s ^{a)}
Сваи со смещением грунта, диаметром >150 мм:		
готовые забивные сваи	1,0	0,010
бурунабивные сваи с заглублением стальной трубы с закрытым концом. Стальная труба извлекается во время бетонирования	1,0	0,012
Грунтовымищающие забивные сваи, диаметром >150 мм:		
буроинъекционные шнековые сваи	0,8	0,006 ^{b)}
бурунабивные сваи (с буровым раствором)	0,6	0,005

^{a)} Значения действительны для песков от мелкой до крупной фракций. Для очень крупных песков следует применять коэффициент 0,75; для гравелистых грунтов - 0,5.

^{b)} Данное значение используется в случае применения результатов зондирования коническим зондом (СРТ), проведенных перед установкой свай. Когда используются данные испытаний СРТ, проведенных вблизи бурунабивных свай, α_s можно увеличить до 0,01.

$q_{c,I,mean}$ - среднее значение $q_{c,I}$ по всей глубине от уровня основания сваи до уровня, который на как минимум 0,7 и на как максимум четыре диаметра основания сваи D_{eq} глубже (рисунок D.2):

$$q_{c,I,mean} = \frac{1}{d_{crit}} \cdot \int_0^{d_{crit}} q_{c,I} dz,$$

где $0,8D_{eq} < d_{crit} < 4D_{eq}$.

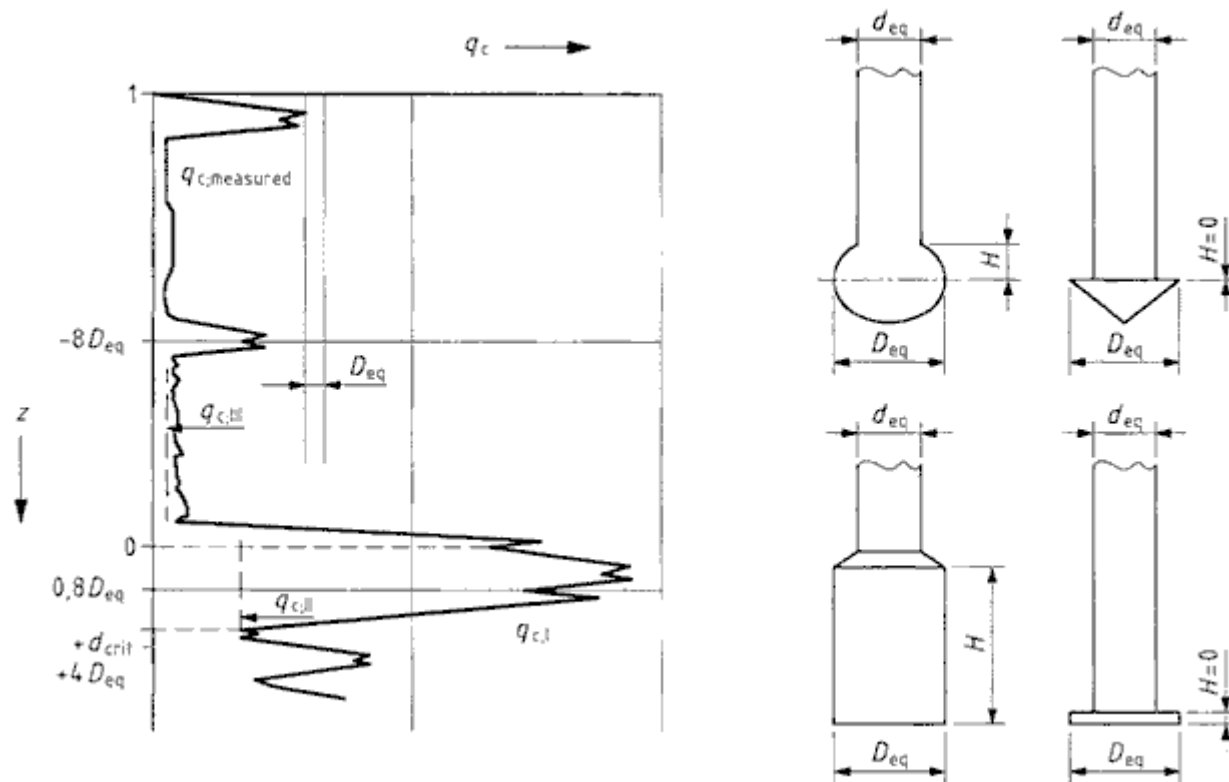


Рисунок D.2 - Разъяснение по $q_{c,I}$, $q_{c,II}$ и $q_{c,III}$

На критической глубине расчетное значение $p_{max,base}$ становится минимальным.

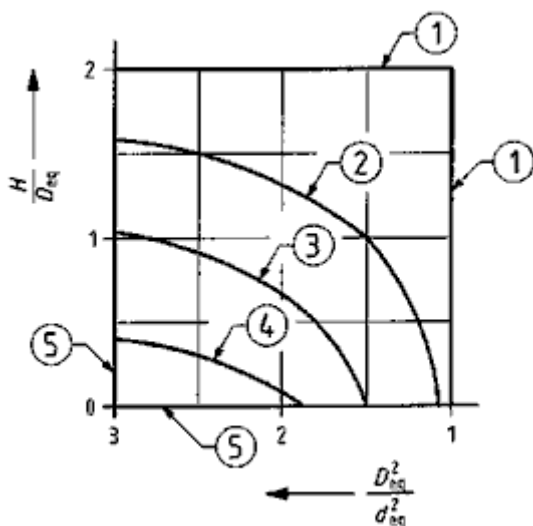
$q_{c,II,mean}$ - среднее значение из минимальных значений $q_{c,II}$ по всей глубине вверх от критической глубины до основания сваи (см. рисунок D.2):

$$q_{c,II,mean} = \frac{1}{d_{crit}} \cdot \int_{d_{crit}}^0 q_{c,II} dz.$$

$q_{c,III,mean}$ - среднее значение $q_{c,III}$ по интервалу глубины от уровня основания сваи до уровня над основанием сваи, в 8 раз превышающего диаметр сваи, или, в случае, когда $b > 1,5a$ до $8a$ выше основания сваи. Расчет начинается от минимального значения $q_{c,II}$, используемого для расчета $q_{c,II,mean}$ (см. рисунок D.2):

$$q_{c,III,mean} = \frac{1}{8D_{eq}} \cdot \int_0^{-8D_{eq}} q_{c,III} dz.$$

Для буроинъекционных шнековых свай $q_{c,III,mean}$ не должно превышать 2 МПа, кроме случаев, когда результаты зондирования коническим зондом (СРТ), проведенных на расстоянии менее 1 м от сваи после монтажа сваи, используются для расчета предела прочности при сжатии (сопротивления смятию).



1 - кривая 1, $\beta = 1,0$; 2 - кривая 2, $\beta = 0,9$;
3 - кривая 3, $\beta = 0,8$; 4 - кривая 4, $\beta = 0,7$; 5 - кривая 5, $\beta = 0,6$

ПРИМЕЧАНИЕ - H , D_{eq} и d_{eq} - см. рисунок D.2.

Рисунок D.3 - Коэффициент, учитывающий форму пяты сваи β

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример опубликован в NEN 6743-1. Дополнительную информацию и примеры см. в X.3.1.

(4) Максимальное сопротивление $p_{\max, \text{shaft}, z}$ следует определять по формуле

$$p_{\max, \text{shaft}, z} = \alpha_s q_{c, z, a},$$

где α_s - коэффициент, принимаемый по таблицам D.5 и D.6;

$q_{c, z, a}$ - значение q_c на глубине z , МПа.

Если мощность слоя, у которого $q_{c, z} \geq 12$ МПа превышает 1 м, то $q_{c, z, a} \leq 15$ МПа.

Если мощность слоя, у которого $q_{c, z, a} > 12$ МПа менее 1 м, то $q_c \leq 12$ МПа.

Таблица D.6 - Максимальные значения α_s для глины, ила и торфа

Тип грунта	q_c , МПа	α_s
Глина	>3	$<0,030$
Глина	<3	$<0,020$
Ил		$<0,025$
Торф		0

Приложение Е
(информационное)

Прессиометрические испытания (РМТ)

Е.1 Пример метода расчета несущей способности (сопротивления сжатию) фундаментов мелкого заложения

(1) Ниже приводится пример способа расчета несущей способности фундаментов мелкого заложения, с использованием полуэмпирического метода и результатов испытаний прессиометром Менарда (МРМ).

(2) Несущая способность рассчитывается по формуле

$$R/A' = \sigma_{v0} + k \cdot (p_{LM} - p_0),$$

где R - сопротивление фундамента нормальным нагрузкам;

A' - эффективная площадь основания, определяемая по методу, описанному в EN 1997-1;

σ_{v0} - суммарное (начальное) вертикальное напряжение на уровне основания фундамента;

p_{LM} - предельное давление Менарда в основании фундамента мелкого заложения;

k - коэффициент несущей способности, приведенный в таблице Е.1;

$$p_0 = K_0 \cdot (\sigma_{v0} - u) + u,$$

здесь K_0 - стандартно равно 0,5;

σ_{v0} - суммарное (начальное) вертикальное напряжение на испытываемом уровне;

U - пластовое (поровое) давление воды на испытываемом уровне.

Таблица Е.1 - Корреляции для определения коэффициента несущей способности k для фундаментов мелкого заложения

Тип грунта	Категория по p_{LM}	p_{LM} , МПа	k
Глина и ил	А	<0,7	$0,8 \cdot [1 + 0,25 \cdot (0,6 + 0,4B/L) \cdot D_e/B]$
	В	1,2–2,0	$0,8 \cdot [1 + 0,35 \cdot (0,6 + 0,4B/L) \cdot D_e/B]$
	С	>2,5	$0,8 \cdot [1 + 0,50 \cdot (0,6 + 0,4B/L) \cdot D_e/B]$
Песок и гравий	А	<0,5	$[1 + 0,35 \cdot (0,6 + 0,4B/L) \cdot D_e/B]$
	В	1,0–2,0	$[1 + 0,50 \cdot (0,6 + 0,4B/L) \cdot D_e/B]$
	С	>2,5	$[1 + 0,80 \cdot (0,6 + 0,4B/L) \cdot D_e/B]$
Мел			$1,3 \cdot [1 + 0,27 \cdot (0,6 + 0,4B/L) \cdot D_e/B]$
Мергель и выветрелая порода			$[1 + 0,27 \cdot (0,6 + 0,4B/L) \cdot D_e/B]$
B - ширина фундамента; L - длина фундамента; D_e - эквивалентная глубина фундамента.			

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример опубликован Министерством жилищного и транспортного оборудования Франции/Ministère de l'Équipement du Logement et des Transport/ (1993). Дополнительную информацию и примеры см. Х.3.2.

Е.2 Пример метода расчета осадки фундаментов мелкого заложения

(1) Ниже приводится пример способа расчета осадки s фундаментов мелкого заложения, с использованием полуэмпирического метода, разработанного для испытаний прессиометром Менарда (МРМ):

$$s = (q - \sigma_{v0}) \cdot \left[\frac{2B_0}{9E_d} \cdot \left(\frac{\lambda_d B}{B_0} \right)^2 + \frac{\alpha \lambda_c B}{9E_c} \right],$$

где B_0 - эталонная ширина, равная 0,6 м;

B - ширина фундамента;

λ_d и λ_c - коэффициенты формы, указанные в таблице Е.2;

α - коэффициент, приведенный в таблице Е.3;

E_c - взвешенное значение E_M непосредственно под фундаментом;

E_d - гармоническая составляющая E_M во всех пластах до восьми ширин (B) ниже подошвы;

σ_{v0} - общее (начальное) вертикальное напряжение на уровне основания фундамента;

q - нормальное проектное напряжение, прилагаемое к фундаменту.

Таблица Е.2 - Коэффициенты формы λ_c и λ_d для определения осадки фундаментов мелкого заложения

L/B	Крулый	Квадранный	2	3	5	20
λ_d	1	1,12	1,53	1,78	2,14	2,65
λ_c	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

Таблица Е.3 - Корреляции для определения коэффициента α для фундаментов мелкого заложения

Тип грунта	Описание	E_M/p_{LM}	α
Торф			1
Глина	Переуплотненный	<16	1
	Нормально уплотненный	9–16	0,67
	Переуложенный	7–9	0,5
Ил	Переуплотненный	>14	0,67
	Нормально уплотненный	5–14	0,5
Песок		>12	0,5
		5–12	0,33
Песок и гравий		>10	0,33
		6–10	0,25
Скальный грунт	С множеством трещин и изломов		0,33
	Неизменившийся		0,5
	Выветрелый		0,67

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример опубликован Министерством жилищного и транспортного оборудования Франции/ Ministère de l'Équipement du Logement et des Transport/ (1993). Дополнительную информацию и примеры см. X.3.2.

Е.3 Пример метода расчета предела прочности при сжатии одиночной сваи

(1) Ниже приводится пример метода расчета предельной прочности при сжатии свай Q , при испытаниях прессиометром Менарда (МРМ), с использованием следующей формулы:

$$Q = Ak \cdot [p_{LM} - p_0] + P \cdot \Sigma[q_{s,i}z_i],$$

где A - площадь основания сваи, равная действительной площади для свай с закрытым концом и части действительной площади для труб с открытым концом;

p_{LM} - характерное значение предельного давления Менарда в основании сваи, скорректированное для любых слабых пластов, находящихся ниже;

P - периметр сваи;

$q_{s,i}$ - удельное сопротивление на боковой поверхности ствола сваи для i -го пласта грунта, указанное на рисунке Е.1 совместно с таблицей Е.5;

z_i - толщина i -го пласта грунта;

k - коэффициент предела прочности при сжатии, приведен в таблице Е.4;

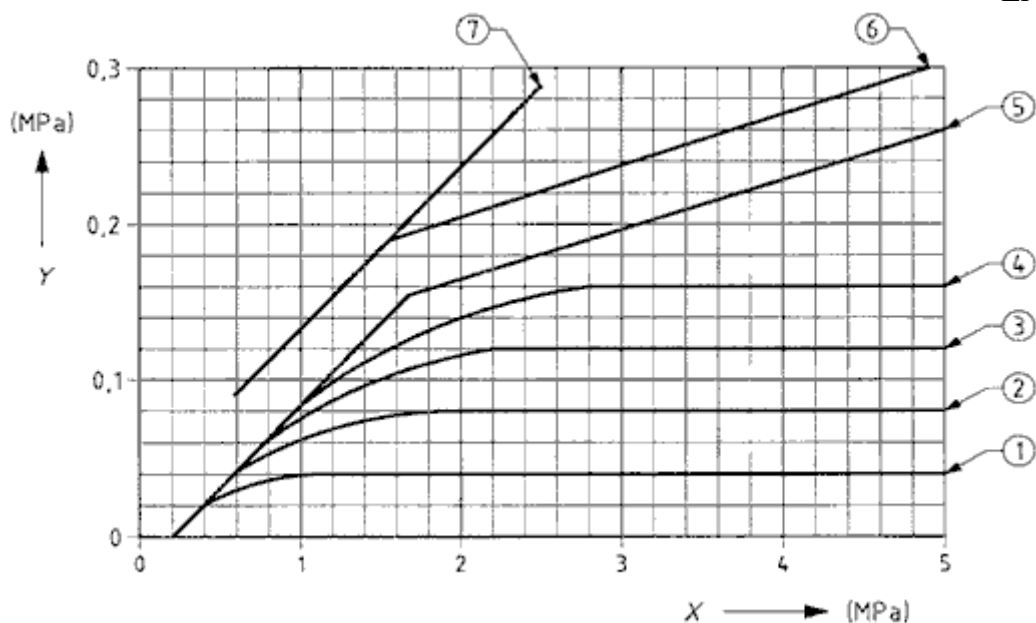
$$p_0 = K_0 \cdot (\sigma_{v0} - u) + u,$$

здесь K_0 - стандартно равно 0,5;

σ_{v0} - суммарное (начальное) вертикальное напряжение на испытываемом уровне;

U - пластовое (поровое) давление воды на испытываемом уровне.

ПРИМЕЧАНИЕ - Данный пример опубликован Министерством жилищного и транспортного оборудования Франции/Ministère de l'Équipement du Logement et des Transport/ (1993). Дополнительную информацию и примеры см. X.3.2.



X - предельное давление Менарда p_{LM} ;

Y - удельное сопротивление на боковой поверхности ствола сваи $q_{s,i}$;

1 – 7 - проектные кривые удельного сопротивления на боковой поверхности ствола сваи

**Рисунок Е.1 - Удельные сопротивления на боковой поверхности стволов
соосно нагруженных свай**

**Таблица Е.4 - Значения коэффициента предела прочности при сжатии k для соосно
нагруженных свай**

Тип грунта	Категория по p_{LM}	p_{LM} , МПа	Коэффициент предела прочности при сжатии k для свай	
			Буронабивных и забивных	Забивных с полным вытеснением грунта
Глина и ил	A	<0,7	1,1	1,4
	B	1,2–2,0	1,2	1,5
	C	>2,5	1,3	1,6
Песок и гравий	A	<0,5	1,0	4,2
	B	1,0–2,0	1,1	3,7
	C	>2,5	1,2	3,2
Мел	A	<0,7	1,1	1,6
	B	1,0–2,5	1,4	2,2
	C	>3,0	1,8	2,6
Мергель	A	1,5–4,0	1,8	2,6
	B	>4,5	1,8	2,6
Выветрелый скальный грунт	A	2,5–4,0	a)	a)
	B	>4,5	a)	a)
a) Выберите k для ближайшего типа грунта.				

Таблица Е.5 - Выбор расчетных кривых для удельного сопротивления на боковой поверхности ствола сваи

Тип сваи		Тип грунта											Выветрелый и скальный грунт
		глина и ил			песок и гравий			мел			мергель		
		Категория по p_{LM}											
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B			
Буронабивные сваи и кессоны	Без крепления стенок скважины	1	1/2	2/3	-		-	1	3	4/5	3	4/5	6
	Под защитой глинистой суспензии	1	1/2	1/2	1	1/2	2/3	1	3	4/5	3	4/5	6
	Временная обойма	1	1/2	1/2	1	1/2	2/3	1	2	3/4	3	4	-
	Постоянная обойма	1	1	1	1	1	2				2	3	-
Скважина ручного бурения		1	2	3	-	-	-	1	2	3	4	5	6
Забивные сваи	Стальная труба с закрытым концом	1	2	2	2	2	3				3	4	4
	Готовый бетонный элемент	1	2	2	3	3	3				3	4	4
	Набивные сваи	1	2	2	2	2	3	1	2	3	3	4	-
	Ствол с покрытием (стальная полость, заполненная бетоном ^{а)})	1	2	2	3	3	4				3	4	-
Заливные сваи	Низкого давления	1	2	2	3	3	3	2	3	4	5	5	-
	Высокого давления	1	4	5	5	5	6	-	5	6	6	6	7

^{а)} Профильная стальная свая трубчатого или *H*-образного сечения, с увеличенным башмаком, забивается с одновременной закачкой бетона (или цементного раствора) во внутреннюю полость.

Приложение F
(информационное)

Стандартные испытания грунта на пенетрацию (SPT)

F.1 Примеры корреляций между количеством ударов молота при стандартном методе зондирования грунта и степенью плотности

(1) Ниже приводятся примеры корреляций между количеством ударов молота и степенью плотности.

(2) Соотношение между количеством ударов молота N_{60} , степенью плотности $I_D = (e_{\max} - e)/(e_{\max} - e_{\min})$ и эффективным суммарным (начальным) напряжением σ'_{v0} (кПа $\cdot 10^{-2}$) в определенном песке можно представить в виде следующей формулы:

$$\frac{N_{60}}{I_D^2} = a + b\sigma'_{v0}.$$

Параметры a и b в нормально уплотненных песках почти постоянны при $0,35 < I_D < 0,85$ и $0,5 < \sigma'_{v0} < 2,5$, кПа $\cdot 10^{-2}$. (см. Скемpton/Skempton/ (1986), таблица 8).

(3) Для нормально уплотненных естественных отложений песка установлена корреляция между количеством ударов молота (залог) $(N_1)_{60}$ и I_D (см. таблицу F.1).

