

# **Еврокод 7: Геотехническое проектирование**

## **Часть 2: Исследования и испытания грунта**

**DIN EN 1997-2:2007-10**

**DIN EN 1997-2****DIN**

ICS 91.010.30; 93.020

Как замена  
DIN V ENV 1997-2:1999-09 и  
DIN V ENV 1997-3:1999-10;  
Частичная замена  
DIN 4020:2003-09

**Еврокод 7: Геотехническое проектирование-  
Часть 2: Исследования и испытания грунта  
Английская версия DIN EN 1997-2:2007-10**

Количество страниц: 198

## Предисловие

Настоящий стандарт разработан техническим комитетом CEN/TC 250 «Строительные еврокоды», подкомиссией SC 7 «Еврокод 7: Геотехническое проектирование» (секретариат: NEN, Нидерланды).

Ответственные органы за подготовку стандарта в Германии: Комитет по стандартизации строительства и проектирования *Normenausschuss Bauwesen*, Технический комитет по исследованию грунта и горных пород NA 005-05-06 AA *Untersuchungen von Boden und Fels*.

Настоящий Европейский стандарт является неотъемлемой частью серии стандартов по строительному проектированию (Еврокоды). В руководстве «L» по внедрению и использованию Еврокодов, опубликованном Еврокомиссией, обозначены переходные этапы введения в действие Еврокодов в государствах-членах. Они также изложены во введении к настоящему стандарту. Национальное приложение будет разработано в процессе введения стандарта в действие.

Области применения стандартов DIN EN 1997-2 и DIN 4020 во многом повторяют друг друга. Вследствие этого, параллельно с разработкой национального приложения будет осуществляться редактирование стандарта DIN 4020.

## Изменения

В DIN V ENV 1997-2:1999-09, DIN V ENV 1997-3:1999-10 и DIN 4020:2003-09 были внесены следующие изменения:

- а). Объединены и реструктурированы стандарты DIN V ENV 1997-2:1999-09 и DIN V ENV 1997-3:1999-10.
- б). В DIN 4020:2003-09 включено Приложение В.
- в). Добавлено Приложение А.
- г). Включена Статья 6 «Отчет об исследовании грунта».
- д). Проведена редакторская проверка.

## Предыдущие издания

DIN 4020: 1953-07, 1990-10, 2003-09

DIN V ENV 1997-2, 1999-09

DIN V ENV 1997-3, 1999-10

Английская версия

## Еврокод 7: Геотехническое проектирование- Часть 2: Исследования и испытания грунта

Eurocode 7: Calcul géotechnique-Partie 2:  
Reconnaissance des terrains at essays

Eurocode 7:Entwurf, Bererchnung und Bemessung in der  
Geotechnik-Teil 2: Erkundung und Untersuchung des  
Baugrunds

Настоящий стандарт был принят Европейским Комитетом стандартизации CEN 12.06.2006 г.

Члены CEN обязаны соблюдать внутренний регламент CEN/CENELEC, в котором оговорены условия придания настоящему Европейскому стандарту статуса национального стандарта без внесения каких-либо изменений. Последнюю действующую редакцию национальных стандартов с библиографическими ссылками можно получить, направив запрос в Центральный секретариат или любому из членов CEN.

Существуют три официальных версии настоящего Европейского стандарта (английская, французская, немецкая). Перевод на государственный язык каждого из членов CEN, выполненный под его ответственность и зарегистрированный в Центральном секретариате CEN, имеет тот же статус, что и официальные версии.

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



ЕВРОПЕЙСКИЙ КОМИТЕТ СТАНДАРТИЗАЦИИ  
COMITÉ EUROPEEN DE NORMALISATION  
EUROPAISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Центральный секретариат: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	10
Раздел 1 Общая информация.....	14
1.1 Область применения .....	14
1.1.1 Область применения Еврокода 7 .....	14
1.1.2 Область применения EN 1997-2.....	14
1.2 Нормативные ссылки .....	15
1.3 Предпосылки.....	16
1.4 Различия между Законами и Применяемыми правилами.....	16
1.5 Определения.....	17
1.5.1 Общие определения для всех Еврокодов .....	17
1.5.2 Общие определения для Еврокода 7.....	17
1.5.3 Специфические определения, использованные в EN 1997-2 .....	17
1.6. Результаты испытаний и производные величины.....	18
1.7 Связь между EN 1997-1 и EN 1997-2.....	20
1.8 Условные обозначения и единицы измерения .....	21
Раздел 2 Планирование исследований грунтов основания .....	24
2.1 Объект исследований .....	24
2.1.1 Общие положения .....	24
2.1.2 Грунт .....	25
2.1.3 Строительные материалы .....	26
2.1.4 Грунтовые воды .....	26
2.2 Последовательность проведения исследований грунтов .....	27
2.3 Предварительные исследования .....	27
2.4 Проектные исследования .....	28
2.4.1 Полевые испытания.....	28
2.4.1.1 Общие положения .....	28
2.4.1.2 Программа полевых испытаний.....	30
2.4.1.3 Месторасположение и глубина точек исследования .....	30
2.4.1.4 Отбор (образцов) .....	31
2.4.1.5 Грунтовые воды .....	31
2.4.2 Лабораторные испытания .....	31
2.4.2.1 Общие положения .....	31
2.4.2.2 Визуальное освидетельствование и предварительное построения профиля грунта (карты структуры грунта) .....	31
2.4.2.3 Программа исследований .....	32
2.4.2.4 Количество испытаний .....	32
2.4.2.5 Классификационные тесты .....	33
2.4.2.6 Испытания образцов.....	34
2.5 Контроль и мониторинг .....	35
Раздел 3 Отбор проб скальных и нескальных грунтов и измерения уровня грунтовых вод ..	36
3.1 Общие положения .....	36
3.2 Отбор проб путем бурения скважин.....	36
3.3 Отбор проб путем экскавации .....	36
3.4 Отбор проб нескальных грунтов.....	36
3.4.1 Категории методов отбора проб и лабораторные классы по качеству образцов .....	36
3.4.2 Отождествление нескальных грунтов .....	37
3.4.3 Планирование отбора образцов нескальных грунтов .....	37
3.4.4 Отбор, транспортирование и хранение образцов .....	38
3.5 Отбор проб скальных грунтов.....	39
3.5.1 Категории методов отбора проб.....	39

3.5.2 Идентификация скальных грунтов .....	39
3.5.3 Планирование отбора образцов скальных грунтов .....	40
3.5.4 Отбор, транспортирование и хранение образцов .....	40
3.6 Измерение уровня грунтовых вод в скальных и нескальных грунтах .....	40
3.6.1 Общие положения .....	40
3.6.2. Планирование и осуществление измерений .....	41
3.6.3 Оценка результатов измерений уровня грунтовых вод .....	42
Раздел 4 Полевые испытания скальных и нескальных грунтов.....	44
4.1. Общие положения .....	44
4.2 Общие требования.....	44
4.2.1 Планирование специфической программы испытаний .....	44
4.2.2 Выполнение работ .....	45
4.2.3 Анализ и оценка результатов .....	45
4.3 Испытания грунта коническим и пьезоконическим зондом (CPT, CPTU).....	46
4.3.1 Задачи .....	46
4.3.2 Особые требования.....	46
4.3.3 Оценка результатов испытаний .....	47
4.3.4 Применение результатов испытаний и производные величины .....	47
4.3.4.1 прочность на смятие (несущая способность) и осадка фундамента мелкого заложения .....	47
4.3.4.2 Сопротивление сваи смятию .....	49
4.4 Прессиометрические испытания (PMT).....	49
4.4.1 Задачи .....	49
4.4.2 Специфические требования.....	49
4.4.3 Оценка результатов испытаний .....	50
4.4.4 Использование результатов испытаний и производные величины.....	51
4.5 Испытание дилатометром на изгиб (FDT).....	53
4.5.1 Задачи .....	53
4.5.2 Специфические требования.....	53
4.5.3 Оценка результатов испытаний .....	53
4.5.4 Использование результатов исследований и производные величины .....	54
4.6 Стандартное испытание грунта на пенетрацию (SPT).....	54
4.6.1 Задачи .....	54
4.6.2 Специфические требования.....	54
4.6.3 Оценка результатов исследований.....	54
4.6.4 Использование результатов испытаний и производные величины.....	55
4.7 Динамическое зондирование (DP).....	56
4.7.1 Задачи .....	56
4.7.2 Специфические требования.....	57
4.7.3 Оценка результатов испытаний .....	57
4.7.4 Использование результатов исследований и производные величины .....	58
4.8 Испытание грунтов статической вдавливающей нагрузкой (WST).....	59
4.8.1 Задачи .....	59
4.8.2 Специфические требования.....	59
4.8.3 Оценка результатов испытаний .....	60
4.8.4 Использование результатов испытаний и производные величины.....	60
4.9 Полевое испытание грунта зондированием крыльчаткой (FVT).....	61
4.9.1 Задачи .....	61
4.9.2 Специфические требования.....	61
4.9.3 Оценка результатов испытаний .....	62
4.9.4 Использование результатов испытаний и полученных значений .....	62
4.10 Испытание плоским дилатометром (DMT).....	62