Таблица F.1 - Корреляция между стандартным количеством ударов гидроустановки $(N_1)_{60}$ и степенью плотности I_D

Характеристика грунта	Очень рыхлый	Рыхлый	Средней плотности	Плотный	Очень плотный
$(N_1)_{60}$	0–3	3–8	8–25	25–42	42–58
$I_D, \%$	0–15	15–35	35–65	65–85	85–100

Для $I_D > 0,35$ это соответствует $(N_1)_{60}/I_D^2 \cong 60$.

(4) Для мелкозернистых песков значения N следует уменьшать в соотношении 55:60, а для крупнозернистых песков - увеличивать в соотношении 65:60.

(5) Сопротивление песка деформации тем больше, чем длиннее период уплотнения. Эффект «старения» проявляется в большем количестве ударов молота и, возможно, вызывает увеличение параметра a .

Типичные результаты для нормально уплотненных песков приведены в таблице F.2.

Таблица F.2 - Эффект старения в нормально уплотненных мелкозернистых песках

	Возраст, лет	$(N_1)_{60}/I_D^2$
Лабораторные испытания	10^{-2}	35
Насыпные отложения	10	40
Естественные (природные) отложения	$>10^2$	55

(6) Переуплотнение увеличивает параметр b со следующим множителем:

$$\frac{1 + 2K_0}{1 + 2K_{0NC}},$$

где K_0 и K_{0NC} - соотношения напряжений в полевых условиях между горизонтальным и вертикальным эффективными напряжениями в переуплотненном песке и песке нормальной плотности соответственно.

(7) Все упомянутые выше корреляции установлены преимущественно для кварцевых песков. Их применение для более дробимых и уплотняемых песков, таких как известняковые пески или даже кварцевые пески, содержащие количество мелких частиц, которое нельзя не принять в расчет, может привести к недооценке степени плотности I_D .

ПРИМЕЧАНИЕ - Данные примеры опубликованы Скемптоном/Skempton/ (1986). Дополнительную информацию и примеры см. X.3.3.

Ф.2 Примеры определения эффективного угла внутреннего трения

(1) Таблица Ф.3 служит примером, который можно использовать для определения значений эффективного угла внутреннего трения кварцевых песков ϕ' по степени плотности I_D . На величину ϕ' также оказывает влияние угловатость частиц и уровень напряжения (таблица Ф.3).

Таблица Ф.3 - Корреляция между степенью плотности I_D и эффективным углом внутреннего трения кварцевых песков ϕ' , град.

Степень плотности I_D , %	Эффективный угол внутреннего трения ϕ' , град., для кварцевых песков					
	мелких		средних		крупных	
	однородных	хорошего гранулометрического состава	однородных	хорошего гранулометрического состава	однородных	хорошего гранулометрического состава
40	34	36	36	38	38	41
60	36	38	38	41	41	43
80	39	41	41	43	43	44
100	42	43	43	44	44	46

ПРИМЕЧАНИЕ - Данный пример опубликован инженерным корпусом сухопутных войск США в 1993 г. Дополнительную информацию и примеры см. Х.3.3.3.

Ф.3 Пример метода расчета усадки фундаментов мелкого заложения

(1) Здесь приводится пример эмпирического прямого метода расчета осадок в несвязном грунте фундаментов мелкого заложения.

(2) Осадка вследствие напряжений, величина которых ниже давления переуплотнения, принята как равная $1/3$ давления переуплотнения, соответствующего нормально уплотненному песку. Первичная осадка s_i , мм, квадратного основания шириной B , м, в случае переуплотненного песка определяется по формуле:

- если $q' \geq \sigma'_p$:

$$s_i = \sigma'_p B^{0.7} \cdot \frac{I_{cc}}{3} + (q' - \sigma'_p) \cdot B^{0.7} I_{cc},$$

где σ'_p - максимальное предшествующее эффективное давление обжатия, кПа;

q' - среднее эффективное давление на подошве фундамента;

$$I_{cc} = \alpha_f B^{0.7};$$

здесь α_f - сжимаемость грунтового основания фундамента: $\alpha_f = \Delta s_i / \Delta q'$, мм/кПа;

- если $q' \leq \sigma'_p$:

$$s_i = \sigma'_p B^{0.7} \cdot \frac{I_{cc}}{3},$$

а для нормально уплотненных песков:

$$s_i = (q' - \sigma'_p) \cdot B^{0.7} I_{cc}.$$

(3) Через регрессионный анализ имеющихся данных об осадке можно получить значение I_{cc} по следующей формуле:

$$I_{cc} = 1,71 / \bar{N}^{1.4},$$

где \bar{N} - среднее количество ударов при проведении стандартного метода испытаний грунтов на пенетрацию по всей значимой глубине.

Стандартная погрешность α_f варьируется примерно от 1,5 - для \bar{N} более 25, до 1,8 - для \bar{N} менее примерно 10.

(4) В данном конкретном эмпирическом методе для значения N не требуется делать поправки на пластовое избыточное давление. Также здесь не упоминается коэффициент энергии E_v , соответствующий значениям N . Считается, что влияние уровня грунтовых вод уже нашел отражение в измеренном количестве ударов при проведении стандартного метода испытаний грунтов на пенетрацию, но для

значения $N > 15$ для водонасыщенных мелкозернистых и илистых грунтов должна применяться поправка

$$N' = 15 + 0,5 \cdot (N - 15).$$

В гравийных и гравийно-песчаных грунтах количество ударов при проведении стандартного метода испытаний грунтов на пенетрацию следует увеличить на коэффициент примерно 1,25.

(5) Значение \bar{N} приводится как среднеарифметическое для измеренных значений N по всей значимой глубине $z_1 = B^{0,75}$, в пределах которой 75 % осадки происходит из-за случаев, когда N увеличивается или остается постоянным по глубине. Когда N стойко уменьшается по глубине, значимая глубина берется равной $2B$ или по низу мягкого слоя, в зависимости от того, что меньше.

(6) Для отношения длины к ширине (L/B) фундамента следует применить поправочный коэффициент f_s :

$$f_s = \left[\frac{1,25 \cdot \frac{L}{B}}{\frac{L}{B} + 0,25} \right]^2.$$

Значение f_s стремится к 1,56, в то время как L/B стремится к бесконечности. Для $D/B < 3$ не требуется применять поправочный коэффициент для глубины D .

(7) Фундаменты на песчаных и гравийных грунтах дают осадку, зависящую от времени. Для начальной осадки следует применять поправочный коэффициент f_t , определяемый по формуле

$$f_t = (1 + R_3 + R_t \lg t/3),$$

где f_t - поправочный коэффициент на время ($t \geq 3$ г.);

R_3 - зависящий от времени коэффициент, применяемый для осадки, происходящей в течение первых трех лет после строительства;

R_t - зависящий от времени коэффициент, применяемый для осадки, происходящей в течение каждого зарегистрированного цикла времени по истечении трех лет.

(8) Для статических нагрузок взятые с запасом значения R_3 и R_t равны соответственно 0,3 и 0,2. Таким образом, при $t = 30$ лет $f_t = 1,5$. Для переменных нагрузок (высокие дымовые трубы, мосты, силосные башни, турбины и т. д.) значения R_3 и R_t равны соответственно 0,7 и 0,8, в результате чего при $t = 30$ лет $f_t = 2,5$.

ПРИМЕЧАНИЕ - Данный пример опубликован Бурландом/Burland/ и Бербриджем/Burbridge/ в 1985 г. Дополнительную информацию и примеры см. X.3.3.

Приложение G
(информационное)

Динамическое зондирование

G.1 Примеры корреляционной зависимости между количеством ударов и степенью плотности

(1) Приведенные примеры определения степени плотности I_D по результатам динамического зондирования при различных значениях коэффициента однородности C_U (в интервале $3 < N_{10} < 50$):

- пески неоднородного гранулометрического состава ($C_U \leq 3$), залегающие выше грунтовых вод:

$$I_D = 0,15 + 0,260 \lg N_{10L} \text{ (DPL);}$$

$$I_D = 0,10 + 0,435 \lg N_{10H} \text{ (DPH);}$$

- пески неоднородного гранулометрического состава ($C_U \leq 3$), залегающие ниже грунтовых вод:

$$I_D = 0,21 + 0,230 \lg N_{10L} \text{ (DPL);}$$

$$I_D = 0,23 + 0,435 \lg N_{10H} \text{ (DPH);}$$

- пески однородного гранулометрического состава ($C_U \geq 6$), залегающие выше грунтовых вод:

$$I_D = -0,14 + 0,550 \lg N_{10H} \text{ (DPH).}$$

ПРИМЕЧАНИЕ - Эти примеры были опубликованы Стензель и др. (1978). Дополнительную информацию и примеры см. X.3.4.

G.2 Примеры корреляционной зависимости между эффективным углом внутреннего трения и степенью плотности

(1) Этот пример определения эффективного угла внутреннего трения ϕ' в зависимости от степени плотности I_D для расчета несущей способности крупнозернистых грунтов приведен в таблице G.1.

Таблица G.1 - Эффективный угол внутреннего трения ϕ' в зависимости от степени плотности I_D и коэффициента однородности C_U

Тип грунта	Состояние грунта	I_D , %	Характеристика грунта	Эффективный угол внутреннего трения ϕ' , град.
Мелкозернистый песок, гравийный песок, песчано-гравийные смеси	Пески неоднородного гранулометрического состава ($C_U < 6$)	15-35	Рыхлые	30
		35-65	Средней плотности	32,5
		>65	Плотные	35
Песок, песчано-гравийная смесь, щебень	Пески однородного гранулометрического состава ($6 \leq C_U \leq 15$)	15-35	Рыхлые	30
		35-65	Средней плотности	34
		>65	Плотные	38

ПРИМЕЧАНИЕ - Этот пример был опубликован в DIN 1054-100. Дополнительную информацию и примеры см. X.3.4.

G.3 Примеры установления зависимости между результатами определения одометрического модуля и динамического зондирования

(1) Ниже приводится пример, демонстрирующий образование вертикальных напряжений в зависимости от одометрического модуля E_{oed} , рекомендуемый для определения осадок ленточных фундаментов и определяемый по формуле:

$$E_{oed} = w_1 p_a \cdot \left(\frac{\sigma'_v + 0,5 \Delta \sigma'_v}{p_a} \right)^{w_2},$$

где w_1 - коэффициент жесткости;

w_2 - показатель жесткости:

$w_2 = 0,5$ - для песков с коэффициентом однородности $C_U \leq 3$;

$w_2 = 0,6$ - для глин с показателем пластичности $I_P \leq 10$; $w_L \leq 3$;

σ'_v - эффективные вертикальные напряжения по подошве фундамента или на любой глубине под ним в исследуемом грунте;

$\Delta\sigma'_v$ - эффективные вертикальные напряжения от нагрузок на подошву фундамента или на любой глубине под ним в исследуемом грунте;

p_a - атмосферное давление;

I_p - показатель пластичности;

w_L - предел текучести.

(2) Значения коэффициента жесткости w_1 могут быть получены по результатам испытаний ДР с использованием, например, следующих формул, в зависимости от типа грунта:

- неоднородный песок ($C_U \leq 3$), залегающий выше грунтовых вод:

$$w_1 = 214 \lg N_{10L} + 71 \text{ (DPL, при } 4 \leq N_{10L} \leq 50);$$

$$w_1 = 249 \lg N_{10H} + 161 \text{ (DPH, при } 3 \leq N_{10H} \leq 10);$$

- низкопластичные глины с $0,75 < I_C < 1,30$ и залегающие выше грунтовых вод (I_C - показатель консистенции):

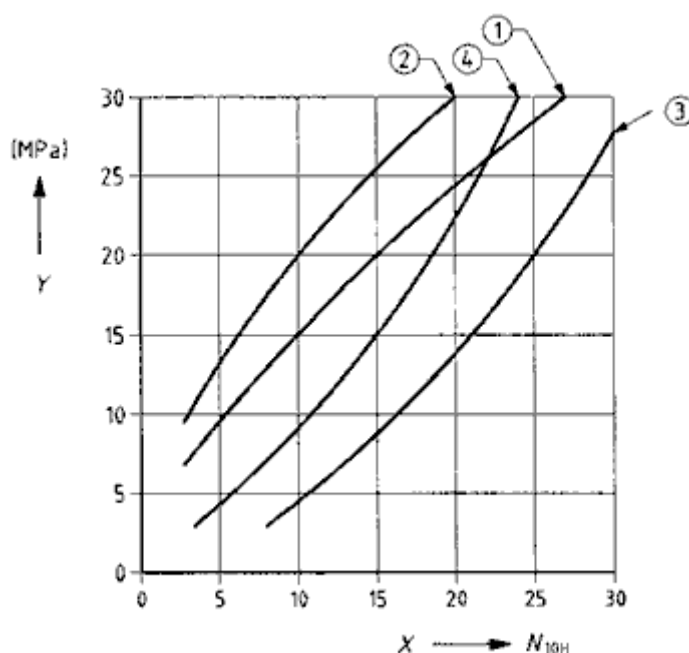
$$w_1 = 4N_{10L} + 30 \text{ (DPL, при } 6 \leq N_{10L} \leq 19);$$

$$w_1 = 6N_{10H} + 50 \text{ (DPH, при } 3 \leq N_{10H} \leq 13).$$

ПРИМЕЧАНИЕ - Эти примеры были опубликованы Стензель и др., и Бидерманн (1984), и DIN 4094-3:2002. Дополнительную информацию и примеры см. X.3.4.

G.4 Примеры зависимости между результатами статического и динамического зондирования

(1) Это пример определения удельного сопротивления грунта погружению зонда q_c в песке и песчано-гравийной смеси по результатам динамического зондирования (DPH) для определения несущей способности вертикально нагруженных свай получен по результатам статических испытаний (см. рисунок G.1, 4.3.4.2 (1)Р и раздел D.6).



X - количество ударов; Y - удельное сопротивление грунта погружению зонда q_c ;

1 - неоднородных песков выше уровня грунтовых вод; 2 - неоднородных песков ниже уровня грунтовых вод; 3 - однородных песков выше уровня грунтовых вод;

4 - однородных песков ниже уровня грунтовых вод

Рисунок G.1 - График зависимости между количеством ударов N_{10H} и удельным сопротивлением грунта погружению зонда q_c для неоднородных и однородных песков

ПРИМЕЧАНИЕ - Этот пример был опубликован Стензель и др. (1978), и DIN 4094-3. Дополнительную информацию и примеры см. X.3.4.

G.5 Пример определения корреляционной зависимости между количеством ударов разных установок для динамического зондирования

(1) Это пример определения зависимости между количеством ударов N_{10L} динамического зондирования (DPL) и количеством ударов N_{10H} динамического зондирования песков для неоднородных песков ($C_U < 3$), расположенных выше уровня грунтовых вод:

а) исходные данные - результаты DPH:

$$N_{10L} = 3N_{10H} \quad - \text{ для } 3 \leq N_{10H} \leq 20;$$

б) исходные данные - результаты DPL:

$$N_{10H} = 0,34N_{10L} \quad - \text{ для } 3 \leq N_{10L} \leq 20.$$

ПРИМЕЧАНИЕ - Эти примеры были опубликованы Стензель (1978), и Бидерманн (1984), и DIN 4094-3:2002. Для глин см. Бутчера А. П., МакЭльмель К., Пауэль Дж. Дж. М. (1995). Дополнительную информацию и примеры см. X.3.4.

Приложение Н
(информационное)

Испытания статической нагрузкой (WST)

(1) В настоящем приложении рассматривается пример определения значений эффективного угла внутреннего трения ϕ' и модуля упругости Юнга E' (для дренированных скальных грунтов), полученных по результатам испытаний на сопротивление сдвигу под действием статической нагрузки на основании шведских исследований. Этот пример показывает корреляцию между средними значениями сопротивления сдвигу в слое и средними значениями ϕ' и E' (таблица Н.1).

Таблица Н.1 - Значения эффективного угла внутреннего трения ϕ' и модуля упругости Юнга E' для дренированных кварца и полевого шпата по результатам шведских исследований

Характеристика грунта	Количество полуоборотов ^а при сдвиге/0,2 м	Эффективный угол внутреннего трения ^б ϕ' , град.	Модуль упругости Юнга дренированных скальных грунтов ^с E' , МПа
Очень рыхлые	0–10	29–32	<10
Рыхлые	10–30	32–35	10–20
Средней плотности	20–50	35–37	20–30
Плотные	40–90	37–40	30–60
Очень плотные	>80	40–42	60–90

^а) Перед определением наиболее близкой плотности сопротивление сдвигу в илистых почвах определяется с коэффициентом 1,3.

^б) Приведенные значения относятся к песчаным грунтам. Для илистых грунтов эффективный угол внутреннего трения должен быть уменьшен на 3° , а для гравия - увеличен на 2° .

^с) Модуль упругости Юнга E' - секущая аппроксимация к кривой напряжений от времени. Значения, установленные для модуля дренированного сдвига соответствуют осадке после 10 лет. Они получены из предположения, что вертикальные напряжения распределяются приблизительно в соотношении 2:1. Кроме того, некоторые исследования показывают, что приведенные значения могут быть на 50 % менее в илистых грунтах и на 50 % более в щебенистых (гравелистых) грунтах. В переуплотненном крупнозернистом грунте модуль может быть значительно больше. При определении осадки, если давление грунта превышает $2/3$ проектного давления в предельном состоянии, модуль упругости необходимо применять с коэффициентом 0,5.

(2) Если известны только результаты испытаний на сдвиг, то значение угла внутреннего трения модуля упругости Юнга в таблице Н.1 следует принимать минимальным.

(3) При оценке результатов исследований воздействия статической нагрузкой для применения в таблице Н.1, приведенные в примере пиковые значения для камней или гальки не должны учитываться. Такие пиковые значения являются общими для исследований с применением метода воздействия статической нагрузкой в гравии.

ПРИМЕЧАНИЕ - Этот пример был опубликован Бергхальдом и др. (1993). Дополнительную информацию и примеры см. Х.3.5.

Приложение I
(информационное)

Полевые испытания грунта методом вращательного среза (FVT)

I.1 Примеры определения поправочных коэффициентов для определения недренированного сопротивления сдвигу (без дренажа)

(1) Пример определения поправочных коэффициентов к результатам полевых испытаний на сдвиг крыльчаткой для получения недренированного сопротивления сдвигу c_u по измеренным значениям $c_{f,v}$ в ходе полевых испытаний грунта методом вращательного среза см. в разделах I.2 – I.5. В основном эти коэффициенты базируются на анализе (методом бэкстриппинга) разрушений набережных и испытаний нагрузкой в мягкой глине. Все эти испытания приводят к получению значений поправочных коэффициентов μ , которые используются в следующей формуле для недренированной прочности на сдвиг:

$$c_u = \mu c_{f,v},$$

где $c_{f,v}$ - недренированное сопротивление срезу, полученное по результатам полевых испытаний методом вращательного среза;

μ - поправочный коэффициент.

(2) Приведенная формула должна быть основана на локальных местных экспериментах на реальных видах глины. Необходимо отметить, что дренированное сопротивление сдвигу с дренажом может быть меньше, чем недренированное.

ПРИМЕЧАНИЕ - Для получения дополнительной информации см. X.3.6.

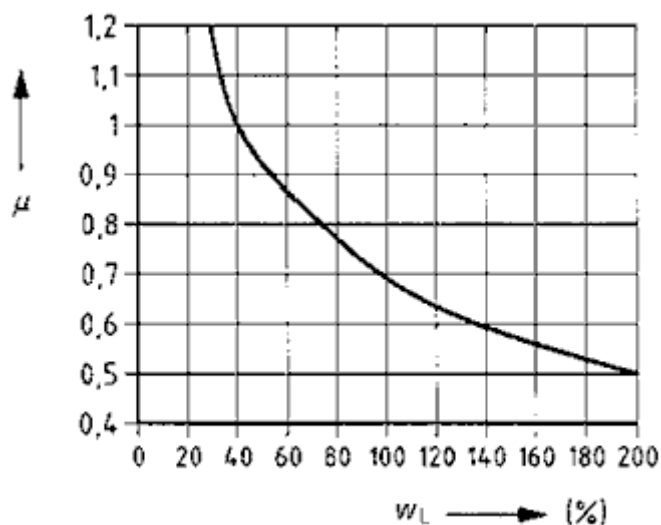
I.2 Пример определения поправочного коэффициента μ по пределам пластичности Аттерберга

(1) Для мягких нормально уплотненных глин поправочный коэффициент μ зависит от предела пластичности или показателя пластичности. Корреляционная кривая представлена на рисунке I.1.

(2) Поправочный коэффициент больше чем 1,2 не должен быть использован без дополнительных исследований.

(3) В трещиноватых глинах значение поправочного коэффициента может равняться 0,3. В трещиноватых глинах недренированная прочность на сдвиг должна быть определена параллельно с другими методами.

ПРИМЕЧАНИЕ - Датский геотехнический институт (1959) приводит примеры поправочных коэффициентов в трещиноватых глинах. Для получения дополнительной информации см. X.3.6.



**Рисунок I.1 - Определение поправочного коэффициента для $c_{f,v}$
По пределу текучести w_L глин нормальной консолидации**

ПРИМЕЧАНИЕ - Рисунок I.1 был опубликован Ларссон и др. (1984). Для получения дополнительной информации X.3.6.

I.3 Пример определения поправочного коэффициента μ по пределам пластичности Аттерберга и состоянию консолидации

(1) Данная зависимость связывает показатель пластичности I_p и эффективные вертикальные напряжения σ'_{v0} в грунте. Кривые зависимостей приведены на рисунке I.2.

ПРИМЕЧАНИЕ - Данный рисунок был опубликован Аас (Aas) (1979). Для получения дополнительной информации см. X.3.6.

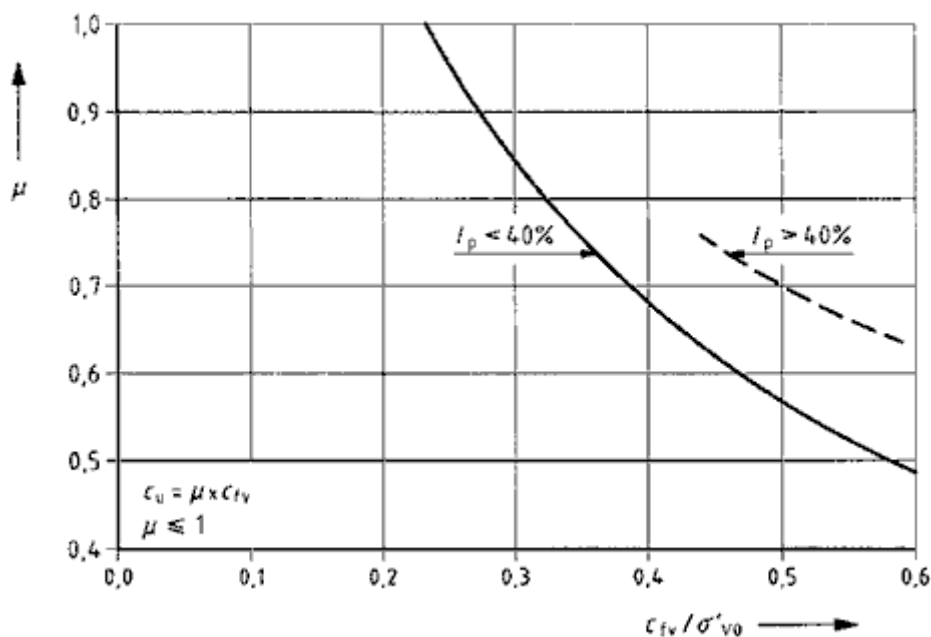


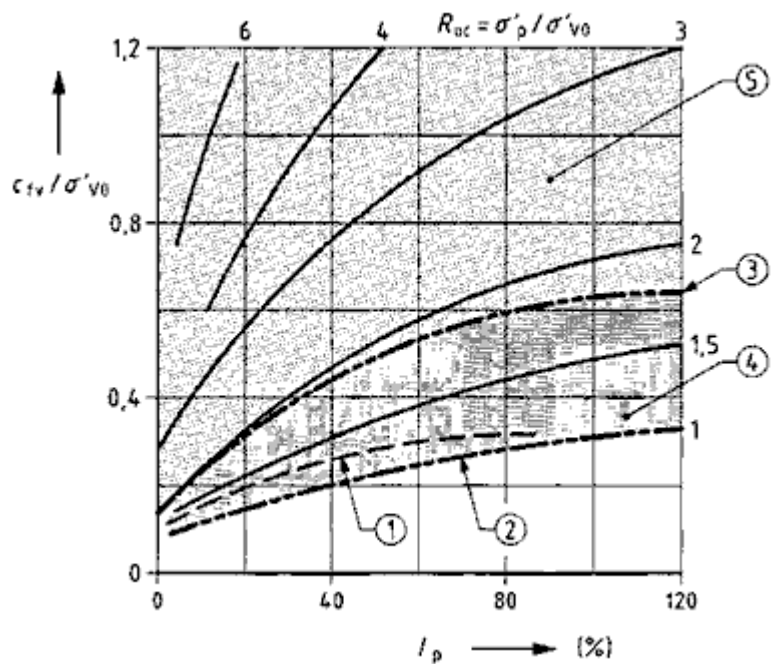
Рисунок I.2 - Определение поправочного коэффициента для c_{fv} по показателю пластичности и эффективным вертикальным напряжениям σ'_v для сильно консолидированных глин

I.4 Пример определения поправочного коэффициента μ на основании пределов пластичности Аттерберга и состояния консолидации

(1) Эта зависимость была разработана для того, чтобы учесть последствия и влияние чрезмерного уплотнения.

(2) Определение того, находится ли глинистый грунт в уплотненном состоянии, проводится с использованием зависимостей, показанных на рисунке I.3 (т. е. отношение между сопротивлением срезу c_{fv} , полученному по вращению крыльчатки, и эффективным вертикальным напряжениями σ'_{v0} , а также показателем пластичности I_p (для глинистых грунтов)). Если соответствующие параметры находятся в диапазоне между кривыми для «молодых» и «старых» глин, то такие глины считаются нормально консолидированными (NC), если же значения находятся над чертой «старых» глин, то такие грунты считаются чрезмерно консолидированными (OC).

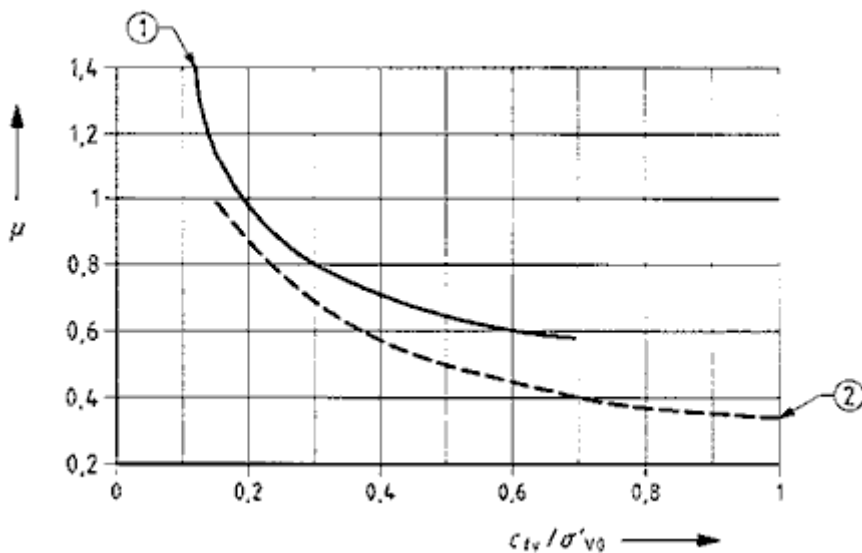
(3) Нормально консолидированные грунты затем корректируются в соответствии с приведенной на рисунке I.4 кривой NC, а чрезмерно консолидированные корректируются в соответствии с кривой OC.



- 1 - кривые по рисунку I.2; 2 - нижний предел «молодых» глин;
3 - верхний предел «молодых» глин, нижний предел «старых» глин;
4 - диапазон нормально консолидированных глин (NC);
5 - диапазон чрезмерно консолидированных глин (OC)

Рисунок I.3 - Схема разделения нормально консолидированных и чрезмерно консолидированных глин

ПРИМЕЧАНИЕ - Этот пример был опубликован Аас (Aas) и др. (1986). Для получения дополнительной информации см. X.3.6.



- 1 - нормально консолидированные глины (NC);
2 - чрезмерно консолидированные глины (OC)

Рисунок I.4 - Корреляционная зависимость между нормально консолидированными чрезмерно консолидированными глинами

1.5 Пример определения поправочного коэффициента μ по пределам пластичности Аттерберга и состоянию консолидации

(1) Эта зависимость была также представлена для того, чтобы принимать во внимание влияние и последствия чрезмерной консолидации.

(2) Поправочный коэффициент μ для нормально консолидированных и слегка переуплотненных глин определяется по формуле:

$$\mu = \left(\frac{0,43}{w_L} \right)^{0,45} \geq 0,5 ,$$

где w_L - предел текучести.

(3) В глинах с коэффициентом повышенной консолидации больше чем 1,3 поправочный коэффициент μ определяется по формуле:

(4)

$$\mu = \left(\frac{0,43}{w_L} \right)^{0,45} \cdot \left(\frac{R_{OC}}{1,3} \right)^{1,5} ,$$

где R_{OC} - коэффициент повышенной консолидации.

ПРИМЕЧАНИЕ - Эта формула вытекает из исследований Ларсона и Анеберга (Larsson и Ahnberg) (2003). Для получения дополнительной информации см. X.3.6.

(4) Если коэффициент повышенной консолидации не был определен, то он может быть найден эмпирически из отношения:

$$c_{f,v} = 0,45 w_L \sigma'_p .$$

Тогда поправочный коэффициент μ определяется по формуле:

$$\mu = \left(\frac{0,43}{w_L} \right) \cdot \left(\frac{c_{f,v}}{0,58 w_L \sigma'_{v0}} \right)^{0,15} .$$

ПРИМЕЧАНИЕ - Эта формула вытекает из исследований Хансбо (Hansbo) (1957). Для получения дополнительной информации см. X.3.6.

Приложение J
(информационное)

Испытания плоским дилатометром (DMT)

(1) В настоящем приложении приводится пример корреляционной зависимости между E_{oed} и результатами DMT. Данные корреляционной зависимости могут быть использованы для определения значения q по одометрическому модулю ($E_{oed} = d\sigma'/d\varepsilon$), полученных по результатам DMT:

$$E_{oed} = R_M E_{DMT},$$

где R_M - определяется или по результатам местных испытаний, или с помощью следующих соотношений, если:

$$I_{DMT} \leq 0,6 - \text{то } R_M = 0,14 + 2,36 \lg K_{DMT};$$

$$0,6 < I_{DMT} < 3 - \text{то } R_M = R_{M0} + (2,5 - R_{M0}) \cdot \lg K_{DMT}, \text{ где } R_{M0} = 0,14 + 0,15 \cdot (I_{DMT} - 0,6);$$

$$3,0 \geq I_{DMT} > 10 - \text{то } R_M = 0,5 + 2 \lg K_{DMT};$$

$$K_{DMT} > 10 - \text{то } R_M = 0,32 + 2,18 \lg K_{DMT};$$

$$K_{DMT} < 0,85 \text{ получено по вышеуказанным зависимостям} - \text{то } R_M = 0,85,$$

здесь I_{DMT} - коэффициент материала, полученный по показателю дилатометрии;

K_{DMT} - коэффициент для определения горизонтальных напряжений, полученный по результатам дилатометрических испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ - Этот пример был опубликован Марчетти (Marchetti) (2001). Для получения дополнительной информации и примеров расчета см. X.3.7.

Приложение К
(информационное)

Штамповые испытания (PLT)

К.1 Пример определения недренированного сопротивления сдвигу

(1) Ниже приведен пример определения недренированного сопротивления сдвигу c_u :

$$c_u = \frac{p_u - (\gamma z)}{N_c},$$

где p_u - конечное контактное давление, полученное по штамповым испытаниям PLT;

γz - общее напряжение (плотность, умноженная на глубину), определенное по испытаниям в скважине. Диаметр скважины должен в 3 раза превышать диаметр или ширину плиты;

N_c - коэффициент несущей способности; для круглых плит:

$N_c = 6$ (обычно для испытаний PLT, проводимых на поверхности грунта);

$N_c = 9$ (обычно для испытаний PLT, проводимых в скважинах, на глубине более четырех диаметров или ширины штампа).

ПРИМЕЧАНИЕ - Этот пример был опубликован Марсланд (Marsland) (1972). Дополнительную информацию и примеры см. X.3.8.

К.2 Пример определения модуля, получаемого по результатам штамповых испытаний

(1) Ниже приведена формула для определения модуля, получаемого по результатам штамповых испытаний E_{PLT} (секущий модуль).

(2) Для проведения штамповых испытаний на уровне земной поверхности или в котловане, когда меньшая его ширина/диаметр по крайней мере в 5 раз превышает диаметр штампа, модуль получаемый по результатам штамповых испытаний E_{PLT} может быть определен по формуле

$$E_{PLT} = \frac{\Delta p}{\Delta s} \cdot \frac{\pi b}{4} \cdot (1 - \nu^2),$$

где Δp - выбранный диапазон применяемых контактных давлений;

Δs - изменение суммарной осадки в соответствии с изменением контактных давлений Δp , включая осадки ползучести;

b - диаметр штампа;

ν - коэффициент Пуассона, соответствующий условиям испытаний.

(3) Если коэффициент Пуассона не был определен другим способом, то его принимают равным:

0,5 - для недренированных мелкозернистых грунтов;

0,3 - для крупнозернистых грунтов.

(4) Если исследования проводились в забое скважины, то значение E_{PLT} может быть определено по формуле

$$E_{PLT} = \frac{\Delta p}{\Delta s} \cdot \frac{\pi b}{4} \cdot (1 - \nu^2) \cdot C_z,$$

где C_z - коэффициент влияния глубины, который определяется как отношение глубины приложения нагрузки к соответствующей осадке от нагрузки на поверхности; пример предлагаемых значений - см. рисунок К.1.

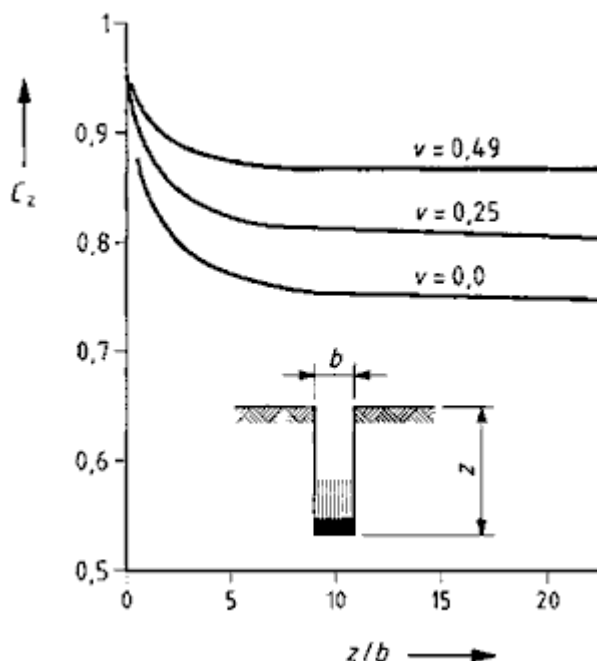


Рисунок К.1 - Коэффициент влияния глубины C_z в зависимости от отношения диаметра b к глубине z по результатам испытаний PLT, полученным с применением равномерных круговых нагрузок на незакрепленный ствол

ПРИМЕЧАНИЕ - Этот пример был опубликован Burland (1969). Дополнительную информацию и примеры см. X.3.8.

К.3 Пример расчета коэффициента отпора грунта

(1) Коэффициент отпора грунта k_s может быть определен по формуле:

$$k_s = \frac{\Delta p}{\Delta s},$$

где Δp - выбранный диапазон применяемых контактных давлений;

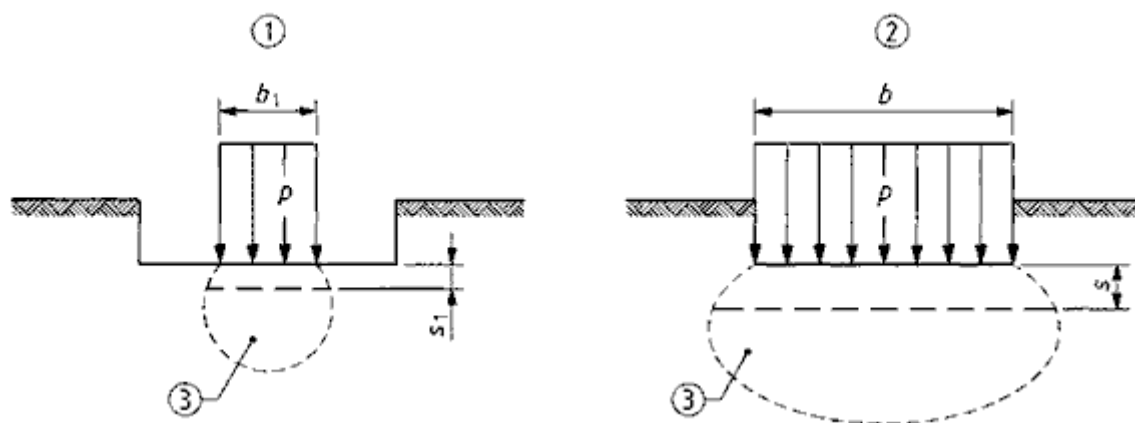
Δs - изменение суммарной осадки в соответствии с выбранным диапазоном контактных давлений, включая осадки ползучести.

(2) При расчете k_s необходимо указывать размеры плит (штампов).

ПРИМЕЧАНИЕ - Этот пример был опубликован Bergdahl (1993). Для получения дополнительной информации см. X.3.8.

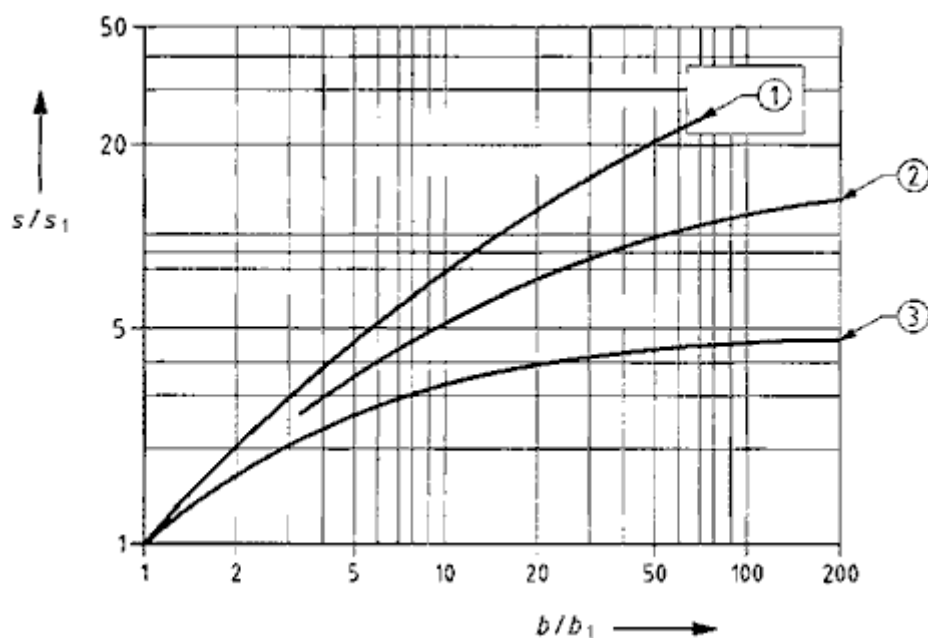
К.4 Пример метода определения осадок ленточных фундаментов на песчаном грунте

(1) Данный пример описывает непосредственное определение осадок. Осадка оснований на песчаных грунтах может быть получена эмпирическими методами в зависимости от коэффициентов, приведенных на рисунке К.3, если грунты оснований под подошвой фундамента расположены на глубине больше двух его ширины, то ширина принимается такой же, как и под штампом (рисунок К.2).



b_1 - ширина штампа; b - ширина фундамента; p - нагрузка;
 s - прогнозируемая осадка фундамента; s_1 - осадка, измеренная при проведении PLT;
1 - штамп; 2 - фундамент; 3 - зона влияния

Рисунок К.2 - Зона влияния под штампом и фундаментом



b/b_1 - отношение ширин; s/s_1 - отношение осадок;
1 - рыхлые грунты; 2 - средней плотности грунты; 3 - плотные грунты

Рисунок К.3 - График для расчета осадки фундаментов по результатам штамповых испытаний

ПРИМЕЧАНИЕ - Этот пример был опубликован Bergdahl и др. (1993). Дополнительную информацию и примеры см. X.3.8.