4.10.1	Задачи .....	62
4.10.2	Специфические требования .....	63
4.10.3	Оценка результатов испытаний .....	63
4.10.4	Использование результатов испытаний и полученных значений .....	63
4.10.4.1	Прочность на смятие и осадка фундаментов мелкого заложения .....	63
4.10.4.2	Несущая способность (прочность на смятие) сваи .....	64
4.11	Испытание нагружаемой плитой (PLT).....	64
4.11.1	Цели испытания .....	64
4.11.2	Специфические требования .....	64
4.11.3	Оценка результатов испытаний .....	64
4.11.4	Использование результатов испытаний и полученных значений .....	65
	Раздел 5 Лабораторные испытания грунтов и пород .....	66
5.1	Общие положения .....	66
5.2	Общие требования к лабораторным испытаниям .....	66
5.2.1	Общие требования .....	66
5.2.2	Методики, оборудование и отчет.....	66
5.2.3	Оценка результатов испытаний .....	67
5.3	Подготовка образцов грунта к испытаниям.....	67
5.3.1	Задачи .....	67
5.3.2	Требования .....	67
5.4	Подготовка образцов скального грунта к испытаниям.....	68
5.4.1	Цель.....	68
5.4.2	Требования .....	68
5.5	Испытания по классификации, идентификации и описанию грунтов .....	69
5.5.1	Общие сведения .....	69
5.5.2	Требования ко всем классификационным испытаниям.....	69
5.5.3	Определение влагосодержания .....	69
5.5.4	Определение насыпной плотности (объемной массы) .....	70
5.5.5	Определение плотности частиц (твердой фазы).....	71
5.5.6	Гранулометрический анализ.....	71
5.5.7	Определение пределов консистенции .....	72
5.5.8	Определение индекса плотности несвязных грунтов .....	73
5.5.9	Определение дисперсности грунта .....	74
5.5.10	Подверженность замерзанию (чувствительность к морозу) .....	75
5.6	Химические исследования грунтов и грунтовых вод .....	76
5.6.1	Общие требования к химическим исследованиям .....	76
5.6.2	Определение органического состава .....	77
5.6.3	Определение содержания карбонатов .....	78
5.6.4	Определение содержания сульфатов .....	78
5.6.5	Определение кислотно-щелочного баланса.....	79
5.6.6	Определение содержания хлоридов .....	79
5.7	Прочностные показательные испытания грунтов .....	80
5.7.1	Цель исследований .....	80
5.7.2	Требования .....	80
5.7.3	Применение результатов исследований .....	80
5.8	Прочностные испытания грунтов .....	81
5.8.1	Цель исследований и область применения .....	81
5.8.2	Общие требования .....	81
5.8.3	Анализ и применение результатов испытаний .....	82
5.8.4	Испытание на простое сжатие .....	83
5.8.5	Неконсолидированное недренированное испытание на трехосное сжатие .....	83
5.8.6	Консолидированное испытание на трехосное сжатие .....	84

5.8.7 Консолидированные испытания на прямой сдвиг .....	85
5.9 Сжимаемость и компрессионные испытания грунтов .....	86
5.9.1 Общее.....	86
5.9.2 Испытания в компрессионном приборе .....	86
5.9.3 Испытания на трехосное сжатие .....	88
5.10 Исследование степени уплотнения грунта .....	89
5.10.1 Область применения .....	89
5.10.2 Испытания степени уплотнения.....	89
5.10.3 Калифорнийский тест показателя плотности грунта (CBR) .....	89
5.11. Испытание грунта на проницаемость .....	90
5.11.1 Цель.....	90
5.11.2. Требования .....	90
5.11.3. Оценка и применение результатов испытаний.....	91
5.12. Испытания, проводимые с целью классификации пород.....	92
5.12.1. Общая информация .....	92
5.12.2. Требования для всех классификационных испытаний .....	92
5.12.3. Идентификация и характеристика породы .....	93
5.12.3.1. Цель и требования .....	93
5.12.3.2. Оценка результатов .....	93
5.12.4. Определение влагосодержания .....	93
5.12.4.1. Цель и требования .....	93
5.12.4.2. Оценка результатов испытаний .....	94
5.12.5. Определение плотности и пористости .....	94
5.12.5.1. Цель и требования .....	94
5.12.5.2. Оценка результатов испытания.....	95
5.13. Испытание породы на разбухание .....	95
5.13.1. Общая информация .....	95
5.13.2. Общие требования.....	96
5.13.3. Оценка результатов испытаний .....	96
5.13.4. Показатель давления набухания при нулевом изменении объема .....	97
5.13.4.1. Цель и требования .....	97
5.13.4.2. Оценка результатов испытания.....	97
5.13.5. Показатель деформации набухания для радиально-закрытых образцов с осевой нагрузкой.....	97
5.13.5.1. Цель и требования .....	97
5.13.5.2. Оценка результатов испытания.....	98
5.13.6. Деформация набухания в открытом образце .....	98
5.13.6.1. Цели и требования.....	98
5.13.6.2. Оценка результатов испытания.....	98
5.14. Испытание породы на прочность.....	98
5.14.1. Общая информация .....	98
5.14.2. Требования для всех испытаний на прочность.....	99
5.14.3. Оценка результатов испытания.....	99
5.14.4. Испытания на одноосное сжатие и деформируемость .....	99
5.14.4.1. Цель и требования .....	99
5.14.4.2. Оценка результатов испытания.....	100
5.14.5. Испытание сосредоточенной нагрузкой.....	100
5.14.5.1. Цели и требования.....	100
5.14.5.2. Оценка результатов испытания.....	101
5.14.6. Испытание на прямой сдвиг .....	101
5.14.6.1. Цели и требования.....	101
5.14.6.2. Оценка результатов испытания.....	102



5.14.7. Испытание по бразильскому методу .....	102
5.14.7.1. Цели и требования .....	102
5.14.7.2. Оценка результатов испытания .....	103
5.14.8. Испытания на трёхосное сжатие .....	103
5.14.8.1. Цель и требования .....	103
5.14.8.2. Оценка результатов испытания .....	104
Раздел 6 «Отчет об инженерно - геологических изысканиях» .....	105
6.1 Общие требования .....	105
6.2 Представление геотехнической информации .....	105
6.3 Оценка геотехнической информации .....	106
6.4 Обоснование полученных результатов .....	107
Приложение А .....	108
Приложение В .....	112
Приложение С .....	121
Приложение D .....	123
Приложение E .....	137
Приложение F .....	143
Приложение G .....	147
Приложение H .....	151
Приложение I .....	153
Приложение J .....	158
Приложение K .....	159
Приложение L .....	163
Приложение M .....	170
Приложение N .....	177
Приложение O .....	182
Приложение P .....	183
Приложение Q .....	185
Приложение R .....	186
Приложение S .....	188
Приложение T .....	190
Приложение U .....	191
Приложение V .....	193
Приложение W .....	196
Приложение X .....	201

## Введение

Этот документ (EN 1997-2: 2007) был подготовлен Техническим Комитетом CEN/TC 250 “Строительные Еврокоды”, чей секретариат находится под управлением BSI.