Приложение L
(информационное)

Подробная информация о подготовке образцов грунта для испытаний

L.1 Введение

(1) Подробно порядок подготовки образцов изложен в тексте стандарта CEN/TC 341, который основан на методиках испытаний, рекомендованных Европейским техническим комитетом № 5 по лабораторным испытаниям (ETC 5) Международного общества механики грунтов и инженерной геологии. Основные требования изложены в настоящем приложении.

L.2 Подготовка нарушенных грунтов к испытаниям

L.2.1 Сушка грунта

(1) Обычно грунт не следует предварительно сушить для испытаний, кроме специально оговоренных случаев, и он должен использоваться в естественном состоянии. Когда требуется сушка грунта, следует использовать один из следующих способов:

- печную сушку до постоянной массы в вентилируемой камере при температуре $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- печную сушку в вентилируемой камере при заданной температуре менее $100 ^\circ\text{C}$ (т. е. частичная сушка, поскольку при более низкой температуре она не должна быть полной);
- воздушную сушку (частичную) с выдержкой на воздухе при комнатной температуре, с вентилятором или без вентилятора.

L.2.2 Размельчение

(1) Степень необходимого размельчения и обработка какого-либо оставшегося сцементированного материала должны соответствовать конкретным требованиям и условиям, о чем должно быть указано в отчете. В частности, размельчение и обработка материала образца должны производиться при естественной влажности грунта.

(2) Слипшиеся частицы должны быть разъединены без разрушения отдельных частиц. Воздействие должно быть не более сильным, чем при ударе пестом с резиновой головкой. Особую осторожность следует проявлять, когда частички грунта рыхлые и слабокрепкие. Если необходимо приготовить большое количество грунта, то размельчение должно производиться порциями.

L.2.3 Разделение на отдельные образцы

(1) Размельченный грунт следует тщательно размешать, прежде чем разделять на образцы. Процесс разделения следует повторять, пока не будут получены репрезентативные образцы для испытаний с заданной минимальной массой.

L.2.4 Масса нарушенного грунта (грунта с нарушенной структурой) для испытаний

(1) Минимальные массы нарушенного грунта, требующиеся для испытаний, указаны в таблице L.1. Там, где минимальная масса зависит от размеров самых крупных частиц, присутствующих в большом количестве, это соотносится с минимальной массой, необходимой для просеивания (обозначается как «MMS»), см. таблицу L.2.

(2) Требуемая масса, указанная в таблице L.1, позволяет приготовить один опытный образец с некоторым допуском на отходы, но не для крупноразмерных частиц. Когда для испытаний требуется только мелкая фракция грунта, приготовленный образец исходного грунта должен быть достаточно крупным, чтобы обеспечивать заданную массу необходимой фракции.

(3) Чтобы приготовить образцы для испытаний, требуется удалить крупные частицы из исходной пробы, при этом следует письменно зарегистрировать диапазон размеров и процент по массе удаленного сверхкрупного материала.

L.2.5 Подготовка грунта к уплотнению

(1) Грунт, подлежащий использованию для испытаний по уплотнению, следует предотвращать от высыхания. Если необходимо понизить влажность грунта, то это следует делать путем сушки на воздухе.

(2) Верхний предел допустимого размера частиц зависит от размера пресс-формы, которая будет использоваться. Частицы более крупные, чем указано ниже, следует удалить, прежде чем подготавливать грунт для испытаний (см. таблицу L.3).

Таблица L.1 - Масса грунта, необходимая для испытаний образцов грунта с нарушенной структурой

Испытание на:	Требуемая исходная масса, кг		Мин. масса приготовленного испытываемого образца при типе грунта		
			глина и ил	песок	гравийный грунт
Влагосодержание	Не менее чем в 2 раза превышающая массу образца		30 г	100 г	$D = 2-10$ мм MMS $D > 10$ мм 0,3MMS, мин. 500 г
Плотность частиц	0,1		10 г (размер частиц < 4 мм)		
Размер зерен при: просеивании	2MMS		MMS		
осаждения:					
гидрометром	0,25		50 г	100 г	
пипеткой	0,1		12 г	30 г	
Пределы консистенции	0,5		300 г (размер частиц < 0,4 мм)		
Степень плотности	8		а)		
Дисперсность	0,4		а)		
Уплотнение	S	NS	а)		
Пресс-форма «Proctor»	25	10			
Пресс-форма «CBR»	80	50			
CBR	6		а)		
Проницаемость ^{б)} при диаметре, мм:			а)		
100	4				
75	3				
50	0,5				
38	0,25				

Обозначения:

D - максимальный диаметр частиц в значительной доле грунта (10 % по сухой массе или более);

MMS - минимальная масса, подлежащая отбору для просеивания (см. таблицу L.2);

NS - частички грунта, не поддающиеся крошению;

S - частички грунта, подверженные крошению во время уплотнения.

^{а)} Масса образца зависит от поведения грунта во время испытаний.

^{б)} Образцы для испытаний на проницаемость с высотой от равной до вдвое большей, чем диаметр.

Таблица L.2 - Минимальная масса для просеивания

Макс. диаметр частиц D , мм	Мин. масса для просеивания (MMS), кг
75	120
63	70
45	25
37,5	15
31,5	10
22,4	4
20	2
16	1,5
11,2	0,60
10	0,50
8	0,40
5,6	0,25
4	0,20
2,8	0,15
≤ 2	0,10

Таблица L.3 - Допустимый размер частиц для испытаний на уплотнение

В миллиметрах

Тип испытания	Макс. размер частиц
Уплотнение: в однолитровой пресс-форме	20
в пресс-форме CBR	37,5
Определение CBR	20

L.3 Подготовка образцов ненарушенного грунта

(1) Способ подготовки опытных образцов из ненарушенных проб грунта зависит от типа пробы и типа образца, который требуется приготовить.

(2) Приблизительная масса грунта, требующаяся для приготовления типичных лабораторных опытных образцов, приводится в таблице L.4. Указанная масса достаточна для приготовления одного образца для испытаний, с некоторым допуском на возможные отходы при профилировании.

L.4 Подготовка переуплотненных образцов

L.4.1 Общие требования

(1) Грунт с нарушенной структурой можно переуплотнить, чтобы сформировать образцы в соответствии с одним из следующих критериев:

- прессование с приложением заданного уплотняющего усилия при определенной влажности;
- достижение заданной сухой плотности при определенной влажности.

(2) Глинистый грунт, подлежащий доуплотнению для формовки опытных образцов, следует предохранять от высыхания. Если требуется снизить влажность грунта, это следует делать путем сушки на воздухе. Если необходимо добавить воды для увеличения влажности, ее следует тщательно смешать с грунтом, который должен быть выдержан в закрытом контейнере не менее 24 ч, прежде чем его можно будет использовать.

(3) До переуплотнения грунт следует разбить.

(4) Верхний предел допустимого размера частиц зависит от размера испытываемого образца, который требуется сформировать. Частицы крупнее, чем размерами, указанными в таблице L.5, следует удалить, прежде чем готовить грунт к переуплотнению.

(5) Следует проверить гранулометрический состав переуплотненного образца до и после спрессовывания.

Таблица L.4 - Требуемая масса грунта для испытаний ненарушенных образцов

Тип испытаний	Размеры образца, мм		Мин. требуемая масса, г
	Диаметр	Высота	
Одометрические	50	20	90
	75	20	200
	100	20	350
На сжатие ^{b)} :			
простое одноосное	35	70	150
неконсолидированно-недренированное	38	76	200
трехосное	50	100	450
	70	140	1200
	100	200	3500
	150	300	12 000
Сдвиговым прибором	Размер в плане:		
	60×60	20	150
	100×100	20	450
	300×300	150	30 000
На плотность	Макс. диаметр частиц ^{a)} :		
	$D = 5,6$		125
	$D = 8$		300
	$D = 10$		500
	$D > 10$		1,4(MMS) ^{c)}
^{a)} D - максимальный диаметр частиц в значительной доле грунта (10 % по массе или более).			
^{b)} Размеры образцов и минимально требующийся объем относятся ко всем трем испытаниям.			
^{c)} MMS - минимальная масса, подлежащая отбору для просеивания, как указано в таблице L.2.			

Таблица L.5 - Допустимый размер частиц для опытного образца

Тип опытного образца для испытаний	Максимальный размер частиц
Уплотнение при помощи одометра	$H/5^a)$
Прямой сдвиг (в сдвиговом приборе)	$H/10$
Прочность на сжатие (цилиндрический образец с $H/d \approx 2$)	$d/5^b)$
Проницаемость	$d/12$
^{a)} H - высота образца. ^{b)} d - диаметр образца.	

L.4.2 Доуплотненная проба больше, чем опытный образец

(1) При подготовке образцов к уплотнению в компрессионном приборе (одометре) к испытаниям на прямой сдвиг или прочность на сжатие, грунт обычно должен быть уплотнен определенным образом в подходящей пресс-форме, которая должна быть большего размера, чем необходимый опытный образец. Доуплотненную пробу грунта затем следует извлечь из формы, и из нее должен быть приготовлен опытный образец для испытаний в порядке, предусмотренном для ненарушенных проб грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ - Данный метод не подходит для несвязного грунта.

(2) Образцы для испытаний на водопроницаемость можно формировать непосредственно в пресс-форме или контейнере, в котором проводятся испытания.

(3) Для уплотнительного прессования прилагаемое уплотняющее усилие обычно должно соответствовать тому, которое применяется в одном из двух типов предусмотренных

компрессионных испытаний на уплотнение (см. 5.10 и приложение R). Прессование должно проводиться послойно и на верх каждого слоя следует слегка нанести насечку, прежде чем добавлять следующий слой.

(4) Чтобы получить заданную плотность, грунт можно уплотнять динамической или прессовать статической нагрузкой. После укладки каждого слоя следует производить взвешивания и измерения объема, чтобы обеспечить достижение необходимой плотности. Для выработки наиболее подходящего способа может быть целесообразным провести предварительные испытания.

(5) Если в грунте присутствует глина, уплотненная проба должна быть герметично упакована и помещена на хранение для выдержки в течение не менее 24 ч, прежде чем ее можно будет выдавливать для формирования образцов для испытаний.

L.4.3 Переуплотнение опытного образца

(1) Для приготовления небольших опытных образцов для испытаний на прямой сдвиг, на уплотнение в компрессионном приборе или на прочность на сжатие, грунт должен быть утрамбован, вмят или впрессован в подходящую форму, кольцо или трубку. Можно использовать подходящую ручную трамбовку, уплотнительный прибор «Harvard» или перемешивание. Следует принимать предосторожности во избежание образования раковин и пустот внутри образца. Порядок получения необходимой плотности или уплотняющего усилия следует заранее определить опытным путем. Все подробности процедур следует регистрировать в письменной форме, чтобы можно было их воспроизвести для получения нескольких образцов со сходными свойствами.

(2) Уплотнение цилиндрических опытных образцов для испытаний диаметром 100 мм можно осуществлять при помощи стандартного лабораторного уплотняющего груза. Количество слоев и количество ударов на каждый слой должно быть оговорено.

(3) Если в грунте присутствует глина, уплотненный образец следует герметично запечатать и выдержать не менее 24 ч до использования, чтобы рассеялось излишнее поровое давление воды.

L.4.4 Доувлажнение

(1) Переуплотненный образец вначале, несомненно, будет недостаточно увлажнен. Обычно перед испытанием требуется его доувлажнение, которое следует производить при помощи одного из общепризнанных способов увлажнения, предусмотренных при испытаниях на прочность при сдвиге и на сжимаемость. Полное насыщение влагой подтверждается, при необходимости, путем проверки значения B .

L.4.5 Переформованный опытный образец

(1) Переформование может осуществляться путем закупоривания грунта в пластиковом пакете, в котором он в течение нескольких минут сжимается и месится посредством пальцев. Переформованный опытный образец формируется путем заполнения грунтом нужной формы, например, посредством уплотняющей трамбовки. Эта операция должна производиться как можно быстрее, во избежание изменения влажности и захватывания воздуха. После этого образец следует выдавить и придать ему нужную форму.

L.5 Подготовка восстановленных образцов

L.5.1 Приготовление жидкого теста из грунта

(1) Грунт следует тщательно перемешать с водой, чтобы образовалось однородное жидкое тесто с содержанием воды выше предела текучести. Приготовление теста лучше начинать с естественной влажности, без сушки грунта. Высушивание грунта и его размалывание в порошок может привести к изменению его свойств. При необходимости более грубые частицы могут быть удалены путем мокрого просеивания, с использованием соответствующего сита. Вода для смеси должна быть или дистиллированная, или деионизированная, или соответствующего химического состава. Образовавшийся раствор должен быть достаточно жидким, чтобы его можно было лить; обычно бывает достаточно содержания воды, вдвое превышающего предел текучести.

L.5.2 Консолидация

(1) Ячейка, в которой уплотняется (консолидируется) образец, должна быть достаточно большой, чтобы после консолидации можно было обработать и придать нужную форму пробе или опытному образцу с заданным размером. Следует предусмотреть возможность дренажа пробы без потерь частичек грунта.

(2) После заливки раствора в форму следует применить первичное уплотнение посредством только верхней пластины, пока края образца не затвердеют достаточно, чтобы не терять материал при дальнейшей нагрузке. Вертикальное напряжение, прилагаемое для уплотнения, должно быть достаточным, чтобы можно было манипулировать образцом после уплотнения, и оно должно прилагаться достаточно долго, чтобы обеспечить практически полную консолидацию.

L.5.3 Подготовка образца

(1) Консолидированный образец необходимо выдавить из ячейки и придать нужную форму для приготовления опытного образца или образцов.

(2) Если предполагается проводить одномерные компрессионные испытания на затвердение восстановленного грунта, их можно осуществлять в ячейке, в которой образец консолидировался из раствора.

Приложение М
(информационное)

**Подробная информация о классификационных испытаниях,
идентификации и характеристике грунтов**

М.1 Контрольный перечень процедур классификационных испытаний

(1) Количество образцов для испытаний зависит от изменчивости грунта и объема опыта и данных об этом типе грунта, однако в меньшей степени, чем для других испытаний по инженерно-геологическим проблемам. Указания по количеству классификационных испытаний приводятся в таблице М.1.

Таблица М.1 - Классификационные испытания. Рекомендуемое минимальное количество образцов из одного пласта грунта, подлежащих испытаниям

Классификационные испытания	Мин. количество образцов при аналогичном сопоставимом опыте	
	при наличии	при отсутствии
Распределение по размерам зерен	4–6	2–4
Содержание воды	Все образцы класса качества от 1 до 3	
Испытания на степень прочности	Все образцы класса качества 1	
Пределы консистенции (пределы пластичности Аттерберга)	3–5	1–3
Потеря массы при прокаливании (для содержащих органику и глинистых грунтов)	3–5	1–3
Насыпная плотность	Испытания каждого элемента	
Степень плотности	По мере надобности	
Плотность частиц	2	1
Содержание карбонатов	По мере надобности	
Содержание сульфатов	По мере надобности	
рН	По мере надобности	
Содержание хлоридов	По мере надобности	
Дисперсность грунта	По мере надобности	
Подверженность замерзанию	По мере надобности	

(2) В таблице М.2 представлен контрольный перечень процедур классификационных испытаний для каждого типа грунта, включенных в настоящий норматив.

Таблица М.2 - Контрольный перечень процедур при испытаниях по классификации грунтов

Классификационные испытания	Контрольный перечень процедур
Содержание воды	Проверить способ хранения опытных образцов. Скоординировать программу испытаний с другими классификационными испытаниями. Стандартные методы с сушкой в печи не пригодны для гипса, содержащих органику грунтов; могут потребоваться специальные меры предосторожности. Для грубозернистого грунта может потребоваться корректировка объема содержания воды. Для засоленных грунтов требуется корректировка
Насыпная плотность (объемная масса)	Необходимо выбрать методику испытаний. Проверить применяемые методы отбора, транспортировки и хранения проб. Для крупных объектов разработки грунта может потребоваться адаптация методики испытаний или следует применить полевой метод. Для песчаных и гравийных грунтов может потребоваться корректировка измеренной плотности

Продолжение таблицы М.2

Плотность частиц (удельный вес твердой фазы)	Подготовка опытных образцов (сушка в печи для сравнения с влажными образцами) может влиять на результаты. Проверить, нет ли в материале закрытых пор; для такого материала может потребоваться особая методика. Следует зафиксировать в отчете наличие закрытых пор. Если результаты выходят за рамки типичных значений, следует рассмотреть необходимость проведения дополнительных исследований; минералогия и содержание органических веществ влияет на результат
Гранулометрический анализ	Выбор методики испытаний зависит от размеров частиц. Наличие карбонатов и органических веществ влияет на результаты; при испытаниях таких материалов удалите карбонаты или органические вещества, если потребуется, или адаптируйте методику испытаний. Проверьте, чтобы при отборе проб применялось правильное квартование (репрезентативность размеров частиц и проб)
Пределы консистенции (пределы Аттерберга)	Выбор метода испытаний предела текучести; допускаются несколько методов, но рекомендуется применять метод падающего конуса. Проверить способ хранения опытных образцов. Проверить подготовку образцов, особенно гомогенизацию и перемешивание. Проверить, применялась ли сушка. Сушка может существенно повлиять на результаты испытаний, и следует избегать сушки в печи. Окисляющиеся грунты следует испытывать с минимальным временем проведения испытаний. Для тиксотропных грунтов полученные результаты могут оказаться недостоверными
Степень плотности для несвязного (сыпучего) грунта	Проверить способ хранения образцов. Выбрать метод испытаний. Результаты зависят в значительной степени от методики испытаний, которая будет использоваться. Подготовленные образцы имеют высокую степень неоднородности
Дисперсность грунта	Следует предусмотреть различную степень уплотнения для образцов. Следует избегать сушки образцов перед испытаниями. Выбрать, какой метод испытаний будет применяться. В дополнение следует провести классификационные испытания
Подверженность замерзанию	-

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры испытательных методик для классификации, идентификации и описания грунтов приводятся в документах, перечисленных в Х.4.1.

М.2 Определение влагосодержания

М.2.1 Оценка результатов испытаний

(1) Если вода в грунте засоленная, растворенные в ней соли останутся в грунте после сушки и могут служить причиной неправильного результата определения содержания воды. Более правильным будет говорить о содержании жидкой фазы, т. е. о массе жидкости (вода плюс соли) на единицу массы сухого грунта.

(2) Для комковатых грунтов содержание воды, полученное в лаборатории на образце, для которого максимальный диаметр зерна ограничен размером образца, может отличаться от содержания воды на месте залегания грунта. В таком случае содержание воды следует скорректировать по проценту зерен, размер которых больше максимального диаметра зерен.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры испытательных методик для определения содержания воды в грунтах приводятся в документах, перечисленных в X.4.1.2.

М.3 Определение насыпной (объемной) плотности

М.3.1 Методика испытаний

(1) Линейный метод измерения подходит только для мелкозернистого грунта. Для крупнозернистого грунта плотность обычно определяется с достаточной малой погрешностью путем проведения испытаний в полевых условиях и с еще меньшей погрешностью – на основании замороженных «ненарушенных» образцов.

(2) В таблице М.3 приведены указания по минимальному количеству испытаний, необходимых для одного пласта глинистого или илистого грунта. В данной таблице для подтверждения существующих знаний приводиться описание только одного испытания.

Таблица М.3 - Испытание плотности. Минимальное количество образцов одного пласта грунта, подлежащих испытаниям

Диапазон измеряемой плотности, мг/м^3	Мин. количество образцов грунта, если аналогичный сопоставимый опыт		
	отсутствует	средний	широкий
$\geq 0,02$	4	3	2
$\leq 0,02$	3	2	1

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры методик определения насыпной плотности грунтов приводятся в документах, перечисленных в X.4.1.3.

М.3.2 Оценка результатов испытаний

(1) Результаты испытаний необходимо проверить путем расчета степени насыщения, которая не должна превышать 100 %.