Данному Европейскому Стандарту будет дан статус национального стандарта, посредством издания идентичного текста либо подтверждением, не позднее сентября 2007 года, а в случае противоречий (несоответствий) с государственными стандартами будет аннулирован не позднее марта 2010.

Этот документ должен заменить ENV 1997-2 и ENV 1997-3:1999.

CEN/TC 250 несет ответственность за все Строительные Еврокоды.

В соответствии с внутренними правилами CEN/CENELEC организации по государственной стандартизации следующих стран обязаны обеспечивать выполнение данного Европейского Стандарта: Австрия, Бельгия, Болгария, Кипр, Республика Чехия, Дания, Эстония, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Венгрия, Исландия, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Польша, Румыния, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария и Англия.

## История создания Еврокодов

В 1975 году Комиссия Европейского Сообщества приняла решение о создании стратегической программы в области строительства в соответствии с пунктом 95 Договора. Цель программы заключалась в ликвидации технических препятствий в торговле для развития согласованности технических условий.

В рамках этой стратегической программы Комиссия взяла на себя инициативу о создании ряда согласованных технических правил для проектирования строительных работ, и эти правила, во-первых, будут служить альтернативой действующим национальным стандартам в государствах-членах данной программы и, в итоге их заменят.

В течение 15 лет Комиссия при помощи руководящего комитета с представителями от каждого государства-члена способствовала развитию программы Еврокодов, что привело к созданию первой модели Еврокодов в 1980 году.

В 1989 году, на базе соглашения между ЕКС и Комиссией, последняя и государства-члены ЕС и EFTA решили передать подготовку и издание Еврокодов Европейской комиссии по стандартизации через целый ряд Мандатов для того, чтобы в будущем обеспечить этим документам статус Европейского стандарта (EN). Фактически это свяжет Еврокоды с условиями всех Указаний Советов и/или Решениями Комиссии, которые согласованы с Европейскими стандартами (т.е. Директива Совета 89/106/ЕЕС о строительных изделиях – CPD – и Директивы Совета 93/37/ЕЕС, 92/50/ЕЕС и 89/440/ЕЕС об общественных работах и услугах, а также равнозначная Директива EFTA, призванная положить начало стремлению утвердиться на внутреннем рынке).

Программа Строительного Еврокода включает в себя следующие стандарты, как правило, состоящие из следующих частей:

EN 1990 Еврокод: Основы строительного проектирования

EN 1991 Еврокод 1: Воздействия на конструкции

EN 1992 Еврокод 2: Проектирование бетонных конструкций  
 EN 1993 Еврокод 3: Проектирование металлических конструкций  
 EN 1994 Еврокод 4: Проектирование композиционных металлических и бетонных 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 конструкций при сейсмических воздействиях  
 EN 1999 Еврокод 9: Проектирование алюминиевых конструкций

Стандарты Еврокодов признают ответственность за координирующие органы в каждом государстве и сохраняют за собой право руководить и определять значения величин, имеющих отношение к вопросам регулирования и безопасности на государственном уровне, что имеет отличия в каждой стране.

### **Статус и область применения Еврокодов**

Государства-члены ЕС и ЕФТА признают, что Еврокоды служат как справочные документы для следующих целей:

- как способ подтверждения устойчивости зданий и сооружений в соответствии с основным требованиям Директивы Совета 89/106/ЕЕС, в частности, Основное требование №1 – механическое сопротивление и устойчивость - Основное требование №2 – безопасность при пожарах;
- как основа заключения контрактов на проведение строительных работ и сопутствующих инженерных услуг;
- как основа для разработки гармонизированных технических характеристик строительной продукции.

Хотя Еврокоды содержат в себе отношение к строительным работам, также непосредственно связаны с пояснительными документами, ссылающимися на Пункт 2 CPD, они отличаются своим происхождением от гармонизированных стандартов на строительную продукцию. Следовательно, технические аспекты, возникающие из требований Еврокодов, должны учитываться Техническим комитетом СЕН и/или Рабочей группой ЕОТА, которые занимаются разработкой стандартов с перспективой достижения полной совместимости эти технических характеристик с Еврокодами.

Стандарты Еврокодов обеспечивают общую структуру правил для повседневного использования при проектировании целых конструкций и составных частей традиционными и инновационными. В данном нормативном документе уникальные методы проектирования и условий строительства не раскрыты, поэтому для таких случаев требуется дополнительное экспертное обсуждение.

2 В соответствии с артикулам 3.3. CPD неотъемлемые требования (ERs) должны быть предоставлены в конкретной форме в соответствии с интерпритирующими документами с целью создания необходимых связей между основными требованиями и мандатами для гармонизированных ENs и ETAGs/ETAs.

3. В соответствии с п. 12 CPD пояснительные документы должны:

- а) предоставлять конкретную форму необходимых требований по гармонизации терминологии и технических основ, включая уровни или классы для каждого необходимого условия;

- b) указывать методы корреляции этих классов и уровней с требованиями технических характеристик, т.е. методы расчета и их подтверждение, технические правила проектирования и т.д.
- c) служить справочной информацией для установления гармонизированных стандартов и руководства для Европейских технических органов по согласованию.
- Еврокоды де-факто имеют одинаковую роль в сфере ER 1 и части ER 2.

### **Национальные стандарты, дополняющие Еврокоды**

Национальные стандарты, дополняющие Еврокоды, будут включать в себя полный текст Еврокода (включая приложения), в полном соответствии с изданием CEN, у которых впереди могут быть титульный лист и национальное предисловие, а также национальные приложения.

Национальные приложения могут содержать информацию только о тех параметрах, которые оставлены открытыми в Еврокодах для национального выбора, известные как известные национальные параметры для использования при проектировании промышленных и гражданских зданий, возводимых в данной стране и могут иметь отношение к:

- значениям величин и/или категориям, для которых Еврокод допускает альтернативные показатели;
- используемым лишь в Еврокода значениям и символам;
- специфическим национальным данным (географическим, климатическим), например снеговые нагрузки;
- используемым технологическим процессам, для которых в Еврокодах возможна альтернатива.

Возможно содержание:

- решений о применении информативных приложений;
- ссылок на непротиворечивую дополнительную информацию для помощи пользователю в применении Еврокода.

### **Связи между Еврокодами и гармонизированными техническими характеристиками (ENs и ETAs) строительной продукции**

Существует необходимость согласования между гармонизированными техническими характеристиками на строительную продукцию и техническими правилами строительных работ. Более того, вся информация, сопровождающая CE маркировку строительных изделий, которые ссылаются на Еврокоды, должна четко ссылаться на то, по какому национальному определяющему параметру они были выполнены.

### **Дополнительная информация, специфическая для Еврокода 7**

EN-1997-2 дает руководство по планированию и интерпретации геотехнических лабораторных и полевых работ, результаты которых используются при геотехническом проектировании зданий и производству строительных работ.

EN-1997-2 предназначен для клиентов, проектировщиков, геотехнических лабораторий, инженерно-изыскательных лабораторий и общественных органов управления.

EN-1997-2 предназначен для совместного использования с EN-1997-1.

При использовании EN-1997-2 особое внимание следует уделить подчеркнутым допущениям и условиям, представленным в пункте 1.3.

Шесть разделов EN-1997-2 дополнены двадцатью четырьмя информативными приложениями.

### **Национальное приложение к EN-1997-2**

Национальные стандарты, входящие в состав EN-1997-2 должны иметь национальные приложения, содержащее полную информацию в отношении применения EN-1997-2 в данном государстве.

---

(4) См. п. 3.3 и п.12 CPD совместно с 4,2, 4.3.1, 4.3.2 и 5.2 ID 1/

## Раздел 1 Общая информация

### 1.1 Область применения

#### 1.1.1 Область применения Еврокода 7

(1) EN 1997 предназначен для использования в сочетании 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 документ разделен на несколько отдельных частей (см. 1.12.)

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

(4) Численные 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 правилами EN 1997.

(5) Отдельные Европейские стандарты предназначены для определения количества выполненных 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 охватывает специальные требования по сейсмическому проектированию. EN 1998 предоставляет дополнительные правила для расчета при сейсмическом воздействии, которые дополняют или приспособляют правила данного стандарта.