(2) Для комковатых грунтов плотность сухого грунта, полученная в лаборатории на образце, для которого максимальный диаметр зерна ограничен размером образца, может отличаться от плотности сухого грунта на месте залегания. В таком случае плотность сухого грунта необходимо скорректировать поправкой, значение которой зависит от процента зерен с размерами больше максимального диаметра зерен.

М.4 Определение плотности частиц (удельного веса твердой фазы)

(1) Объем материала, необходимый для определения плотности частиц грунта, очень мал (мин. 10 г с размером частиц менее 4 мм). Проба обычно берется из образца, использованного для другого лабораторного испытания.

(2) В пористых материалах с закрытыми порами частички имеют только теоретическую (кажущуюся) плотность. Плотность твердого материала можно определить путем тонкого размола образцов и по количеству закрытых пор, используя методику, в которой объем открытых пор определяется с использованием водного насыщения или давления газа в специализированных лабораториях. Плотность твердых частиц тогда следует измерять в лаборатории с использованием специальной технологии.

(3) Для грунта, содержащего органические материалы, лабораторные испытания должны проводиться в соответствии с особым порядком. В противном случае измеренные значения можно будет использовать лишь с большой осторожностью.

(4) Можно применить современные методы, такие как с использованием гелиевого пикнометра. Такие методы должны предусматривать калибровку по одному из наиболее употребляемых методов, например, описанных в документах, перечисленных в X.4.1.4.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры методик определения плотности частиц грунтов приводятся в документах, перечисленных в X.4.1.4.

М.5 Гранулометрический анализ

(1) Для комковатых грунтов (главным образом гравия и/или песка) гранулометрический состав определяется путем просеивания после промывки, и осаждение обычно не требуется. Для мелкозернистых грунтов (преимущественно ила и/или глины) применяется процедура осаждения, включающая просеивание песчаных частиц. Для смешанных грунтов (содержащих частицы всех размеров) применяется как процедура просеивания, так и осаждения.

(2) Особую осторожность и тщательность следует проявлять при испытаниях глинистых и содержащих органику грунтов. Например, частички глины могут оказывать цементирующее действие, которое может стать необратимым во время сушки при температуре 105 °С, когда органические вещества частично окисляются.

(3) Могут также применяться современные методы, включающие системы с использованием рентгена, лазерных лучей, систем измерения плотности и подсчета частиц. Эти методы должны быть откалиброваны по методикам, приведенным в (2).

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры методик гранулометрического анализа грунтов приводятся в документах, перечисленных в X.4.1.5.

М.6 Испытания степени плотности несвязных грунтов

(1) Рекомендуемое минимальное количество проб грунта, подлежащих испытаниям для одного пласта грунта, составляет: два - при определении максимальной плотности и три - при определении минимальной плотности.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры методик определения степени плотности несвязных грунтов приводятся в документах, перечисленных в X.4.1.7.

М.7 Определение дисперсности грунта

М.7.1 Общие сведения

(1) Некоторые естественные глинистые грунты диспергируются быстро в проточной воде за счет коллоидной эрозии вдоль трещин или других каналов. Такой грунт сильно подвержен эрозии и разрушению гидродинамическим давлением. Тенденция к дисперсной эрозии в грунте зависит от минералогического и химического состава глины, а также от растворенных солей в воде внутри пор грунта и размывающей воды. Дисперсные глины обычно представляют собой грунты с высоким содержанием натрия.

М.7.2 Порядок проведения всех испытаний

(1) Испытания на дисперсность не применяются по отношению к грунтам с содержанием глины менее 10 % и с показателем пластичности менее или равным 4 %.

(2) Рекомендуемое минимальное количество проб грунта, подлежащих испытаниям по одному пласту грунта, составляет: два - для испытаний пропусканием воды под давлением через точечные проколы, два - для испытаний двойным гидрометром, два - для испытаний на растворимые соли в воде и три - для испытаний на реакцию крошек грунта в растворе каустической соды. Спецификация количества испытаний, подлежащих проведению, должна основываться на инженерной оценке.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры методик испытаний дисперсности грунтов приводятся в документах, перечисленных в X.4.1.8.

М.7.3 Испытания пропусканием воды через точечные проколы

(1) Рекомендуется ознакомиться с литературой, перечисленной в X.4.1.8, за исключением того, что:

- образец должен быть уплотнен в пресс-форме малогабаритного прибора «Harvard», с влажностью, близкой к показателю пластичности;
- следует использовать пять слоев, чтобы общая высота образца составляла (38 ± 2) мм;
- на каждый слой должно быть приложено такое постоянное прессующее усилие, чтобы полученная в результате сухая плотность образца составляла 95 % максимальной сухой плотности, определенной в ходе стандартных лабораторных компрессионных испытаний.

(2) Оформление результатов должно включать следующее:

- результаты классификационных испытаний;

- плотность испытываемого образца;
- применяемое гидростатическое давление напора воды и время испытаний под каждым из давлений;
- количество жидкости, пропущенное через образец в единицу времени;
- помутнение текущей жидкости в конце испытания;
- размер и форму отверстия после испытания;
- классификацию грунта согласно настоящему нормативу.

ПРИМЕЧАНИЕ - - Примеры методик для испытаний прокачки жидкости через точечные проколы образца грунта приводятся в документах, перечисленных в X.4.1.8.

М.7.4 Испытания двойным гидрометром (ареометром)

(1) Отчет по результатам должен включать кривые гранулометрического состава, полученные дисперсным раствором и без него, с механическим встряхиванием/размешиванием, а также степень дисперсности в процентах.

М.7.5 Испытания на реакцию крошек грунта в растворе каустической соды

(1) Оформление результатов испытаний должно включать классификацию грунта как дисперсного или недисперсного, а также подробные данные об использованном реагенте.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры таких классификаций приводятся в документах, перечисленных в X.4.1.8.

М.7.6 Натрий и растворенные соли в насыщенной вытяжке

(1) В отчете должен быть указан процент натрия.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры порядка определения количества растворимых солей в поровой воде приводятся в документах, перечисленных в X.4.1.8.

М.8 Определение подверженности замерзанию (чувствительности к морозу)

М.8.1 Порядок испытаний

(1) Можно получить образец мягкоглинистого и илистого грунта в естественном виде в замороженном состоянии или образец глинистого, илистого и песчаного грунта (без гравия) в замороженном состоянии. Если размер образца непосредственно не подходит для испытаний, то его можно переформовать при условии соблюдения соответствующих предосторожностей.

(2) Образец, подлежащий допрессовке (доуплотнению) может быть подвержен значительной степени переформования при условии, что в процессе подготовки образца не будет изменено распределение гранулометрического состава.

(3) Диаметр образца в его естественном состоянии должен быть как минимум в 5 раз больше максимального размера частиц и не менее 75 мм. Для воссозданного образца должен применяться минимальный диаметр 100 мм.

(4) Как естественные, так и воссозданные образцы могут быть насыщены под давлением набухания перед испытаниями на пучение грунта при замерзании.

(5) Если необходимы испытания CBR (определение несущей способности грунта калифорнийским методом), то они должны проводиться на образце, уплотненном при влажности, близкой к оптимальному содержанию воды, как следует из кривой уплотнения, полученной при испытаниях на уплотнение.

(6) Обычно проводится по одному испытанию CBR на каждом образце. Однако следует провести несколько испытаний, чтобы оценить влияние, например, изменений влажности и уплотняющего усилия.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры порядка испытаний по определению подверженности грунтов замерзанию (чувствительности к морозу) и оценки, основанные на определении свойств грунтов, приводятся в документах, перечисленных в X.4.1.9 и разделе X.5.

М.8.2 Оценка результатов испытаний

(1) Грунт считается чувствительным к морозу, если в ходе лабораторных испытаний на пучение грунта при замерзании он проявляет вспучивание с расслоением.

(2) На степень воздействия мороза на глинистые грунты с низкой проницаемостью оказывает влияние продолжительность зимнего сезона, т. е. имеет значение широта и долгота площадки. Для таких грунтов чем длиннее зима, тем более жестко сказывается воздействие мороза. Это следует принимать во внимание в северных и горных странах.

Приложение N
(информационное)

Подробная информация о химических испытаниях грунта

N.1 Общие сведения

N.1.1 Методика испытаний

(1) Вышеуказанные типовые химические испытания основаны на традиционных методиках испытаний, которые могут быть проведены многими геотехническими лабораториями. Химические испытания на наличие других веществ обычно должны проводиться специализированными химическими лабораториями.

(2) Для большинства химических испытаний достаточно 100 г сухого грунта. Обычно в целом на начальном этапе требуется гораздо больший объем пробы/керна сухого грунта, но для проведения конкретного испытания необходим очень маленький образец. Важнейшее значение имеет тщательность перемешивания начального образца и правильный порядок разделения.

(3) Температура хранения материала перед испытаниями может повлиять на скорость биологического распада органического вещества. По возможности, материалы проб для химических испытаний следует хранить при температуре от 5 °C до 10 °C.

(4) Большинство методик испытаний включают процедуру калибровки, с использованием контрольных проб в качестве эталонов. Для электрохимических методов, например, основанных на уровне pH, существуют четкие схемы калибровки с применением ряда растворов с известным pH.

(5) Наличие особых требований может вызвать необходимость в отклонении от стандартного порядка подготовки и проведения испытаний, включая подготовку опытных образцов. Все отклонения от установленной процедуры следует четко отражать в документации и отчетности, с указанием причин отклонения от стандартного порядка.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры испытательных методик по пяти рассматриваемым химическим испытаниям приводятся в документах, перечисленных в X.4.2. Соответствующие аналогичные методики также приведены в других государственных стандартах и справочниках.

N.1.2 Количество испытаний

(1) При определении количества предусмотренных испытаний следует учитывать тот факт, что содержание органических веществ, карбонатность, содержание сульфатов, значение pH и содержание хлоридов могут сильно различаться даже в пределах одного геологического пласта. Для определения диапазона локальной вариативности может потребоваться проведение большего количества испытаний над взятыми опытными образцами из одной небольшой области.

N.2 Определение содержания органических веществ

N.2.1 Порядок испытаний

(1) Потеря при прокаливании обычно определяется на репрезентативном образце грунта с фракциями менее 2 мм как масса, потерянная при прокаливании подготовленного образца при определенной температуре. Содержание органических веществ рассчитывается, исходя из предположения, что органическая масса полностью выгорает при прокаливании и что потеря массы происходит только за счет выгорания органического вещества.

(2) Потеря массы при прокаливании обычно относится к содержанию органических веществ в грунте при малом или нулевом количестве глины и карбонатов. Для грунтов с более высоким процентным содержанием глины и/или карбонатов основная часть потери массы при прокаливании может быть вызвана факторами, не имеющими отношения к содержанию органических веществ.

(3) Для того, чтобы избежать окисления некоторых органических веществ во время сушки, требуется температура сушки ниже чем (105 ± 5) °C. В примерах, приведенных в X.4.2.2, указана температура сушки $(50 \pm 2,5)$ °C, при которой может не произойти удаление всей воды. Для определения подходящей температуры сушки может потребоваться проведение пробных экспериментов.

(4) Температура прокалывания, указанная в примерах, упомянутых в (1), составляет (440 ± 25) °C, но в других стандартах указываются температуры до 900 °C. При задании температуры прокалывания следует соблюдать осторожность, принимая во внимание следующее:

- некоторые глинистые минералы могут начать распадаться при температурах около 550 °C;

- химически связанная вода может исчезнуть при более низких температурах испытаний; например, в некоторых глинистых минералах этот процесс может начаться при 200 °С, а гипс разлагается при температурах примерно от 65 °С;

- сульфид может окисляться, а карбонаты разлагаться в пределах температур от 650 °С до 900 °С.

Для большинства случаев следует применять температуру прокаливания, равную 500 °С или 520 °С.

(5) Время сушки и прокаливания должны быть достаточными для обеспечения равновесия. Если период прокаливании составляет менее 3 ч, в отчете должно быть указано, что постоянство массы было подтверждено повторными взвешиваниями.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры испытательных методик определения содержания органических веществ приводятся в документах, перечисленных в Х.4.2.2.

N.2.2 Оценка результатов испытаний

(1) Количество органического углерода и органических веществ может соотноситься с потерей массы при прокаливании, если последнее корректировалось путем исключения других составных компонентов.

(2) Содержание органических веществ можно определить путем прямого замера содержания органического углерода, что позволяет избежать погрешности метода потери массы при прокаливании.

N.3 Определение содержания карбонатов

N.3.1 Методика испытаний

(1) Примеры испытательных методик определения содержания карбонатов приводятся в документах, перечисленных в Х.4.2.3. В настоящем нормативе наиболее предпочтительным является метод быстрого титрования. Данный метод позволяет получить результаты достаточно точные для грунта при условии принятия специальных мер, обеспечивающих процесс полного растворения и при проведении дублирующих испытаний.

(2) Другие примеры, содержащиеся в документах, перечисленных в Х.4.2.3, определяют содержание карбонатов путем измерения количества высвобожденной двуокиси углерода (CO₂) в газометре при контролируемых температуре и атмосферном давлении.

N.3.2 Оценка результатов испытаний

(1) Процентное содержание карбонатов в пробе выражается в виде количества CO₂. Формально это правильно, но конструктивно не осуществимо. Результаты можно выразить в виде эквивалентного количества карбоната кальция (CaCO₃), что и представляет карбонатный состав для большинства типов грунта. Эквивалентное количество CaCO₃ определяется по количеству CO₂ посредством следующей формулы:

$$\text{CaCO}_3 = 2,273 \cdot \text{CO}_2,$$

где CaCO₃ - содержание CaCO₃, % сухой массы;

CO₂ - содержание CO₂, % сухой массы.

N.4 Определение содержания сульфатов

N.4.1 Методика испытаний

(1) Гравиметрический метод анализа кислотного или водяного экстракта из грунтовых вод, упоминаемый здесь, предлагается как более предпочтительный, за исключением случаев, когда проведение параллельного анализа доказывает, что другой альтернативный метод обладает такой же или более высокой точностью.

(2) Кристаллическая форма сульфата кальция, гипс (CaSO₄ · 2H₂O), должна быть высушена при температуре 50 °С. Опытные образцы, содержащие гипс, начинают терять свою кристаллизационную воду при температуре выше чем примерно 65 °С, что может стать причиной ошибочно высокого замеренного содержания воды.

(3) Соотношение между SO₃²⁻ и SO₄²⁻: SO₄²⁻ = 1,2 · SO₃²⁻, где SO₃²⁻ и SO₄²⁻ определяются в процентах.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры испытательных методик определения содержания сульфатов приводятся в документах, перечисленных в X.4.2.4.

N.4.2 Оценка результатов испытаний

(1) При интерпретации результатов испытаний следует учитывать, что растворимость сульфата кальция в воде низкая, но за геологическое время заметное количество может, как это случается, раствориться, например в карстовых образованиях. Особую осторожность следует проявлять, когда результаты испытаний являются зарамочными по отношению к классификационным категориям.

(2) Наличие некоторых других веществ (особенно сульфидов и полуторных оксидов) может влиять на химические реакции, которые в таких случаях сказываются на результатах испытаний. Сульфиды в грунте могут окисляться с течением долгого времени, образуя дополнительные сульфаты.

N.5 Определение значения pH (кислотно-щелочного баланса)

N.5.1 Методика испытаний

(1) Для определения значений pH существует несколько методик. Как определяющий рекомендуется электрометрический метод, который выдает непосредственное показание pH или в приготовленной суспензии грунта, или в грунтовых водах.

N.5.2 Оценка результатов испытаний

(1) Причиной ошибочных результатов испытаний может стать следующее:

- непроведенная или неправильная калибровка прибора для измерения pH перед или после каждого комплекса испытаний;
- несоответствующая защита электродов прибора при его хранении;
- недостаточная выдержка при замере прибором, в результате чего он не успевает достичь стабильного состояния, прежде чем снимаются его показания;
- загрязнение опытного образца вследствие некачественной промывки контейнеров для забора образцов грунтовой воды.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры испытательных методик определения значения показателя pH приводятся в документах, перечисленных в X.4.2.5.

N.6 Определение содержания хлоридов

N.6.1 Методика испытаний

(1) Порядок испытаний по определению содержания хлоридов включает:

- проверку по методу Мора для водорастворимых хлоридов;
- испытания по методу Фольгарда для растворимых в кислотах или растворимых в воде хлоридов;
- электрометрические измерения.

(2) В первых двух методах используется реакция обмена между хлоридами и нитратом серебра, однако в них применяются различные способы анализа. Оба метода требуют внимательного наблюдения и взвешивания. Третий метод основан на измерении проводимости в разжиженных образцах с известным содержанием воды.

(3) Наличие хлоридов может быть подтверждено посредством быстрого качественного определения: возьмите в пробирку примерно 5 мл фильтрованной грунтовой воды или почвенно-соляной экстракт с соотношением 1:1. Если материал сильно щелочной (pH 12–14), добавьте несколько капель азотной кислоты, чтобы окислить образец. Добавьте несколько капель 1 %-ного раствора нитрата серебра. Ощутимое помутнение указывает на то, что присутствует измеримое количество хлоридов, которое можно определить посредством одного из методов испытаний.

(4) Метод Фольгарда служит основой для испытаний, описываемых в 7.2 (хлориды, растворимые в воде) и 7.3 (хлориды, растворимые в кислотах) BS 812-118:1988 для минеральных заполнителей. В принципе, избыточное количество раствора нитрата серебра добавляется в окисленный раствор хлоридов, а непрореагировавшая порция титруется обратно с тиоцианатом калия, при этом железистый алюминий служит в качестве индикатора.

(5) В методе Мора опытный и чистый растворы для сравнения титрируются посредством 0,02N раствора нитрата серебра, где при этом хромат калия служит в качестве индикатора. Данный метод предпочтителен для определения содержания хлоридов в грунтовых водах.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры испытательных методик приводятся в документах, перечисленных в X.4.2.6.

N.6.2 Оценка результатов испытаний

(1) Теоретическая связь между засоленностью, выражающейся в виде содержания хлоридов, и реальным содержанием хлоридов может не всегда оставаться практически применимой вследствие очень мобильного характера поведения аниона хлорида.

Приложение О
(информационное)

Подробная информация об испытаниях на определение степени прочности грунтов

(1) В таблице О.1 предлагается краткий контрольный перечень операций, используемых для проведения испытаний на определение степени прочности грунта, включенных в настоящий норматив.

Таблица О.1 - Контрольный перечень испытаний на определение степени прочности глинистых грунтов

Испытания на степень прочности	Контрольный перечень операций
Любые испытания на степень прочности	В ходе испытаний определяются приблизительная степень прочности на сдвиг. В измерениях присутствует большая вероятность неточности. Результаты испытаний неоднородных и составных/со скользкой поверхностью грунтов следует использовать с большой осторожностью. На все результаты оказывает влияние скорость проведения испытаний. Необходимо проверять воспроизводимость результатов испытаний
С помощью лабораторного зонда-крыльчатки	Испытания позволяют определить дополнительно степень чувствительности и прочности на сдвиг переформованного грунта. Проверьте режим вращения (вручную по сравнению с моторизованным). Испытания можно проводить над экструдированными образцами или в грунтоносе
С помощью падающего конуса	Испытания можно проводить с экструдированными образцами или в грунтоносе с ненарушенным (неповрежденным) материалом. Его можно дополнить также испытаниями над переформованным материалом, чтобы установить чувствительность, т. е. соотношение между значениями степени прочности ненарушенного и переформованного материала. Дополнительно такие испытания позволяют получить степень чувствительности на переформованных образцах. Проверяется износ на конце конуса. Проверяется угол острия конуса

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры порядка проведения испытаний на определение степени прочности посредством лабораторного зонда-крыльчатки и падающего конуса приведены в документах, перечисленных в Х.4.3.

Приложение Р
(информационное)

Подробная информация об испытаниях грунта на прочность

Р.1 Компрессионные испытания на трехосное сжатие

Р.1.1 Количество испытаний

(1) В таблице Р.1 приведены методические указания относительно минимального количества необходимых испытаний, которое зависит от изменчивости грунта и имеющегося аналогичного сопоставимого опыта для данного типа грунта. Если требуется только одно испытание, то это испытание проводится для перепроверки и подтверждения существующих данных. Если результаты новых испытаний не согласуются с существующими данными, то следует провести дополнительные испытания.

(2) Количество испытаний можно сократить, если имеются значения напряжения сдвига, полученные в ходе других проведенных испытаний, например полевых испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры процедуры испытаний для компрессионных испытаний на трехосное сжатие приводятся в Х.4.4.

Таблица Р.1 - Испытания на сжатие. Рекомендуемое минимальное количество испытаний для одного слоя грунта

Коэффициент корреляции r на кривой регрессии	Рекомендуемое количество испытаний для определения эффективного угла внутреннего трения ^{а)} если аналогичный сопоставимый опыт		
	отсутствует	средний	широкий
$r \leq 0,95$	4	3	2
$0,95 < r \leq 0,98$	3	2	1
$r \geq 0,98$	2	1	1
Изменчивость прочности при проведении испытаний на сдвиг недренированного грунта (для некоторых сжимающих давлений)	Рекомендуемое количество испытаний на сдвиг ^{а)} недренированного грунта, если аналогичный сопоставимый опыт		
	отсутствует	средний	широкий
Соотношение макс./мин. значений > 2	6	4	3
$1,25 < \text{соотношение макс./мин. значений} \leq 2$	4	3	2
Соотношение макс./мин. значений $\leq 1,25$	3	2	1
^{а)} Одно рекомендуемое испытание - испытание при различных давлениях в камере трех отдельных образцов.			

Р.1.2 Оценка результатов испытаний

(1) В дополнение к фактической оценке, недренированная прочность на сдвиг должна проверяться с учетом типа грунта, показателя пластичности и т. д. Оценки недренированной прочности на сдвиг должны соотноситься с типом испытаний, результаты которого анализируются.

(2) Угол внутреннего трения следует определять в соответствии с типом грунта, пластичностью, степенью плотности и т. д. Необходимо тщательно учитывать лабораторные условия и реальные пластовые условия напряжения (например, осесимметричные состояния в сопоставлении с плоскодеформированными состояниями), и в соответствующих случаях следует отрегулировать угол внутреннего трения. Следует также учесть взаимосвязи, например, с результатами испытаний коническим зондом и существующие корреляции с углом внутреннего трения.

Р.2 Консолидированные испытания на прямой сдвиг в сдвиговых приборах

Р.2.1 Порядок испытаний

(1) Испытания на прямой сдвиг (в прямоугольном или кольцевом сдвиговом приборе) проводятся преимущественно для грунтов и условий устойчивости, где предполагается образование отчетливой плоскости разрыва или когда требуется определить прочностные характеристики.

(2) Сравнительные исследования показывают, что результаты испытаний прибором прямого(с параллельным смещением) сдвига и кольцевого прибора для измерения сдвига хорошо согласуются друг с другом. Подготовка опытных образцов проще при испытаниях прибором сдвига с параллельным смещением. Напряжения более однородны при испытаниях кольцевым прибором сдвига, однако деформации не равномерны. Получается легче создать высокие напряжения и таким образом определить остаточную прочность грунта в кольцевом приборе для измерения сдвига, чем в приборе для измерения сдвига с параллельным смещением.

(3) Из пласта следует отобрать вдвое больше материала, чем требуется для количества образцов, подлежащих испытаниям.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры испытаний на прямой сдвиг приводятся в документах, перечисленных в X.4.4.4.

Р.2.2 Количество испытаний

(1) В таблице Р.2 приводятся указания по рекомендуемому минимальному количеству испытаний, которое зависит от изменчивости грунта и имеющегося аналогичного сопоставимого опыта с конкретным типом грунта. Данные рекомендации распространяются на случай, когда результаты испытаний на прямой сдвиг используются отдельно для определения прочности на сдвиг какого-либо пласта грунта.

Таблица Р.2 - Испытания на прямой сдвиг. Рекомендуемое минимальное количество испытаний для одного пласта грунта

Коэффициент корреляции на кривой регрессии	Рекомендуемое количество испытаний ^{а)} , если аналогичный сопоставимый опыт		
	отсутствует	средний	широкий
Коэффициент корреляции < 0,95	4	3	2
$0,95 \leq$ Коэффициент корреляции < 0,98	3	2	2
Коэффициент корреляции $\geq 0,98$	2	2	1 ^{б)}

^{а)} Одно рекомендуемое испытание - это испытание при различных нормальных напряжениях трех отдельных образцов.

^{б)} Отдельное испытание и классификационные испытания для проверки согласованности с аналогичным опытом. Если результаты испытаний не согласуются с имеющимися данными, следует провести дополнительные испытания.

Приложение Q
(информационное)

Подробная информация об испытаниях грунта на сжимаемость

Q.1 Количество испытаний

(1) Для пласта грунта, который значительно влияет на осадку здания, в таблице Q.1 приводятся рекомендации относительно минимального количества необходимых одометрических испытаний, зависящего от изменчивости грунта и имеющегося сопоставимого опыта для данного типа грунта.

(2) Количество опытных образцов, подлежащих испытаниям, следует увеличить, если здание очень чувствительно к осадке. В таблице Q.1 описание одного испытания служит в качестве проверки и подтверждения существующих данных. Если результаты новых испытаний не согласуются с имеющимися данными, следует провести дополнительные испытания.

Таблица Q.1 - Одометрические испытания с увеличенной нагрузкой. Рекомендуемое минимальное количество испытаний для одного слоя грунта

Диапазон одометрического модуля E_{oed} (в диапазоне соответствующих напряжений)	Рекомендуемое минимальное количество испытаний, если аналогичный сопоставимый опыт		
	отсутствует	средний	широкий
$E_{oed} \geq 50 \%$	4	3	2
$\approx 20 \% < E_{oed} < \approx 50 \%$	3	2	2
$E_{oed} < \approx 20 \%$	2	2	1 ^{a)}
^{a)} Одно одометрическое испытание и классификационные испытания проводятся для проверки согласованности с аналогичным сопоставимым опытом (см. Q.1 (2)).			

Q.2 Оценка характеристик сжимаемости

(1) Имеется четыре широко используемых метода определения сжимаемости грунта:

- расчеты по результатам произведенных измерений осадки;
- эмпирическая оценка косвенных полевых исследований, таких как испытания сопротивления грунта посредством статического зондирования;
- измерения в процессе испытаний на месте образования, таких как испытания штампом и прессиометром;
- компрессионные испытания образцов грунта в лаборатории.

(2) Расчет по результатам измерений осадки под аналогичным напряжением может служить надежным способом оценки характеристик сжимаемости (слоистая среда, перераспределение нагрузки и факторы времени могут с трудом поддаваться учету). Для фундаментов на песке и гравии часто применяются полевые испытания, такие как определение сопротивления грунта статическим зондированием: результаты таких испытаний интерпретируются эмпирически, чаще всего на основании аналогичного сопоставимого опыта. В случаях, когда предполагается иметь дело с песками, более комковатым грунтом, илами и глинами, желательно сочетать полевые и лабораторные методы исследований. Лабораторные испытания на сжимаемость наиболее достоверны для мелкозернистых и органико-содержащих грунтов, в которых относительно легко получить образцы 1 класса качества.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры процедуры испытаний приводятся в документах, перечисленных в X.4.5.

Приложение R
(информационное)

Подробная информация об испытаниях на степень уплотнения грунта

R.1 Методика проведения испытаний, применимая к обоим испытываемым типам

(1) Минимальное количество образцов грунта для испытания одного слоя грунта - три. Количество испытаний должно основываться на инженерной оценке.

(2) Количество испытаний, которые необходимо провести, должно быть определено с учетом разнообразия гранулометрического состава, пределов консистенции и количества материала, который будет уплотняться. Количество необходимых испытаний для насыпей, дорожных конструкций и т. д. обычно приводится в соответствующих стандартах (технических требованиях).

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры методики проведения испытаний уплотнения грунта содержатся в X.4.6.

R.2 Требования, характерные для испытаний по определению степени уплотнения

(1) Наиболее часто проводятся следующие испытания для определения степени уплотнения: типовые и модифицированные (определение плотности по Проктору) испытания.

(2) Некоторые виды грунта с высокой водопроницаемостью, например чистые (беспримесные) гравии, однородные по гранулометрическому составу чистые песчаники, не позволяют достичь четко выраженной максимальной плотности. Поэтому достижение оптимальной влажности может представлять сложности.

(3) Для плотного мелкозернистого грунта предлагаются методы, предполагающие измельчение грунта до размеров, когда он может пройти сквозь 5 мм сито, либо дробление его на частицы, которые проходят сквозь 20 мм сито.

(4) Результаты испытаний по определению степени уплотнения плотного мелкозернистого грунта, который необходимо измельчать либо дробить, зависят от величины получаемых в результате частиц. Уровни плотности, полученные в ходе испытаний, не всегда будут прямо соотносимы с уровнями плотности, получаемыми в реальных полевых условиях (на месте первоначального залегания).

(5) В случае, когда грунт не поддается дроблению, для испытаний можно использовать один образец. Данный образец можно использовать несколько раз после постепенного увеличения количества воды. Отклонение от стандартного метода необходимо зафиксировать в отчете.

(6) Для грунта, содержащего частицы, поддающиеся дроблению, необходимо приготовить отдельные партии образцов с другим содержанием воды.

R.3 Требования, характерные для испытаний по определению несущей способности грунта калифорнийским методом (испытания CBR)

(1) Можно проводить испытания на месте первоначального залегания грунта, но определяющим методом являются лабораторные испытания.

(2) Испытания могут проводиться как на необработанном, так и на уплотненном материале.

(3) Необходимо выбрать такую влажность грунта, которая бы соответствовала расчетным условиям, для которых требуются результаты испытаний.

(4) Испытания CBR следует проводить на материале, который проходит сквозь 20 мм тестовое сито. Если грунт содержит частицы, которые оседают на 20 мм сите, то их необходимо отделить и взвесить до приготовления испытываемого образца. В случае, если масса осевшей на 20 мм сите части материала превышает прошедшую сквозь сито на 25 % и более, испытания CBR не проводятся.

(5) В случае, когда необходимо провести исследования для диапазона возможных значений содержания воды, в природный грунт после его дезагрегации добавляют воду или воду извлекают из него. Важно не допускать высыхания образца.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры методики проведения испытаний см. X.4.2.

Приложение S
(информационное)

Подробная информация об испытаниях фильтрации грунта

S.1 Методика проведения испытаний

- (1) Из слоя грунта производится забор такого объема материала, который в 2 раза превышает необходимый для испытываемых образцов.
- (2) Необходимо произвести такой отбор испытываемых образцов, который позволил бы смоделировать предельные значения соответствующих характеристик грунтов, например: состава, относительной плотности, коэффициента пористости и т. д.
- (3) Согласно нормативам, градиент гидравлического давления в глинистых и илистых грунтах не должен быть менее 30, в песке - не менее 10.
- (4) Необходимо учитывать нужную степень насыщенности грунта в зависимости от типа грунта и заданной точности коэффициента фильтрации.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры методики проведения испытаний фильтрации грунта см. X.4.2.

S.2 Количество испытаний

- (1) В таблице S.1 приведены нормы минимального количества необходимых испытаний, зависящих от изменчивости грунта и существующего аналогичного опыта, относящегося к данному типу грунта.

Таблица S.1 - Испытания фильтрации грунта. Рекомендуемое минимальное количество образцов грунта для исследования одного слоя грунта

Диапазон измеренного коэффициента фильтрации k	Рекомендуемое минимальное количество образцов для испытаний, если аналогичный сопоставимый опыт		
	отсутствует	средний	широкий
$k_{\max}/k_{\min} > 100$	5	4	3
$10 < k_{\max}/k_{\min} \leq 100$	5	3	2
$k_{\max}/k_{\min} \leq 10$	3	2	1 ^{a)}
^{a)} Одно испытание и классификационные испытания проводятся для проверки соответствия существующим данным.			

- (2) В таблице S.1 характеристика только одного испытания подтверждает обоснованность существующих данных. Если результаты испытаний не согласуются с существующими данными, требуется проведение дополнительных испытаний.

S.3 Оценка результатов испытаний

- (1) Существуют четыре широко распространенных метода для определения коэффициента фильтрации грунта (водопроницаемости):

- методы полевых испытаний, такие как определение водопроницаемости путем опытной откачки и скважинным способом;
- метод эмпирической связи с гранулометрическим составом грунта;
- метод получения оценочных показателей при испытаниях с использованием компрессионного прибора (одеметра);
- метод определения водопроницаемости грунта на испытываемых образцах в лабораторных условиях.

Можно оптимизировать оценку коэффициента фильтрации, если использовать несколько вышеуказанных методов в сочетании друг с другом.

- (2) Даже если слой грунта однороден по составу, коэффициент фильтрации грунта может значительно варьироваться ввиду небольших изменений удельной нагрузки, коэффициента пустотности, структуры, размера частиц и слоистости. Самым достоверным методом для получения коэффициента фильтрации является полевой метод испытаний.

- (3) Даже если слой грунта однороден по составу, необходимо описывать коэффициент фильтрации грунта с указанием минимального и максимального предельного уровней.

(4) При использовании результатов одометрических испытаний для расчета коэффициента фильтрации глинистых и илистых грунтов получается лишь приблизительная оценка. Одометрические испытания с постоянной скоростью обеспечивают более точный замер водопроницаемости.

(5) Определение коэффициента фильтрации однородного по составу песка можно произвести достаточно точно, используя взаимосвязь с гранулометрическим составом.

(6) Достоверные результаты можно получить при проведении лабораторных испытаний на глинистых, илистых и минеральных грунтах органического происхождения, из которых возможно получить необработанные образцы высокого качества. Важно тщательно проверять репрезентативность испытываемых образцов.

(7) Степень влажности некоторых типов грунтов может оказать влияние на коэффициент фильтрации вплоть до трех порядков значений величины.

(8) Химический состав проникающего вещества может изменить коэффициент фильтрации на несколько порядков значений величины.

Приложение Т
(информационное)

**Приготовление образцов
для испытаний на тип породы (скального грунта)**

(1) Рекомендуемые методы ISRM по характеристике, испытаниям и мониторингу пород не содержат определенных требований к приготовлению образцов породы. Однако в большинстве испытательных методов приводится раздел по приготовлению образцов, где приведены требования к объему образцов, их качеству, методу приготовления, точным размерам, а также к проверке допустимого отклонения от стандартного размера и формы.

(2) Примеры распространенной практики приготовления образцов керна и определение допуска на размер и форму см. Х.4.8. Пункты, приведенные ниже, содержат информацию из указанного пункта приложения Х и комментариев к нему.

(3) Не всегда является возможным получить либо приготовить образцы керна, которые удовлетворяли бы требуемым критериям, приведенным в рекомендуемых методах ISRM, что касается, например, более слабых и пористых, слабоцементируемых типов пород и имеющих некоторые структурные особенности.

(4) Все инструменты и устройства для определения прямолинейности, плоскостности и перпендикулярности торцевых поверхностей необходимо регулярно контролировать, при этом допустимые погрешности должны по крайней мере удовлетворять требованиям конкретных испытаний по определению свойств скальных грунтов.

(5) Большинство ненарушенных трещинами образцов керна, забор которых производился одно-, двух- и трехтрубными цилиндрами для отбора грунта (грунтоносами) с применением техники роторного бурения, могут быть использованы с повторным отбором проб после обрезания краев несущих поверхностей либо без такового. Можно также использовать блоки, собранные прямо на месте формации (геологического горизонта), если ориентирование блока четко обозначено на образце, который будет впоследствии использован для повторного отбора проб для испытываемых образцов.

(6) Нужный объем проб зависит от программы испытаний. Во многих случаях будет достаточно проб длиной 300 мм на 1000 мм и с диаметром более 50 мм, из них приготавливаются образцы породы для серии классификационных испытаний, испытаний по определению прочности и деформации.

(7) Необходимое количество образцов керна (колонок грунта) во многом зависит от природного и искусственного образования трещин в материале породы. Исходное описание образцов керна (колонок грунта) должно включать оценку степени образования трещин и однородности. Это описание должно использоваться при отборе частей образцов керна (колонок грунта) для испытаний.

(8) Отбор испытываемых образцов из таких зон образцов керна (колонок грунта), где нет трещин, может отрицательно повлиять на репрезентативность испытываемых образцов для данной формации. Это должно быть учтено в докладе.

(9) В случае с мягкими породами (осадочными породами), особенно важной является обработка проб для последующих испытаний по определению прочности, деформации и набухания. Образцы породы для таких испытаний должны быть упакованы в полевых условиях непосредственно после извлечения из цилиндра грунтоноса. Даже непродолжительное воздействие может изменить содержание воды и внутренние характеристики породы.

Приложение U
(информационное)

Классификационные испытания породы

U.1 Общая информация

(1) Классификация породных масс, которая проводится при использовании керна, требует максимально аккуратного извлечения керна для того, чтобы определить нарушения сплошности (разломы) и возможные трещины и полости в породе. Важно свести к минимуму возможность повреждения керна во время процесса бурения, т. к. большинство параметров качества породы определяются изломами и трещинами, обнаруженными в керне.

(2) Для большинства классификационных систем подходят керны и образцы роторного бурения с минимальным диаметром 50 мм. Для большинства испытаний с целью исследования элемента подходит керн (колонка) без трещин длиной от 50 до 200 мм.

ПРИМЕЧАНИЕ - 1 Примеры испытаний для классификации пород см. X.4.9.

ПРИМЕЧАНИЕ - 2 - Классификационные системы, признанные в масштабе страны, и те, которые признаются в международном масштабе, существуют для различных целей. Классификационные системы, основывающиеся на полнотелом методе, нужны для инженерных целей, что описано Беньявским (Bieniawski) в Инженерной классификации породных масс (1989) (см. раздел X.5).

U.2 Распознавание и описание пород

(1) Система EN ISO 14689-1 применяется при описании пород для целей геотехники в гражданском строительстве. По данной системе производится описание кернов и других образцов материнских пород и породных масс.

(2) Можно использовать любую опубликованную и одобренную на местном уровне классификационную систему, при условии того, что в отчете приведены четкие ссылки на соответствующие источники.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры дополнительных методик описаны см. X.4.9.1.

U.3 Содержание воды

U.3.1 Метод испытаний

(1) Если указано, что необходимо проводить проверки погрешности, то они проводятся путем сравнения с результатами образцов, взятых одновременно из той же формации.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры методов испытаний см. X.4.9.2.

U.3.2 Количество испытаний

(1) В большинстве случаев замер содержания воды необходимо проводить по меньшей мере 1 раз на каждом метре керна.

U.4 Плотность и пористость

U.4.1 Методика испытаний

(1) Определение пористости (или коэффициента пористости) требует измерения плотности твердых частиц (либо ее расчета, основанного на опыте, полученном в данной местности при исследовании подобного типа породы).

(2) Наличие закрытых пор может повлиять на пористость. Определение общего объема пор может основываться на плотности твердых частиц измельченного в порошок образца, однако определение количества открытых и закрытых пор требует специального анализа.

(3) Не рекомендуется использовать методы с применением вытеснения ртути.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры методики испытаний см. X.4.9.3.

U.4.2 Количество испытаний

(1) Необходимо измерять плотность и пористость по меньшей мере 1 раз на каждые 2 м и минимум 1 раз в каждой дифференцированной толще пород одного типа, независимо от

однородности пород. Параметры плотности/пористости являются частью схемы, используемой для большинства оценок крепости пород и деформационных свойств.

Приложение V
(информационное)

Испытания пород на набухание

V.1 Общая информация

(1) Предпочтительно провести испытания образцов необработанной породы во всех возможных местах, т. к. строение породы оказывает большое влияние на характеристики набухания. В случае, если образец слишком мягкий/хрупкий либо слишком поврежден для того, чтобы провести его приготовление, например в случае с грунтом, заполняющим трещины и разрывы, можно проводить испытания по определению свойств набухания грунта на переформированных и доуплотненных (допрессованных) образцах. В этом случае нужно описать использованные методы в отчете.

(2) Таблица V.1 содержит рекомендации по минимальному количеству испытаний набухания, необходимых для определения различных характеристик образцов. Рекомендации подходят для местностей с небольшим риском возникновения набухания пород. В местностях с типами пород, для которых существует более высокая вероятность набухания, необходимо провести такое количество испытаний, которое по меньшей мере в 2 раза превышает указанное в таблице. Испытания более высокого порядка лучше применить для определения характеристик набухания в полевых условиях.