#### 1.1.2 Область применения EN 1997-2

(1) EN 1997-2 предназначен для использования в связи с EN 1997-1 и предоставляет правила, дополняющие EN 1997-1 и связанные с:

- планирование и составлением 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.

Примечание: Определение значений характеристик приведено в EN 1997-1

(2) Данный документ не предоставляет специальные условия о природных исследованиях в области грунтов.

(3) Этот нормативный документ 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 существующего стандарта впоследствии включит в себя лабораторные и полевые исследования, раскрывая дополнительные аспекты в поведении грунтов и скал.

(4) Положения данного нормативного документа применяются прежде всего к проектам 2-ой геотехнической категории, согласно пункта 2.1 EN 1997-1:2004. Требования к исследованиям грунтов оснований для 1-ой категории, как правило, ограничены, т.к. для подтверждения необходимо основываться на локальном эксперименте. Для проектов, относящихся к 3-ей геотехнической категории, количество требуемых исследований будет, по крайней мере, таким же, как для проектов 2-ой категории во всех последующих разделах. Дополнительные исследования и более передовые испытания, связанные с обстоятельствами, которые заставили придать проекту 3-ую категорию, могут также быть необходимы.

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

## 1.2 Нормативные ссылки

(1) Следующие нормативные документы содержат условия, которые своим упоминанием в данном контексте, составляют условия данного Европейского стандарта.

Вышедшие из употребления справочные материалы, последующие поправки в нормативные документы или исправления в приведенных ниже документах не указано.

Тем не менее, мероприятия по соглашениям, основанным на данном Европейском стандарте, содействуют внедрению возможности применения самых современных изданий в области нормативных документов представленных ниже. Для недатированных ссылочных нормативных документов, необходимо применять последнее издание.

EN 1990: 2002	Еврокод: Основы строительного проектирования
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 22475-1 <sup>5</sup>	Геотехнические испытания и исследования – Отбор образцов в скважинах и котлованах, а также измерение уровня грунтовых вод
EN ISO 22476-1 <sup>5</sup>	Геотехнические испытания и исследования – Полевые испытания – Часть 1: Электрические СРТ и СРТУ
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 22476-4<sup>5</sup> Геотехнические испытания и исследования – Полевые испытания –  
Часть 4: Испытания прессиомером Менард
- EN ISO 22476-5<sup>5</sup> Геотехнические испытания и исследования – Полевые испытания –  
Часть 5: Испытания гибким дилатометром
- EN ISO 22476-6<sup>6</sup> Геотехнические испытания и исследования – Полевые испытания –  
Часть 6: Испытания самозабуривающимся прессиомером.

---

5 – в печати

- .....
- EN ISO 22476-8<sup>6</sup> Геотехнические испытания и исследования – Полевые испытания –  
Часть 8: Испытания полных перемещений прессиомером
- EN ISO 22476-9<sup>6</sup> Геотехнические испытания и исследования – Полевые испытания –  
Часть 9: Полевое испытания грунта крыльчаткой
- EN ISO 22476-12<sup>6</sup> Геотехнические испытания и исследования – Полевые испытания –  
Часть 12: Испытания механическим СРТ
- EN ISO 22476-13<sup>6</sup> Геотехнические испытания и исследования – Полевые испытания –  
Часть 13: Штамповые испытания

Примечание Библиография представляет названия CEN ISO технических условий (CEN ISO/TS), предоставляя информацию о методах, оборудовании, вычислении и изложении некоторых полевых и лабораторных исследований. Данные технические условия в должное время могут стать Европейскими/ISO стандартами. Организация по государственной стандартизации может принять решение о том чтобы сохранить действующие национальные стандарты пока существует CEN ISO/TS. Национальные приложения к EN 1997-2 могут предоставить информацию, касательно используемой национальной практики.

### 1.3 Предпосылки

- (1) Ссылки выполнены к EN 1990: 2002, 1.3 и EN 1997-1: 2004, 1.3.
- (2) Положения данного стандарта основаны на допущениях представленных ниже:
- данные, необходимые для расчета, собираются, записываются и интерпретируются специалистами, имеющими соответствующее образование;
  - конструкции рассчитываются специалистами, имеющими соответствующее образование и квалификацию;
  - между специалистами, занятыми сбором исходных данных, проектированием и строительством существует отвечающая требованиям неразрывность и передача информации.

### 1.4 Различия между Законами и Применяемыми правилами

- (1) В EN 1997-2 введены различия между Законами 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 символ Р



(4) Применяемые правила являются примерами, в целом, признанных правил, которые следуют за Принципам и удовлетворяют их требованиям.

(5) Допустимо использование альтернатив для Применяемых правил, представленным в этом стандарте, 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 EN 1997-2, хотя проектирование должно быть выполнено в соответствии с Принципами EN 1997-1. В том случае, если EN 1997-2 используется с учетом приложения Z стандарта или ETAG, использование альтернативных правил проектирования не может быть принято для CE маркировки.

(6) В EN 1997-2 Применяемые правила отмечены числом в скобках, на пример, как в настоящем пункте.

## **1.5 Определения**

### **1.5.1 Общие определения для всех Еврокодов**

(1) Р Общие определения для всех Еврокодов определены в EN 1990/

### **1.5.2 Общие определения для Еврокода 7**

(1) Определения, характерные для EN 1997, определены в пункте 1.5.2 EN 1997-1:2004

### **1.5.3 Специфические определения, использованные в EN 1997-2**

#### **1.5.3.1 Полученные значения**

значение геотехнических параметров, полученное из результатов исследований теоретическими, корреляционными и эмпирическими методами.

#### **1.5.3.2 Нарушенный образец**

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

#### **1.5.3.3 Измеряемое значение**

значение, которое измеряется при проведении испытаний

#### **1.5.3.4 Природный образец**

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

#### **1.5.3.5 Класс по качеству**

классификация, по которой качество образца грунта, оценивается в лаборатории

Примечание: Для целей лабораторных исследований, образцы грунта делятся на 5 категорий.

**1.5.3.6 Переформованный образец (1)**

Образец, у которого структура полностью нарушена.

**1.5.3.7 Переформованный образец (2)**

Образец, у которого структура полностью нарушена, имеющий естественную степень влагосодержания.

**1.5.3.8 Заново уплотненный образец**

образец, которому придана форма посредством требования или статического нагружения

**1.5.3.9 Воссоздаваемый образец**

образец, приготовленный в лаборатории; для мелких песков, образец изготавливают подобно пульпе (на уровне или выше уровня предела влажности), с последующим нагружением (выпадением в осадок); для грунтов низкого качества, образец либо заливают либо осаждают в сухом (высуженном) или влажном состоянии, и потом уплотняют или консолидируют.

**1.5.3.10 Заново консолидированный образец**

образец, сжатый в форме или в ячейке статической нагрузкой с возможностью дренирования

**1.5.3.11 Образец (1)**

Экземпляр грунта, взятый из грунта методами пробовзятия

**1.5.3.12 Образец (2)**

Часть образца скального или нескального грунта или скалы, используемая в лабораторных исследованиях

**1.5.3.13 Тест на определение показателя прочности**

исследование природных условий, которые определяют сопротивление сдвигу без обязательного предоставления значения

Примечание. Результаты таких исследований подвергаются сомнению.

**1.5.3.14 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.

**1.5.3.15 Ненарушенный образец**

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

**1.6. Результаты испытаний и производные величины**

(1) Результаты испытаний и производные величины формируют основу для выбора характерных значений характеристик грунта, которые используются для расчета геотехнических конструкций в соответствии с пунктом 2.4.3 EN 1997-1:2004

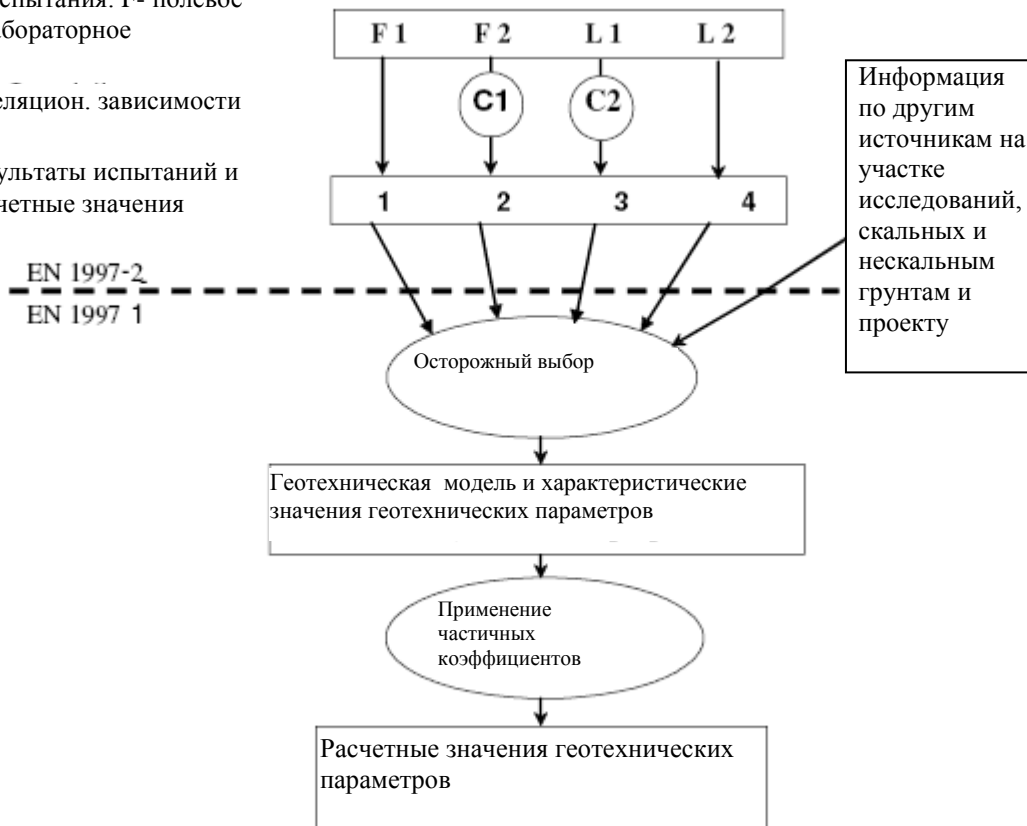
Примечание 1: Процесс геотехнического расчета состоит из нескольких следующих один за другим этапов (рис. 1.1), первый из которых охватывает исследование строительной площадки и

испытания, тогда как следующий этап посвящен определению характерных величин, и последний этап раскрывает расчет при проектировании. Настоящий нормативный документ предоставляет правила для определения первого этапа. Определение характерных величин и расчет конструкций приведен в EN 1997-1.

Тип испытания: F- полевое  
L – лабораторное

Корреляцион. зависимости

Результаты испытаний и  
расчетные значения



**Рисунок 1.1 - Общая схема для выбора полученных величин геотехнических характеристик**

(2) Результатами испытаний могут служить экспериментальные кривые или значения геотехнических параметров. В приложении А представлен список результатов испытаний, который может служить справочным указанием к стандартам по испытаниям<sup>1</sup>.

(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, предоставлен в приложениях к Разделу 4 данного нормативного документа и получен из литературных источников. Эти корреляционные зависимости могут связывать значения геотехнических параметров или коэффициентов с результатами исследований, таких как зависимость  $q_c$  – СРТ испытания. Также эти зависимости могут объединять геотехнические параметры с результатом исследований посредством теоретических разработок (например, при получении показателя значения угла сопротивления сдвигу  $\phi$  по результатам pressiометрических испытаний или по показателю пластичности).

<sup>1</sup> Геотехнические стандарты на исследования и их результаты разрабатываются в соответствии с CEN/TC341.

Примечание 3: В определенных случаях, определение геотехнических характеристик посредством корреляции не допускается выполнять ранее определения характерных величин, но после выполнения исследований, результаты последних могут быть исправлены и преобразованы для традиционных расчетов.

## 1.7 Связь между EN 1997-1 и EN 1997-2

(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 стандарт предоставляет правила для исследования грунта и получении геотехнических характеристик или значений коэффициентов которые впоследствии используются для определения характерных величин (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 площадке строительства
- Правила расчета основных типов геотехнических конструкций
- Некоторые допущения к выполняемым работам.

### EN 1997-2

#### Геотехнические исследования и испытания

- Подробные правила инженерно-геологических изысканий на площадке строительства
- Основные технические определения
- Отклонения характеристик грунтов оснований и геотехническая модель площадки строительства
- Примеры методик расчета, основанных на результатах инженерно-геологических изысканиях

### Стандарты исследований (CEN/TC 341)

#### Стандарты для

- методов бурения и отбора образцов, а также измерения уровня грунтовых вод
- лабораторных и полевых исследований скальных и нескальных грунтов
- испытание конструкций или их частей
- обозначения и классификации скальных и нескальных грунтов

### Производство геотехнических работ(CEN/TC 288)

#### Выполняемые стандарты

- специфические правила проектирования (информационные приложения)
- специфические методики проведения исследований

## Рисунок 1.2 – Общая структура стандартов CEN связанных с EN 1997

## 1.8 Условные обозначения и единицы измерения

(1) Для EN 1997-2 применяются следующие условные обозначения:

Примечание: Использование условных обозначений основано на ISO 3898: 1997.

### Латинские буквы:

$C_c$	коэффициент сжимаемости
$c$	сцепление обозначено в термине эффективные напряжения
$c_{fv}$	недренированное сопротивление срезу полученное по результатам полевых испытаний на срез крыльчаткой
$c_u$	недренированное сопротивление срезу
$C_s$	показатель набухания
$c_v$	коэффициент консолидации
$C_\alpha$	коэффициент вторичной компрессии
$D_n$	размер частиц, таких как $n$ % частиц по массе менее чем определенный размер, например $D_{10}, D_{15}, D_{30}, D_{60}$ и $D_{85}$
$E$	модуль упругости Юнга
$E'$	дренированный (долговременный) модуль упругости Юнга
$E_{FDT}$	дилатометрический модуль гибкости
$E_M$	прессиометрический модуль Menard
$E_{means}$	измеряемая энергия во время калибровки
$E_{oed}$	одеметрический модуль
$E_{PLT}$	модуль, полученный по результатам штамповых испытаний
$E_r$	коэффициент энергии ( $=E_{means}/E_{theor}$ )
$E_{theor}$	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
$I_D$	коэффициент относительной плотности
$I_{DMT}$	материальный коэффициент, полученный по результатам испытаний плоским дилатометром
$K_{DMT}$	коэффициент горизонтальных напряжений, полученный по результатам испытаний плоским дилатометром
$I_L$	показатель консистенции
$I_P$	показатель пластичности
$k_s$	коэффициент отпора основания
$m_v$	коэффициент сжимаемости
$N$	количество ударов на каждые 300 мм для зондирования методом SPT
$N_k$	сопротивление погружению конуса по СРТ (см. уравнение 4.1)
$N_{kt}$	сопротивление погружению конуса по СРТУ (см. уравнение 4.2)
$N_{10L}$	количество ударов на каждые 10 см пенетрации по результатам DPL
$N_{10M}$	количество ударов на каждые 10 см пенетрации по результатам DPM
$N_{10H}$	количество ударов на каждые 10 см пенетрации по результатам DPH
$N_{10SA}$	количество ударов на каждые 10 см пенетрации по результатам DPH-A
$N_{10SB}$	количество ударов на каждые 10 см пенетрации по результатам DPH-B
$N_{20SA}$	количество ударов на каждые 20 см пенетрации по результатам DPH-A

$N_{20SB}$	количество ударов на каждые 20 см пенетрации по результатам DPH-B
$N_{60}$	количество ударов по результатам SPT с учетом потерей энергии
$(N_1)_{60}$	количество ударов по результатам SPT с учетом потерей энергии и перпендикулярности к эффективным вертикальным напряжениям
$p_{LM}$	предельное давление Menard
$q_c$	сопротивление погружению конуса
$q_t$	сопротивление погружению конуса с учетом давления воды
$q_u$	компрессионные испытания при наличии возможности бокового расширения
$w_{opt}$	оптимальная влажность