ПРИМЕЧАНИЕ - Примеры испытаний пород на набухание см. X.4.10.

Таблица V.1 - Испытания пород на набухание. Рекомендуемое минимальное количество образцов пород для испытаний одного слоя

Тип испытаний	Мин. толщина	Мин. диаметр	Мин. Количество образцов для испытаний	ПРИМЕЧАНИЕ -
(1) Показатель давления набухания при нулевом изменении объема	15 мм и/или 10-кратный максимальный размер частиц	2,5-кратная толщина	3	Образец должен плотно прилегать к кольцу
(2) Показатель деформации набухания для радиально закрытых образцов с осевой добавочной нагрузкой	15 мм и/или 10-кратный максимальный размер частиц	4-кратная толщина	3 + образцы для определения влажности	Образец должен плотно прилегать к кольцу
(3) Деформация набухания в открытых образцах пород	15 мм и/или 10-кратный максимальный размер частиц	15 мм и/или 10-кратный максимальный размер частиц	3 + образцы для определения влажности	-

V.2 Показатель давления набухания при нулевом изменении объема

(1) Для испытаний может быть использована простая камера одометра для уплотнения грунта. При этом испытательная установка не должна быть слишком жесткой во избежание деформационных воздействий самой камеры.

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример испытаний для определения показателя давления набухания при нулевом изменении объема см. X.4.10.1.

V.3 Показатель деформации набухания для радиально закрытых образцов с осевой\дополнительной нагрузкой

(1) В примере приведено нагрузочное устройство, способное создать продолжительное по времени давление 5 кПа на обводненный образец. Допустимо использование устройств, в большей степени подходящих для конкретных полевых условий. Отчет и каждая оценка должны включать описание всех подобных отклонений от методик.

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример испытаний на деформацию набухания, возникающую в открытом образце, см. X.4.10.2.

V.4 Деформация набухания в открытых образцах пород

ПРИМЕЧАНИЕ - Пример испытаний на деформацию набухания, возникающую в открытых образцах пород, см. X.4.10.3.

Приложение W
(информационное)

Испытания пород на прочность

W.1 Предел прочности при неодностатном сжатии и деформируемость

W.1.1 Порядок испытаний

(1) В качестве примеров испытаний при неодностатном сжатии и испытаний на деформируемость рекомендуется следовать методикам, изложенным в стандартах ISRM или ASTM. Помимо этого можно использовать дополнения, указанные в разделе W.1.

ПРИМЕЧАНИЕ - См. X.4.11.1.

(2) ISRM предполагает два метода испытаний:

- первый метод: определение прочности породы на неодностатное сжатие;
- второй метод: определение деформируемости породы при сжатии.

(3) С помощью первого метода определяется предел прочности на сжатие, а второй дает дополнительную возможность получить модуль упругости Юнга и коэффициент Пуассона. Наиболее предпочтительным является второй метод.

(4) Процедуры, предлагаемые в стандарте ISRM, очень трудно соблюдать, особенно в отношении подготовки образцов и геометрических допусков. Техника проведения испытаний, рекомендуемая в настоящем приложении, менее строгая. Хотя методика, рекомендуемая в ISRM, более предпочтительна, в настоящем нормативе предусматривается набор минимальных требований. Считается, что важнее провести большее количество испытаний, чем меньшее количество испытаний на более высококачественных образцах.

(5) В методику ISRM следует внести следующие изменения и дополнения:

- диаметр цилиндров должен быть в пределах от D до $(D + 10)$ мм, где D - диаметр пробы (образца). При условии, что можно обеспечить достаточную жесткость плиты, диаметр цилиндра может быть больше, чем $(D + 10)$ мм. Требуется особые меры, чтобы должным образом отцентрировать образец;

- опытные образцы должны быть подготовлены в виде правильных круглых цилиндров с коэффициентом отношения высоты к диаметру от 2 до 3 и с диаметром не менее 50 мм. Отношение диаметра образца к самому крупному зерну неустойчивой породы может быть низким, как например 6:1. Однако соотношение 10:1 является более предпочтительным;

- торцевые части образца должны быть плоскими, в пределах 0,02 % от диаметра образца, и не должны отклоняться от нормали к оси образца более чем на $0,1^\circ$;

- использование покрывающих материалов или обработка поверхностей торцов (помимо машинной) не допускается, кроме случаев испытания мягких скальных грунтов, где механические характеристики покрывающих материалов должны быть лучше, чем у подлежащей испытаниям горной породы.

- диаметр и высота испытываемого образца должны быть определены до ближайших 0,1 мм или 0,2 %, в зависимости от того, какое из значений является большим;

- в тензометрических измерениях радиальных и осевых напряжений база тензомера должна быть не менее чем в 10 раз больше размера зерен. Измерения должны производиться на средней трети опытного образца, во избежание влияния трения и неоднородностей напряжения на торцах. Измерение вертикального напряжения по всей высоте образца допускается только в том случае, если можно доказать, что получается практически такой же результат, как если напряжение измеряется по средней трети высоты образца;

- нагрузка должна прилагаться к образцу при постоянной скорости изменения напряжения или при постоянной скорости деформации так, чтобы разрушение произошло в течении от 5 до 15 мин. Если для более качественного определения параметров деформации применяются циклы нагрузки и разгрузки, затраченное на них время должно быть исключено из вышеупомянутого интервала времени.

- устройство, которое будет использоваться для приложения и измерения осевой нагрузки на опытный образец, должно иметь достаточную мощность и быть способным оказывать нагрузку с постоянной интенсивностью. Следует проверить параллельность цилиндров.

(6) Начальные деформации могут включать прилегание торцов образца к прессующему устройству и/или закрытию микротрещин в опытном образце. Измерение общих вертикальных

деформаций путем использования только расстояния между стальными половинками пресси может привести к неправильным результатам определения характеристик деформации.

W.1.2 Количество испытаний

(1) Характеристики породы могут сильно различаться в зависимости от литологии, диагенеза или отвердения, истории нагружения, выветривания и других естественных процессов, даже в пределах одного геологического пласта. В таблице W.1 приводятся указания по минимальному количеству испытаний на не одноосное сжатие, которое зависит от изменчивости породы и сопоставимого аналогичного опыта его изучения.

Таблица W.1 - Испытания на не одноосное сжатие. Рекомендуемое минимальное количество образцов, подлежащих испытаниям в одном слое породы по бразильскому методу и на трехосное сжатие

Стандартное отклонение измеренной прочности s , % от среднего значения	Рекомендуемое мин. количество образцов для испытаний, если сопоставимый аналогичный опыт		
	отсутствует	средний	широкий
$s > 50$	6	4	2
$20 < s < 50$	3	2	1
$s < 20$	2	1	0 ^{a)}
a) Действительно только для очень однородных типов породы при наличии широкого опыта и сведений по характеристикам локальных грунтов.			

W.2 Испытания сосредоточенной нагрузкой

W.2.1 Порядок испытаний

(1) В качестве примера порядка проведения испытаний сосредоточенной нагрузкой рекомендуется следовать методике стандарта ISRM.

ПРИМЕЧАНИЕ - См. X.4.11.2.

(2) Испытания можно проводить при помощи портативного оборудования или с использованием лабораторного испытательного оборудования, в полевых условиях или в лаборатории.

(3) Для испытаний могут быть использованы образцы породы в форме колонки (диаметральные или аксиальные испытания), либо вырезанных блоков (блочные испытания), либо неправильных глыб (испытания неправильных образцов) при условии, что будут соблюдаться справочные указания (например, по ISRM) относительно формы и размеров.

W.2.2 Количество испытаний

(1) Для классификации образцов или пластов грунта используется среднее значение показателя прочности при точечном нагружении. Чтобы получить репрезентативное среднее значение, минимальное количество отдельных испытаний должно быть не менее пяти.

(2) Для характеристики породы и прогнозирования других параметров прочности может понадобиться большее количество испытаний, чем указано в W.1.2. Обычно требуется как минимум по 10 отдельных испытаний из каждого пласта.

W.3 Испытания на прямой сдвиг

W.3.1 Порядок испытаний

(1) В качестве примера порядка проведения испытаний на прямой сдвиг рекомендуется следовать методике стандарта ISRM.

ПРИМЕЧАНИЕ - См. X.4.11.3.

(2) В качестве изменений и дополнений к методике ISRM может быть рекомендовано следующее:

- испытательный прибор должен иметь длину хода больше, чем предполагаемое набухание или сжатие грунта, и он должен быть способен поддерживать нормальную нагрузку в пределах 2 % от заданного значения в течение всего испытания. Набухание должно измеряться во время испытания с такой же погрешностью, как смещение при сдвиге;

- скорость смещения при сдвиге должна быть менее 0,1 мм/мин в течение 10 мин непосредственно перед снятием показаний. При использовании автоматической регистрации данных снижение скорости смещения при сдвиге до 0,1 мм/мин может не понадобиться;

- образец необходимо доуплотнять при каждой новой нормальной нагрузке и продолжать сдвиг в соответствии с критериями, изложенными в стандарте ISRM. Если поверхности образца зачищаются перед началом новой фазы испытания или если образцы разгружаются перед переустановкой, это следует отразить в протоколе испытаний. Следует также описать внешний вид материала, удаленного при зачистке.

(3) Прочность на прямой сдвиг может также быть определена в ходе полевых испытаний. Это требует подробной оценки полевых характеристик разрывов.

(4) Результаты могут быть использованы, например, при анализе устойчивости откосов или оснований плотин, тоннелей и подземных выработок.

(5) Можно использовать образцы породы либо в форме колонок, либо в виде вырезанных блоков. Испытываемая плоскость должна, по возможности, иметь минимальную площадь 2500 мм². В случаях незаполненных соединений (кливажа) диаметр или кромка опытного образца (в случае, если он имеет квадратное сечение) должны, по возможности, относиться к размеру самых крупных зерен в скальной породе не менее чем 10:1. Рекомендуемое соотношение между длиной соединения (кливажа) и размером коробки сдвигового прибора должно быть не менее 0,5, во избежание возможных проблем из-за нестабильности сдвигового аппарата.

(6) Следует использовать специальное оборудование для вырезки образца, например, колонковый бур большого диаметра или породную пилу. Желательно избегать применения ударно-вращательных буров, молотков и зубил, поскольку пробы и образцы должны иметь как можно менее нарушенную структуру.

(7) Направление опытного образца в испытательном приборе обычно выбирается такое, чтобы сдвигаемая плоскость совпадала с плоскостью минимального сопротивления в горной породе, например с линией кливажа, плоскостью напластования, слоистости или трещиноватости либо с поверхностью раздела между нескальным и скальным грунтом или монолитным массивом и скальной породой.

W.3.2 Количество испытаний

(1) Определение прочности на сдвиг должно включать проведение не менее пяти испытаний на одной испытываемой формации или на одном семействе соединений (кливажа), при этом каждый образец должен испытываться при постоянном нормальном давлении в применимом диапазоне нагружения.

W.4 Испытания по бразильскому методу

W.4.1 Порядок испытаний

(1) В качестве примера методики проведения испытаний по бразильскому методу рекомендуется следовать порядку, описанному в стандарте ISRM.

ПРИМЕЧАНИЕ - См. X.4.11.4.

(2) Опытные образцы должны быть вырезаны диаметром D не менее размера колонки грунта ($D \approx 54$ мм), толщиной примерно равной радиусу образца. Цилиндрическая поверхность не должна иметь видимых следов от инструмента. Какие-либо неровности по всей толщине образца не должны превышать 0,025 мм. Поверхности торцов должны быть плоские в пределах 0,25 мм и параллельные в пределах 0,25°.

(3) Для сланцев и других анизотропных пород рекомендуется вырезать испытываемые образцы параллельно и перпендикулярно напластованию. Для образцов, вырезанных параллельно направлению напластования, следует также указать направление нагружения.

W.4.2 Количество испытаний

(1) В таблице W.1 приводятся указания по минимальному количеству испытаний по бразильскому методу, которые зависят от изменчивости породы и имеющегося сопоставимого опыта

и сведений. Для характеристики породы и прогнозирования других параметров прочности требуется большее количество испытаний.

W.5 Испытания на трехосное сжатие

W.5.1 Порядок испытаний

(1) В качестве примера методики проведения испытаний на трехосное сжатие рекомендуется использовать методику, приведенную в стандарте ISRM.

ПРИМЕЧАНИЕ - См. X.4.11.5.

(2) Опытные образцы должны быть вырезаны диаметром D не менее размера керна (колонки грунта) ($D \approx 54$ мм), с высотой, равной 2 – 3-кратному диаметру, как указывается в 5.4, и с характеристиками согласно указаниям X.4.8.

W.5.2 Количество испытаний

(1) В таблице W.1 приводятся указания по минимальному количеству испытаний на трехосное сжатие как функции изменчивости породы и имеющегося сопоставимого опыта и знаний. Для характеристики породы и прогнозирования других параметров прочности требуется большее количество испытаний.

Приложение X
(информационное)

Библиография

X.1 Аббревиатуры и обозначения

В настоящем приложении были использованы следующие обозначения:

ASTM - American Society for Testing and Materials (Американское общество по испытаниям и материалам);

BS - British Standard (британский стандарт);

DGF - Dansk Geoteknisk Forening (Датское геотехническое общество);

DIN - Deutsche Industrienorm (немецкий промышленный стандарт);

ETC - European Technical Committee (Европейский технический комитет является членом ISSMGE);

ISRM - International Society of Rock Mechanics (Международное общество механики скальных грунтов);

ISSMGE - International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Международное общество механики грунтов и инженерной геологии);

NEN - Nederlandse norm (голландский стандарт);

NF - Norme Francaise (французский стандарт);

SN - Schweizer Norm (швейцарский стандарт);

SS - Svensk Standard (шведский стандарт).

X.2 Документы, относящиеся к выборке образцов грунта и пород, а также к замерам грунтовых вод

BS 5930:1999 Code of practice for site investigations.

DIN 4021:1990 Ground exploration by excavation, boring and sampling.

Hvorslev M. J. Subsurface exploration and sampling of soils for civil engineering purposes. US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss, USA, 1949.

NF XP, P 94-202:1995 Sols: Reconnaissance et essais. Prelevement des sols et des roches. Methodologie et procedures.

Svensson C. Analysis and use of groundwater level observations.

Gothenburg: Diss. Chalmers University of Technology. Dept. Geology. Publ. A 49, 1984, (на шведском языке, содержит реферат на английском языке).

X.3 Полевые испытания⁷⁾

X.3.1 Определение плотности грунта коническим пенетрометром

Bergdahl U., Ottosson E., Malmberg B. S. Plattgrundlaggning (Spread foundations) (in Swedish) Stockholm: AB Svensk Byggtjanst, 1993, 282 p.

Biedermann B. Comparative investigations with sounding methods in silt. Forschungsberichte aus Bodenmechanik und Grundbau Nr. 9 (на немецком языке). Aachen: Technische Hochschule, 1984.

DIN 1054:2003 Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau. (Subsoil - verification of the safety of earthworks and foundation) (на немецком языке).

DIN 4094-1:2002 Baugrund - Felduntersuchungen - Teil 1: Drucksondierungen (Subsoil - Field investigations - Part 1: Cone penetration tests) (на немецком языке).

Lunne T., Robertson P. K., Powell J. J. M. Cone penetration testing in geotechnical practice. Originally London: Blackie Academic & Professional, then New York: Spon Press and E&F Spon, 1997, 312 p.

Melzer K. J., Bergdahl U. Geotechnical field investigations. Geotechnical Engineering Handbook, Volume 1: Fundamentals. Berlin: Ernst & Sohn, 2002, p. 51-117.

NEN 6743-1:2006 Geotechniek - Berekeningsmethode voor funderingen op palen. Drukpalen. (Geotechnics - Calculation method for bearing capacity of pile foundations. Compression piles).

⁷⁾ Следующие перечни содержат в основном документы, в которых приводится дополнительная информация и примеры для определения расчетных значений по результатам испытаний, а также для

использования результатов испытаний непосредственно в проекте. Перечни разделены по типам испытаний.

Schmertmann J. H. Static cone to compute settlement over sand. *Jnl Soil Mech. Fdns Div., ASCE*, 96, SM3, May, 1970, p. 1011–1043.

Schmertmann J. H., Hartman J. P., Brown P. R. Improved strain influence factor diagrams. *Jnl Geotech. Enging Div., ASCE*, 104, GT8, Proc. Paper 7302, August, 1978, p.1131–1135.

Sanglerat G. The penetrometer and soil exploration. Amsterdam: Elsevier Publishing Company, 1972, 464 p.

Stenzel G., Melzer K. J. Soil investigations by penetration testing according to DIN 4094. (на немецком языке) *Tiefbau* 20, S., 1978, p. 155–160, 240–244.

Х.3.2 Испытания прессиометром

EN ISO 22476-7 Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 7: Borehole jack test.

Clarke B. G, Gambin M. P. Pressuremeter testing in onshore ground investigations. A report by ISSMGE Committee TC 16. Atlanta: Proc. 1st Int. Conf. on Site Characterization, 1998, T. 2, p. 1429–1468.

Clarke B. G. Pressuremeters in Geotechnical design. Glasgow: Blackie Academic and Professional, 1995, 364 p.

Ministere de l'Equipement du Logement et des Transports (1993). Regles techniques de conception et de calcul des foundations des ouvrages de Genie civil, CCTG, Fascicule no. 62, Titre V.

Х.3.3 Стандартные испытания грунта на пенетрацию

Burland J. B. and Burbridge M. C. Settlements of foundations on sand and gravel.

UK: Proceedings Inst. Civil Engineers, Part 1, 78, Dec., 198, p. 1325–1381.

Canadian Foundation Engineering Manua, Third Edition, Canadian Geotechnical Society, 1992. Technical Committee on Foundations, BiTech Publishers Ltd, 1995.

Clayton C. R. I. The Standard Penetration Test (SPT): methods and use. London: Construction Industry Research Information Association (CIRIA), Report 143, 143 p.

Skempton A. W. Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure relative density, particle size, ageing and over-consolidation. *Geotechnique* 36, No. 3, 1986; p. 425–447.

US Army Corps of Engineers. ASCE, Technical Engineering and design guides as adapted from the US Army Corps of Engineers, No. 7: Bearing capacity of soils (1993), ASCE Press.

Х.3.4 Динамическое зондирование

Bergdahl U., Ottosson E., Malmberg B. S. Plattgrundlaggning (Spread foundations) (in Swedish). Stockholm: AB Svensk Byggtjanst, 1993, 282 p.

Biedermann B. Comparative investigations with sounding methods in silt. *Forschungsberichte aus Bodenmechanik und Grundbau* Nr. 9 (на немецком языке), Aachen: Technische Hochschule, 1984.

Butcher A. P. McElmeel K., Powell J. J. M. Dynamic probing and its use in clay soils.

Proc Int Conf on Advances in Site Investigation Practice. London: Inst, Civil Engineers, 1995, p. 383–395.

DIN 4094-3:2002 Baugrund - Felduntersuchungen - Teil 3: Rammsondierungen (Subsoil - Field investigations - □Part 3: Dynamic probing) (на немецком языке).

DIN V 1054-100:1996 Baugrund - □Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten (Soil verification of the safety of earthworks and foundation, Part 100: Analysis in accordance with the partial safety factor concept) (на немецком языке).

Recommendations of the Committee for Waterfront Structures, Harbours and Waterways (EAU 1996). Berlin: W. Ernst & Sohn, 2000, 599 p.

Melzer K. J., Bergdahl U. Geotechnical field investigations. *Geotechnical Engineering Handbook*, Volume 1: Fundamentals. Berlin: Ernst & Sohn, 2002, p. 51–117.

Stenzel G., Melzer K. J. Soil investigations by penetration testing according to DIN 4094. *Tiefbau* 20, S. 155–160, 240–244 (на немецком языке), 1978.

Х.3.5 Испытания грунтов статической нагрузкой

CEN ISO/TS 22476-10 Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 10: Weight sounding test.

X.3.6 Полевые испытания грунта методом вращательного среза

Aas G. Vurdering av korttidsstabilitet i leire på basis av udrenert skjaerfasthet.

(Evaluation of short term stability in clays based on undrained shear strength) (in Norwegian); NGM - 79 Helsingfors, 1979, p. 588–596.

Aas G., Lacasse S., Lunne T., Hoeg K. (1986). Use of in-situ tests for foundation design on clay. ASCE Geotechnical Special Publication 6.

Danish Geotechnical Institute Bulletin No. 7. Copenhagen: DGI, 1959.

Hansbo S. A new approach to the determination of the shear strength of clay by the fall-cone test. Stockholm: Royal Swedish Geotechnical Institute, Proc. No. 14, 1957.

Larsson R., Bergdahl U., Erikson L. Evaluation of shear strength in cohesive soils with special references to Swedish practice and experience Linköping: Swedish Geotechnical Institute, Information 3E, 1984.

Larsson R., Ahnberg H. The effect of slope crest excavations on the stability of slopes. Linköping: Swedish Geotechnical Institute. Report No 63, 2003.

Veiledning for utførelse av vingebror (Recommendations for vane boring) (in Norwegian). Melding No. 4, Utgitt 1982, Rev. 1. Norwegian Geotechnical Institute, 1989.

Recommended Standard for Field Vane Test SGF Report 2:93E. Swedish Geotechnical Society, 1993.

X.3.7 Испытания плоским dilatометром

CEN ISO/TS 22476-11 Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 11: Flat dilatometer test.

Marchetti S. In situ test by flat dilatometer. Journal of the Geotechnical Engineering Division, Proc. ASCE, Vol. 106, N. GT3, 1980, p. 299–321.

Marchetti S., Monaco P., Totani G., Calabrese M. The flat dilatometer test (DMT) in soil investigations. ISSMGE TC16 Report; Bali: Proc. Insitu, 2001, 41 p.

X.3.8 Штапловые испытания

BS 1377-9:1990 Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 9: In situ vertical settlement and strength tests.

Burland J. B. Reply to discussion. Proc. conf. on in situ investigations of soils and rock.

London: Inst. Civil Engineers, 1969, p. 62.

Bergdahl U., Ottosson E., Malmborg B. S. Plattgrundlaggning (Spread foundations) (in Swedish). Stockholm: AB Svensk Byggtjänst, 1993, 282 p.

Marsland A. Model studies of deep in-situ loading tests in clay. Civ. Eng. and Pub. Wks. Review, Vol 67, No 792, July 1972, p. 695, 697, 698.

X.4 Документы, относящиеся к лабораторным испытаниям

X.4.1 Классификационные испытания, идентификация и характеристика грунтов

X.4.1.1 Инженерно-геологические изыскания

BS 5930:1999 Code of practice for site investigations.

X.4.1.2 Определение влагосодержания

CEN ISO/TS 17892-1 Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 1: Determination of water content.

DIN 18 121:1998 Subsoil; testing procedures and testing equipment, water content, determination by drying in oven.

NF P 94-050:1995 Soils: Investigation and testing. Determination of moisture content. Oven drying method.

BS 1377-2:1990 Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 2: Classification tests.

SN 670 340:1959 Essais; Teneur en eau/Versuche; Wassergehalt.

ASTM D2216:1998 Test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil, rock, and soil-aggregate mixtures.

ASTM D2974:2000 Test methods for moisture, ash, and organic matter of peat and other organic soils.

ASTM D4542-95(2001) Test methods for pore water extraction and determination of the soluble salt content of soils by refractometer.

SS 0271 16:1989 Geotechnical tests - Water content and degree of saturation.

X.4.1.3 Определение объемной плотности

CEN ISO/TS 17892-2 Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 2: Determination of density of fine soils.

DIN 18 125:1997 Soil, investigation and testing - Determination of density of soil Part 1: Laboratory tests.

NF P 94-053:1991 Soils. Investigation and testing. Determination of density of fine soils. Cutting curb, mould and water immersion methods. Sols: Reconnaissance et Essais - Determination de la masse volumique des sols fins en laboratoire - Methodes de la trousse coupante, du moule et de l'immersion dans l'eau.

BS 1377-2:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 2: Classification tests.

SN 670 335:1960 Versuche; Raumgewicht; Sandersatz-Methode/Essais; Poids spécifique apparent; Methode du sable.

SS 0271 14:1989 Geotechnical tests - Bulk density.

X.4.1.4 Определение плотности частиц (твердой фазы)

CEN ISO/TS 17892-3 Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 3: Determination of density of soil particles.

DIN 18 124:1997 Soil, investigation and testing - Determination of density of solid particles - Capillary pycnometer, wide mouth pycnometer.

NF P 94-054:1991 Sols: Reconnaissance et Essais - Determination de la masse volumique des particules solides des sols - Methode du pycnometre a eau.

BS 1377-2:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 2: Classification tests.

SN 670 335:1960 Versuche; Raumgewicht; Sandersatz-Methode/Essais; Poids spécifique apparent; Methode du sable.

ASTM D854-02 Test Method for Specific Gravity of Soils.

ASTM D4404:84 (1998) Determination of pore volume and pore volume distribution of soil and rock by mercury intrusion porosimetry.

SS 0271 15:1989 Geotechnical tests - Grain density and specific gravity.

X.4.1.5 Гранулометрический анализ

CEN ISO/TS 17892-4 Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 4: Determination of particle size distribution.

DIN 18 123:1996 Soil, investigation and testing - Determination of grain-size distribution.

NF P 94-056:1996 Sols: Reconnaissance et Essais - Analyse granulometrique - Methode par tamisage a sec apres lavage (in French).

XP P 94-041:1995 Sols: Reconnaissance et Essais - Identification granulometrique - Methode de tamisage par voie humide (in French).

BS 1377-2:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 2: Classification tests; Subclause 9.2 Wet sieving method.

BS 1377-2:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 2: Classification tests; Subclause 9.5 Sedimentation by the hydrometer method.

BS 1377-2:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 2: Classification tests; Subclause 9.4 Sedimentation by pipette method.

SN 670 810c:1986 Granulats minéraux et sols; Analyse granulometrique par tamisage/Mineralische Baustoffe und Lockergesteine; Siebanalyse.

SN 670 816:1964 Matériaux pierreux; Sedimentometrie par la methode de l'areometre/Gesteinsmaterialien; Schlammversuch nach der Araeometermethode.

ASTM D2217-85 (1998) Wet preparation of s samples for particle size analysis and determination of soil constants.

ASTM D422-63 (1998) Test method for particle size analysis of soil.

SS 0271 23:1992 Geotechnical tests - Particle size distribution - sieving.

SS 0271 24:1992 Geotechnical tests - Particle size distribution - sedimentation, hydrometermethod.

X.4.1.6 Определение пределов консистенции (предела пластичности)

CEN ISO/TS 17892-12 Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 12: Atterberg limits.

DIN 18 122:1997 Soil, investigation and testing Consistency limits Part 1: Determination of liquid limit and plastic limit.

NF P 94-051:1993 Soils. Investigation and testing. Determination of Atterberg's limits. Liquid limit test using Casagrande apparatus. Plastic limit test on rolled thread.

NF P94-052-1:1995 Sols: Reconnaissance et Essais - Determination des limites d'Atterberg - Partie 1: Limite de liquidite - Methode du cone de penetration.

BS 1377-2:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 2: Classification tests; Clause 4 Determination of the liquid limit.

BS 1377-2:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 2: Classification tests; Clause 5 Determination of the plastic limit and plasticity index.

SN 670 345:1959 Essais; Limites de consistance/Versuche; Konsistenzgrenzen.

SS 0271 20:1990 Geotechnical tests - Cone liquid limit.

SS 0271 21:1990 Geotechnical tests - Plastic limit.

X.4.1.7 Определение степени плотности несвязанных грунтов

BS 1377-4:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 4: Compaction related tests; Clause 4 Determination of maximum and minimum dry densities for granular soils.

NF P 94-059:2000 Sols: Reconnaissance et Essais - Determination des masses volumiques minimale et maximale des sols non cohérents.

X.4.1.8 Определение дисперсности грунта

BS 1377-5:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 5: Compressibility, permeability and durability tests; Clause 6 Determination of dispersibility.

X.4.1.9 Определение чувствительности к морозу

SN 670 321:1994 Essais sur les sols - Essai de gonflement au gel et essai CBR apres degel/Versuche an Boden - Frosthebungsversuch und CBR-Versuch nach dem Auftauen.

BS 1377-5:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 5: Compressibility, permeability and durability tests; Clause 7 Determination of frost heave.

X.4.2 Химические исследования грунтов и грунтовых вод

X.4.2.1 Общее

BS 1377-3:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 3: Chemical and electrochemical tests.

X.4.2.2 Определение органического состава

BS 1377-3:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 3: Chemical and electrochemical tests; Clause 4 Determination of the mass loss on ignition or an equivalent method ASTM D2974:1987, Test methods for moisture, ash, and organic matter of peat and other organic soils.

NF P 94-055:1993 Sols: Reconnaissance et Essais - Determination de la teneur ponderale en matieres organiques d'un sol - Methode chimique.

XP P94-047:1998 Sols: Reconnaissance et Essais - Determination de la teneur ponderale en matiere organique - Methode par calcination.

SS 0271 05:1990 Geotechnical tests - Organic content - Ignition loss method.

SS 0271 07:1990 Geotechnical tests - Organic content - Colorimetric method.

X.4.2.3 Определение содержания карбонатов

BS 1377-3:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 3: Chemical and electrochemical tests; Clause 6 Determination of the carbonate content.

DIN 18129 Soil, investigation and testing - Determination of lime content.

Head K. H., Manual of Soil Laboratory Testing. Vol.1: Soil Classification and Compaction Tests, 2nd ed; Vol 1:1992.

NF P 94-048:1996 Sols: Reconnaissance et Essais - Determination de la teneur en carbonate - Methode du calcimetre.

Х.4.2.4 Определение содержания сульфатов

BS 1377-3:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 3: Chemical and electrochemical tests; Clause 5 Determination of the sulfate content of soil and groundwater.

Х.4.2.5 Определение кислотно-щелочного баланса

BS 1377-3:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 3: Chemical and electrochemical tests; Clause 9 Determination of the pH value.

Х.4.2.6 Определение содержания хлоридов

BS 812-118:1988 Testing aggregates. Methods for determination of sulfate content.

BS 1377-3:1990 Methods of test for soil for civil engineering purposes - Part 3: Chemical and electrochemical tests; Subclauses 7.2, 7.3.

Х.4.3 Испытания на определение степени прочности грунтов

Х.4.3.1 Лабораторные испытания

BS 1377-7:1990 Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 7: Shear strength tests (total stress).

NF P 94-072:1995 Sols: Reconnaissance et Essais - Essai scissometrique en laboratoire.

Х.4.3.2 Испытания падающим конусом

CEN ISO/TS 17892-6 Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 6: Fall cone test.

SS 02 7125:1991 Geotechnical test methods. Undrained shear strength. Fall cone test Cohesive soil.

Х.4.4 Испытания грунтов на прочность

Х.4.4.1 Испытания на простое сжатие

CEN ISO/TS 17892-7 Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 7: Unconfined compression test on fine grained soils.

NF P 94-077:1997 Sols: Reconnaissance et Essais - Essai de compression uniaxiale.

Х.4.4.2 Неконсолидированные недренированные испытания на сжатие

CEN ISO/TS 17892-8 Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 8: Unconsolidated undrained triaxial test.

NF P 94-070:1994 Sols: Reconnaissance et Essais - Essais a l'appareil triaxial de revolution - Generalites, definitions.

NF P 94-074:1994 Sols: Reconnaissance et Essais - Essai a l'appareil triaxial de revolution - Appareillage - Preparation des eprouvettes - Essais (UU) non consolide non draine - Essai ($C_U + u$) consolide non draine avec mesure de pression interstitielle - Essai (CD) consolide draine.

Х.4.4.3 Консолидированные испытания на трехосное сжатие

CEN ISO/TS 17892-9 Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 9: Consolidated triaxial compression tests on water saturated soils.

BS 1377-8:1990 Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 8: Shear strength tests (effective stress).

NF P 94-070:1994 Sols: Reconnaissance et Essais - Essais a l'appareil triaxial de revolution - Generalites, definitions.

NF P 94-074:1994 Sols: Reconnaissance et Essais - Essai a l'appareil triaxial de revolution - Appareillage - Preparation des eprouvettes - Essais (UU) non consolide non draine - Essai ($C_U + u$) consolide non draine avec mesure de pression interstitielle - Essai (CD) consolide draine.

Х.4.4.4 Консолидированные испытания на прямой сдвиг

CEN ISO/TS 17892-10 Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 10: Direct shear tests.

BS 1377-7:1990 Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 7: Shear strength tests (total stress).

ASTM D 3080-98 Test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions.

SS027127 Geotechnical tests - shear strength - Direct shear test, CU- and CD- tests - Cohesive soils.

NF P94-071-1:1994 Sols: Reconnaissance et Essais - Essai de cisaillement rectiligne a la boite -

Partie 1: Cisaillement direct.

NF P94-071-2:1994 Sols: Reconnaissance et Essais - Essai de cisaillement rectiligne a la boite -

Partie 2: Cisaillement alterne.

Х.4.5 Испытания грунта на сжимаемость

CEN ISO/TS 17892-5 Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 5: Incremental loading oedometer test.

BS 1377-5:1990 Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 5: Compressibility, permeability and durability tests.

NS 8017:1991 Geotechnical testing - Laboratory methods - Determination of one-dimensional consolidation properties by oedometer testing - Method using incremental loading.

ASTM D2435-96 Test method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils.

XP P94-090-1:1997 Sols: Reconnaissance et Essais - Essai oedometrique - Partie 1: Essai de compressibilite sur materiaux fins quasi satures avec chargement par paliers.

XP P 94-091:1995 Sols: Reconnaissance et Essais - Essai de gonflement a l'oedometre - Determination des deformations par chargement de plusieurs eprouvettes.

SS 0271 26:1991 Geotechnical tests - Compression properties - Oedometer test, CRS-test - Cohesive soil.

SS 0271 29:1992 Geotechnical tests - Compression properties - Oedometer test, incremental loading - Cohesive soil.

Х.4.6 Испытания на степень уплотнения грунта

BS 1377-4:1990 Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 4: Compaction related tests; Clause 3 Determination of dry density/moisture content relationship.

BS 1377-4:1990 Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 4: Compaction related tests; Clause 7 Determination of California Bearing Ratio (CBR).

ПРИМЕЧАНИЕ - - ASTM D-698-78, D-1557-78 и AASHTO/99 и T180 должны использоваться для исследования уплотнения и ASTM D1883-94 и AASHTO T193 должны использоваться при определении с помощью калифорнийского несущего коэффициента.

BS 1377:1990 has minor deviations from the specification in the US recommendations, which are used in most roadlaboratories.

SS027109 Geotechnical tests - Compaction properties - Laboratory compaction.

NF P 94-078:1997 Sols: Reconnaissance et Essais - Indice CBR apres immersion - Indice CBR immediat - Indice Portant Immediat - Mesure sur echantillon compacte dans le moule CBR.

NF P 94-093:1999 Sols: Reconnaissance et Essais - Determination des references de compactaged'un materiau - Essai Proctor normal - Essai Proctor modifie.

Х.4.7 Испытания грунта на проницаемость

CEN ISO/TS 17892-11 Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 11: Permeability test.

BS 1377-5:1990 Methods of test for soils for civil engineering purposes - Part 5: Compressibility, permeability and durability tests.

DIN 18130-1:1998 Soil. Investigation and testing. Determination of the coefficient of water permeability. Part 1: Laboratory tests.

ISO/DIS 17313 Soil quality - Determination of hydraulic conductivity of saturated porous materials using flexible wall permeameter. ISO/TC 190/SC 5.

ПРИМЕЧАНИЕ - ISO/DIS 17313 относится к экологической экспертизе и содержит ряд весьма строгих нормативных положений, которые не являются необходимыми для обычных геотехнических целей.

Х.4.8 Подготовка образцов для проведения испытаний скального грунта

ASTM D4543-01 Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances.

Х.4.9 Испытания, проводимые с целью классификации скальных грунтов

Х.4.9.1 Общая информация

BS 5930:1981 Code of practice for site investigation Section 8 Description and classification of rock for engineering purposes.

ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring, Part I Site Characterization (1981).

Х.4.9.2 Определение влагосодержания

ISRM Part 1, Suggested methods for determining water content, porosity, density, absorption and related properties; Section 1 Suggested method for determination of the water content of a rock sample.

Х.4.9.3 Определение плотности и пористости

ISRM Part 1, Suggested methods for determining water content, porosity, density, absorption and related properties; Section 2 Suggested method for porosity/density determination using saturation and calliper techniques.

ISRM Part 1, Suggested methods for determining water content, porosity, density, absorption and related properties; Section 3 Suggested method for porosity/density determination using saturation and buoyancy techniques.

Х.4.10 Испытания пород на набухание

Х.4.10.1 Показатель давления набухания при нулевом изменении объема

ISRM Suggested Methods For Determining Swelling and Slake-Durability Index Properties; Test 1 Suggested Method for Determination of the Swelling Pressure Index of Zero Volume Change.

Х.4.10.2 Показатель деформации набухания для радиально закрытых образцов с осевой нагрузкой

ISRM Suggested Methods For Determining Swelling and Slake-Durability Index Properties; Test 2 Suggested Method for Determination of the Swelling Strain Index for a Radially Confined Specimen with Axial Surcharge.

Х.4.10.3 Деформация набухания в открытых образцах

ISRM Suggested Methods For Determining Swelling and Slake-Durability Index Properties; Test 3 Suggested Method for Determination of the Swelling Strain Developed in an Unconfined Rock Specimen.

Х.4.11 Испытания скальных грунтов на прочность

Х.4.11.1 Испытания на одноосное сжатие и деформируемость

ISRM Suggested Methods For Determining Unconfined Compressive Strength and Deformability.

ASTM D 2938:1991 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens.

Х.4.11.2 Испытания сосредоточенной нагрузкой

ISRM Suggested Method for Determining Point Load Strength; revised version has been published in International Journal for Rock Mechanics. Min. SCI. & Geomech. Abstr. Vol 22, No. 2, 1985, стр. 51–60.

Х.4.11.3 Испытания на прямой сдвиг

ISRM Suggested Method for Determining Shear Strength, Part 2: Suggested Method For Laboratory Determination of Direct Shear Strength.

Х.4.11.4 Испытания по бразильскому методу

ISRM Suggested Method for Determining Tensile Strength of Rock Materials, Part 2: Suggested Method for Determining Indirect Tensile Strength by the Brazil Test.

Х.4.11.5 Испытания на трехосное сжатие

ISRM Suggested Method for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression.

X.5 Книги, статьи и другие публикации, относящиеся к проведению лабораторных испытаний

Bieniawski Z. T. (1989) Engineering Rock Mass Classification. New York: Wiley, 251 p.

BRE Paper BR 279 (19--) Sulfate and acid attack on concrete in the ground: recommended procedures for soil analysis.

Watford, UK: Building Research Establishment. A guide to engineering geological description. DGF Bulletin 1, Rev. 1, DGF, May 1995.

Head K. H. Manual of Soil Laboratory Testing. Vol.1: Soil Classification and Compaction Tests, 2nd ed. London, Pentech Press, 1992.

Head K. H. Manual of Soil Laboratory Testing. Vol. 2: Permeability, Shear Strength and Compressibility. Tests, 2nd ed. London, Pentech Press, 1994.

Head K. H. (1986). Manual of Soil Laboratory Testing. Vol. 3: Effective Stress Tests. London, Pentech Press, 1986.

Suggested method for determining point load strength. Min. Sci & Geomech. Abstr. Vol 22, No. 2, International Journal of Rock Mechanics. ISRM, 1985, p. 51–60.

Sherard K. L., Decker R. S. and Ryker N. L. (1972) Piping in Earth Dams of Dispersive Clay Vol. 1, Part 1. Proc. ASCE Specialty Conf. on Performance of Earth and Earth-Supported Structures. West Lafayette, Indiana, Purdue University, June 1972, p. 589–626.

Sherard K. L., Dunnigan L. P., Decker R. S. and Steel E. F. Pinhole test for identifying dispersive soil. K. Geotechn. Eng. Div., ASCE. Vol. 102, No. GT1 (January), 1976, p. 69–85.

Slunga E. & Saarelainen S. (1989) Determination of frost-susceptibility of soil, A. A. Balkema. Proc. of 12th ICSMFE, Vol. 2. Session 19. Rio de Janeiro, 13–18 August 1989, p. 1465–1468.