## Греческие буквы

$\alpha$	корреляционный фактор для $E_{oed}$ и $q_c$ (см. уравнение 4.3)
$\phi$	угол сопротивления сдвигу
$\phi$	угол сопротивления сдвигу с учетом эффективных напряжений
$\mu$	корреляционный фактор для получения $c_u$ из $c_{fv}$ (см. уравнение 4.4)
$\rho_{d,max}$	максимальная плотность сухого грунта
$\sigma_c$	неограниченная компрессионная прочность скалы
$\sigma_p$	эффективное давление переуплотнения
$\sigma_t$	сопротивление растяжению скалы
$\sigma_{y0}$	суммарные вертикальные напряжения
$\sigma_{vo}$	эффективные вертикальные напряжения
$\nu$	коэффициент Пуассона

## Сокращения

CPT	зондирование коническим наконечником
CPTU	зондирование коническим наконечником с замераами давления воды
DMT	испытания плоским дилатометром
DP	динамическое зондирование
DPL	динамическое зондирование легкой установкой
DPH	динамическое зондирование тяжелой установкой
DPSH-A	динамическое зондирование супертяжелой установкой типа A
DPSH-B	динамическое зондирование супертяжелой установкой типа B
FDT	определение полных перемещений прессиометра
FVT	испытания гибким дилатометром
MPM	испытание прессиометром Менара
PBP	испытание прессиометром в скважине
PLT	штамповые испытания
PMT	прессиометрические испытания
RDT	дилатометрические испытания скалы
SBP	испытания дилатометром имеющим возможность самопогружения
SDT	дилатометрическое испытание грунтов
SPT	стандартное испытание не пенетрацию
WST	испытание на вращательный срез

(2) Для геотехнических расчетов рекомендуется применение следующих величин и множителей к ним

- сила	kN
- момент	kNm
- плотность	kg/m <sup>3</sup>
- удельный вес	kN/m <sup>3</sup>
- напряжение, давление, жесткость и упругость	kPa

- коэффициент размягчения  $m/s$
- коэффициент консолидации  $m^2/s$

## Раздел 2 Планирование исследований грунтов основания

### 2.1 Объект исследований

#### 2.1.1 Общие положения

(1) Геотехнические исследования необходимо планироваться таким образом, чтобы гарантировать тот факт, что необходимые геотехническая информация и данные являются доступны на всех стадиях проектирования. 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 наименования грунта, скальной породы и грунтовых вод, определение свойств скальных и нескальных грунтов, объединение в совместную базу информации о площадке.

(3) Р Необходимо выполнять тщательного накопления, учет и обработку геотехнической информации о площадке. Эта информация должна заключать в себе, соответственно, данные о состоянии грунта, инженерно-геологические условия, геоморфологические условия, сейсмичность и гидрологию. Показатели изменчивости грунта также необходимо учитывать.

(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:

- оценки существующих конструкций, т.е. зданий, мостов, тоннелей, набережных, дамб и откосов;
- истории развития изучаемой территории и соседних к ней участков.

(6) Оценка доступной информации и документов и их камеральная обработка должны предшествовать планированию программы исследований.

(7) Примеры документов и информации, которая может быть использована

- 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 фото-обработки;
- 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 исследована, а заключение сделанное экспертизой 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 возможно изменение:

- 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, необходимо провести дополнительные уточняющие испытания;
- должно быть учтено, что любые ограничения информации, показано в EN 1997-1:2004, 3.4.3 (1).

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

(12) Соответствующая система качества должна в лаборатории, при проведении полевых испытаний и проектных работ, а также компетентный контроль качества должен выполняться 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 выполнения оценки геотехнических параметров относящихся ко всем стадиям проектирования.

(2) Если это возможно, полученная информация должна подразумевать оценку следующих аспектов:

- 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, выпор грунта фильтрационным потоком, сдвиг скальных и нескальных масс, продольный изгиб свай и т.д.);
- нагрузки, передаваемые сооружению от грунтов (т.е. боковое давление на свай), 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, с целью применения их как строительных материалов, должны предоставлять описание материалов, для дальнейшего использования, и должны устанавливать соответствующие характеристики.

(2) Полученная информация должна давать возможность оценить следующие аспекты:

- 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 большие нагрузки 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 всю необходимую информацию о подземных водах, необходимую для выполнения геотехнического проектирования и строительства.

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

- уровня грунтовых вод, распространения и мощности водоносных горизонтов, , а также о характере развития трещин в скальных грунтах;
- изменения уровня грунтовых вод или пьезометрического уровня водоносного слоя и их возможное поведение во времени, а также существующего уровня грунтовых вод, включая возможные максимальные значения, периодичности их повторяемости;
- распределении давления воды в порах;
- химического состава и температуры 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.;

- способность грунта абсорбировать воду, поступающую в 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 типе ожидаемого расчета для проектируемой конструкции, например типа фундаментов, 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 место положения разведывательных скважин и точек зондирования. Исследования должны быть выполнены в точках, которые представляют изменение состояний скальных, нескальных грунтов и грунтовых вод.

(3) Исследования грунтов должны быть, как правило, выполнены поэтапно в зависимости от решаемой в данный момент задачи: планирование исследований, выполнение изысканий, проектирования 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 данного документа основываются на предпосылке, что результаты исследования на определенном этапе доступны необходимы до того момента, как начинается выполнение следующего этапа.

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

Примечание: Различные этапы проведения исследования, включая лабораторные и полевые работы и процесс определения характеристик скальных и нескальных грунтов, могут выполняться согласно приведенных схем 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 повсеместной устойчивости и общей пригодности строительной площадки;
- определения пригодности данной строительной площадки по сравнению с альтернативными;
- определения наиболее выгодного месторасположения строительной конструкции;
- определения возможного влияния планируемых работ на элементы окружающей среды, таких как, прилегающие здания, сооружения и соседняя территория;
- определения территорий, находящихся в зоне влияния строительства;
- рассмотрение различных вариантов устройства фундаментов и пособов 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 предоставлять оценку свойств грунтов, относительно:

- типа скальных или нескальных грунтов и их характеристика;
- уровень грунтовых вод или профиль порового давления;
- начальных напряжений и деформационных характеристик 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 предоставляют необходимую информацию для оценки факторов упомянутых в пункте 2.3, необходимо выполнить дополнительные исследования на стадии проектирования.

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

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

(3) Примеры различных типов полевых испытаний приведены ниже:

- полевые испытания (например СРТ, SPT, динамическое зондирование, WST, прессиометрические испытания, дилатометрические испытания, испытание штамповые испытания, полевое испытание грунта, крыльчаткой, испытания 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 сейсмическое профиля, георадарные исследования, измерение удельного сопротивления)
- крупно масштабные исследования, например определение несущей способности или непосредственное поведение моделей и опытных конструкций, например анкера.

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

Примечание: См. также В.2.

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

Табл. 2.1. Упрощенная классификация рекомендуемых методов для выполнения полевых исследований, раскрытых в разделах 3 и 4.

Методы полевых испытаний	Ожидаемые результаты																		
	Взятие образцов (проб)						Полевые исследования											Измерение грунтовых вод	
	Грунт			Скала			CPT & CPTU	Прессиометрия	RDT Гибкий дилатометр	SPT <sup>d</sup>	DPL / DPM	DPH / DPSH	WST	FVT	DMT	PLT	Открытая система	Закрытая 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 <sup>e</sup>	R3	R2		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Протяженность слоя <sup>b</sup>	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 Atterberg	F2	F1	-	-	-	-	-	-	-	-	F2	-	-	-	-	-	-	-	-
Плотность	C2 F1	C3 F3	-	R1	R1	-	C2 F2	-	-	-	C2 F2	C2	C2	-	-	C2 F2	-	-	-
Сопrotивление 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	-	-
Проницаемость	C2 F1	-		R1	-	-	C3 F2	F3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C2 F3	C2 F2
Химические исследования	C1 F1	C1 F1		R1	R1	-	-	-	-	-	C2 F2	-	-	-	-	-	-	-	-
a) терминологию см. раздел 3 и 4 b) в горизонтальном и вертикальном направлениях c) будет зависеть от типа прессиометра d) необходим отбор образцов e) только для мягких скал	R1 высокий для скальных грунтов C1 высокий для грубозернистых грунтов F1 высокий для мелкозернистых грунтов - не применяется						R2 средний для скальных грунтов C2 средний для грубозернистых грунтов F2 средний для грубозернистых грунтов						R3 низкой прочности скалы C3 низкой прочности крупные пески F3 низкой прочности мелкие пески						
* - основные типы грунта «мелкий» и «крупный» названы согласно ISO 14688-1 Примечание. Выбор методов исследований может изменяться, а также отличаться от приведенного в данной таблице в зависимости от характеристик грунтов основания (таких как наименование грунта, уровня грунтовых вод) и проектированного сооружения																			

(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 положения 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.

#### **2.4.1.3 Месторасположение и глубина точек исследования**

(1) Р Месторасположение точек и глубина 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 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 нагрузкой 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 также располагаться за пределами проектируемой территории, кроме того эти точки должны располагаться таким образом, чтобы возможно было оценить устойчивость откоса или выемки. В местах установки анкеров необходимо уделить внимание возможному возникновению внутренних усилий в местах 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 явиться изменениям характеристик грунтов и грунтовых вод);
- площадка, отведенная для проведения опытных работ, должна находиться от соседней территории на таком расстоянии, чтобы не оказывать нее негативного влияния;
- в местах исследования 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 с большим расстоянием, или возможно сокращения 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 штамповое испытание), то точки исследования должны быть назначены на соответствующем расстоянии.

(5) В случае сочетания, например, СРТ и буровых скважин, первоначально необходимо выполнить СРТ исследования. Минимальное расстояние должно быть таким, чтобы буровая скважина не совпадала с выемкой СРТ. Если предполагается первоначально выполнение 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 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 возможно использовать значения, представленные в В.3 для определения расстояния между расчетными точками и глубинами исследований.

#### **2.4.1.4 Отбор (образцов)**

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

- целями исследования;
- геологическими условиями площадки;
- сложности геотехнического строения;

(2) Для обозначения и классификации грунтов, как минимум одна скважина должна быть предназначена для отбора образцов. Отбор проб должен осуществляться по каждому отдельному грунтовому слою, который может повлиять на поведение конструкции.

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

(4) Дополнительная информация по отбору образцов представлена в Разделе 3.

#### **2.4.1.5 Грунтовые воды**

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

### **2.4.2 Лабораторные испытания**

#### **2.4.2.1 Общие положения**

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

#### **2.4.2.2 Визуальное освидетельствование и предварительное построения профиля грунта (карты структуры грунта)**

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

(2) Если обнаружены явные значительные отличия между разными частями одного и того же слоя, предварительный профиль грунта должен быть подразделен.

(3) В тех местах ,где это осуществимо, качество образцов должно быть оценено до начала проведения лабораторных испытаний. Категории 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 наблюдений 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 иметь многократную повторяемость. Первый этап, испытания для классификации и определения предела прочности представляются для наибольшего 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 проверено путем сравнения результатов тестов по классификации и определению модуля предела 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) Количество образцов, необходимое для испытаний, должно быть принято в соответствии со степенью однородности грунтов оснований, качеством и количеством сопоставимого опыта для данного грунта и геотехнической категории поставленной задачи.

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

(3) В зависимости от вида испытания, необходимо выполнять минимальное количество опытов.



Примечание: Минимальное рекомендуемое количество опытов 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 экспериментов.

(4) Минимальное количество исследований может быть также уменьшено, если не требуется оптимизация геотехнического проектирования и используются заниженные значения характеристик грунтов, или если дополнительно применяются сравнимый опыт или сочетание с информацией о полевых испытаниях.

#### 2.4.2.5 Классификационные тесты

(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 распространения, так 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 представлены в таблице 2.2. Такие исследования, как правило, представлены для всех стадий исследования грунтов.

Таблица 2.2 –Квалификационные исследования

Параметр	Тип грунта							
	Глины			Илы			Пески, гравели	
	Тип образца			Тип образца			Тип образца	
	Ненарушенный	Нарушенный	Восстановленный	Ненарушенный	Нарушенный	Восстановленный	Нарушенный	Восстановленный
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 Atterberga	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.

Примечание. Для некоторых типов грунтов, более расширенные исследования могут быть выполнены, например определение содержания органических примесей, плотность частиц грунта, активность скелета грунта.

### 2.4.2.6 Испытания образцов

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

(2) Для насыпи, или слоя песка или гравия, могут исследоваться восстановленные образцы. Восстановленные образцы должны быть максимально подобны составу, плотности и влажности, что и материал в природном залегании.

(3) Лабораторные исследования по определению характеристик для геотехнических расчетов представлены в таблице 2.3.

(4) Необходимую последовательность опытов для выполнения описания образцов скальных грунтов состоит из:

- геологическая классификация;
- определение плотности или насыпной объемной плотности ( $\rho$ );
- определение влагосодержания ( $w$ );
- определение пористости ( $n$ );
- определение прочности при одноосном сжатии ( $\sigma_c$ );
- определение модуля упругости Юнга ( $E$ ) и коэффициента Пуассона ( $\nu$ );
- исследование сопротивления от сосредоточенной нагрузки ( $I_{s,50}$ );

(5) Классификация скальных образцов, как правило, включает геологическое описание, обозначение качества скалы (RQD), степени уплотнения, трещиноватых зон, участков выветривания и распространения трещин. Также совместно с упомянутыми в п.2.4.26(4) мероприятиями возможно выполнение дополнительных исследований, которые могут быть выбраны для различных целей, например, определение плотности частиц, скорости распространения волн, определение прочности Бразильским способом, определение сопротивления сдвигу скальных грунтов и поверхностей разрывов, определение устойчивости горной породы выветриванию, испытания по определению пучинистых свойств а также испытания на истирание.

(6) Характеристики скальных масс, включая наслоения и трещины или разрывы, могут быть исследованы косвенно путем посредством сжатия и испытания на сопротивление сдвигу вдоль разрывов. В слабых скальных грунтах могут быть проведены дополнительные полевые испытания или крупномасштабные лабораторные испытания на образцах ненарушенной скальной породы.

Табл.2.3 Лабораторные исследования для определения геотехнических параметров

Геотехнический параметр	Тип грунта					
	Гравий	Песок	Ил	Глина NC	Глина OC	Заторфованные органические глины
Одометрический модуль $E_{oed}$ Коэффициент сжимаемости $C_c$ (одно направленная компрессия)	(OED) (TX)	(OED) (TX)	OED (TX)	OED (TX)	OED (TX)	OED (TX)
Модуль Юнга $E$ Модуль сдвига $G$	TX	TX	TX	TX	TX	TX
Дренарованное (эффективное) сопротивление сдвигу ( $c'$ ), ( $\varphi'$ )	TX SB	TX SB	TX SB	TX SB	TX SB	TX SB
Остаточное сопротивление сдвигу ( $c'_R$ ), ( $\varphi'_R$ )	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)
Недренированное сопротивление сдвигу ( $c_u$ )	-	-	TX DSS	TX DSS	TX DSS	TX DSS

			SIT	(SB) SIT	(SB) SIT	(SB) SIT
Плотность ( $\rho$ )	BDD	BDD	BDD	BDD	BDD	BDD
Коэффициент консолидации ( $c_v$ )			OED TX	OED TX	OED TX	OED TX
Проницаемость ( $k$ )	TXCH PSA	TXCH PSA	PTC TXCH (PTF)	TXCH (PTF) (OED)	TXCH (PTF) (OED)	TXCH (PTF) (OED)
<p>- = не применимо            ( ) = частично применимо, более конкретно см. Раздел 5            Сокращения            BDD определение плотности грунта            DSS прямой простой тест на сдвиг            OED одоментические исследования            PTF тест на проницаемость при снижающемся гидравлическом давлении            PTC тест на проницаемость при постоянном гидравлическом давлении            RS испытания в кольцевом сдвиговом приборе            SB испытания в смещающемся сдвиговом приборе            SIT испытание на показатель прочности (обычно проводится при одноосном нагружении)            PSA определение гранулометрического состава            TX трехосные испытания            TXCH определение постоянной проницаемости в приборе с трехосным обжатием</p>						

## 2.5 Контроль и мониторинг

(1) Проверки и дополнительные исследования должны быть выполнены 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 выполнять следующие контрольные измерения:

- проверка профиля грунта при отрывке котлована;
- освидетельствование дна котлована.

(3) Следующие общие контрольные измерения могут быть выполнены для:

- измерения уровня грунтовых вод или порового давления и их колебание;
- измерения поведения соседних сооружений, коммуникаций и изменения хода прочих строительных работ;
- непосредственные измерения поведения объекта строительства

Примечание: При использовании метода наблюдений 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. В соответствии с выполненными исследованиями необходимо предоставить отчет.

## **Раздел 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 в соответствии с:

- с требованиями, предъявляемыми к категориям образцов, как определено в пунктах 3.4.1 и 3.5.1;
- требуемой глубиной, которую необходимо достигнуть и диаметром образца;
- назначением буровой установки, ее характеристик, например, регистрация получаемых при бурении параметров, автоматическое или ручное управление.

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

### **3.3 Отбор проб путем экскавации**

(1) 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 проб и лабораторные классы по качеству образцов**

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

(2) В зависимости от желаемого качества образца необходимо учитывать 3 категории методов отбора проб (EN ISO 22475-1), согласно указанной далее классификации (для определения качества образцов см. таблицу 3.1):

- категория А методов отбора образцов: возможно получить образцы класса по качеству 1-5;
- категория В методов отбора образцов: возможно получить образцы класса по качеству 3-5;
- категория С методов отбора образцов: возможно получить только образцы класса 5.

(3) Образцы класса по качеству 1 или 2 могут быть получены только при использовании методов отбора категории А. Цель состоит в том, чтобы получить образцы класса по качеству 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 соответствуют 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 по качеству.

(4) Использование методов категории В отбора образцов будет предотвращать достижение образцов классов по качеству 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 у грунта 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 по качеству образцов.

(5) Используя методов категории С отбора проб, невозможно получить образцы класса по качеству 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 отображают природной грунтового слоя, из которого взяты образцы.

(6) Образцы грунтов для лабораторных испытаний разделены на 5 классов по качеству в соответствии с характеристиками, которые предположительно остаются неизменными в течение отбора проб, транспортирования и хранения. Классы представлены в таблице 3.1 вместе с применяющейся категорией отбора проб.

Табл. 3.1. Классы по качеству образцов для лабораторных исследований и применяемые категории отбора проб

Свойства грунтов/ классы по качеству	1	2	3	4	5
Неизменные свойства грунтов					
Размер частиц	*	*	*	*	
Влажность	*	*	*		
Плотность, коэффициент плотности, проницаемость	*	*			
Сопротивление срезу, деформативность	*				
Свойства, которые могут быть определены					
Последовательность слоев	*	*	*	*	*
Граница между слоями - широкая	*	*	*	*	
Граница между слоями - узкая	*	*			
Пределы Аттенберга, пористость, проницаемость	*	*	*	*	
Влажность	*	*	*		
Плотность, коэффициент плотности, проницаемость	*	*			
Сжимаемость, сопротивление срезу	*				
Категории отбора образца в соответствии с EN ISO 22475-1	A				
			B		
					C

### 3.4.2 Отождествление нескальных грунтов

(1) Р Отождествление нескальных грунтов необходимо выполнять 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, геологических условий площадки, и сложности геотехнического строения, а также в соответствии с проектируемым сооружением.

(2) Возможно применение 2 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 в забое скважины;
- бурение для отбора образцов только в специальных заранее подготовленных котлованах, например, раздельно проведенные зондирования.

(3) Категории 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) Необходимо выполнение требований EN ISO 22475-1, для выбора метода бурения скважин или отрывки котлована, а также для выбора оборудования для взятия образцов, отвечающего требованиям предписанной категории отбора проб нескальных грунтов.

Примечание: Восстановление почти полностью разрушенного образца практически невозможно по причине многих факторов, к которым относятся изменение расположения частиц, вызванное операциями отбору образцов, а также из-за неизбежного снижения внутренних напряжений при восстановлении образца. Влияние этих факторов на степень повреждения зависит от применяемой категории отбора проб 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 расчетных характеристик нескальных грунтов. Как следствие, во время подготовки программы отбора проб, упомянутые выше факторы должны быть учтены для того, чтобы определить степень нарушения, которая может быть приемлема и, следовательно, определиться с методами отбора образцов.

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

(6) P Размеры образцов, которые планируется восстановить, должны соответствовать типу нескального грунта, типу и количеству предполагаемых к выполнению опытов.

Примечание: См Раздел 5 и приложений L, M, N, P, Q, R и S.

(7) Образцы должны браться на границе каждого слоя и на определенном расстоянии, не более чем 3 метра. 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) P Отбор, транспортирование и хранение образцов должно 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 проб

(1) Р Образцы должны содержать все минеральные составляющие слоя, из которого они были взяты. Они не должны быть загрязнены материалами из другого слоя или добавками, применяемыми в течение отбора проб.

(2) Р Разрывы, трещины и соответствующие заполняющие их материалы в массиве скальных грунтов часто определяют прочностные и деформационные характеристики скалы в целом. Следовательно, они должны быть определены наиболее точно в течение производства работ по отбору проб, если требуется определить данные характеристики.

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

- категория А методов отбора образцов;
- категория В методов отбора образцов;
- категория С методов отбора образцов.

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

(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 скальной массы и, соответственно, изменение прочностных и деформационных характеристик, влагосодержания, плотности, пористости и проницаемости самой скальной массы. Некоторые непредвиденные обстоятельства, такие как изменчивость геологического слоя, могут привести к достижению более низких классов по качеству.

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

#### 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 выполнять в соответствии с EN ISO 14689-1.

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

(3) Р Разрывы массива, такие как поверхности напластования, стыки, трещины, кливажи и дефекты, должны быть определены в соответствии с образцами, расстояниями и наклоном, используя однозначные определения. Определение количества необходимо приводится в соответствии с п.4.3.3. EN ISO 14689-1:2009

(4) Р Обозначения качества скальных грунтов (RQD), полный выход керна, выход керна столбиками приводить 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 и исследовании опытной площадки, 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 пункте 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 отрывки котлована и выбора оборудования для отбора образцов.

(4) Для настоящего проекта, особое оборудование для отбора образцов и методы производства работ могут быть необходимы с учетом категории отбора образцов скальных грунтов, согласно п. 3.5.1.

### **3.5.4 Отбор, транспортирование и хранение образцов**

(1) Р После выполнения 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 выполнять в соответствии с пунктом 2.1.4.

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

Примечание: Подпункт 3.6 указывает на измерения положительного порового давления воды соответственно атмосферному давлению. Измерения отрицательного давления воды в порах не учитывается..



### 3.6.2. Планирование и осуществление измерений

- (1) P При необходимости измерения уровня грунтовых вод и отбора образцов данные работы должны быть проведены в соответствии с EN ISO 22475-1.
- (2) P Тип оборудования, применяемого при измерении уровня грунтовых вод, должен быть подобран в соответствии с типом и степенью проницаемости грунтов, целью измерений, временем проведения опыта, ожидаемыми колебаниями уровня грунтовых вод во времени, и временем отклика опытного оборудования и самого грунта.
- (3) Существует 2 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, снабженной 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 слои и полупроницаемых слоев), 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 могут быть использованы для всех типов скальных и нескальных грунтов. Такие системы должны быть использованы для скальных и нескальных грунтов с малой водопроницаемостью (относительный водоупор), например глина или слаботрещиноватые скальные грунты. Закрытые системы также рекомендованы к использованию, когда имеется большое давление артезианских вод.
- (6) P В случае возможности изменений в течение короткого времени или быстрого колебание воды в порах, необходимо производить непрерывную регистрацию с использованием датчиков и регистрирующих устройств для любых типов скальных и нескальных грунтов.
- (7) P В случае, наличия открытой водной поверхности на площадке исследования или близко нее, уровень грунтовых вод необходимо рассматривать с учетом измерений уровня грунтовых вод. Также необходимо замерять уровень воды в колодцах, возникновение источников и артезианских вод..
- (8) P Количество, месторасположение и глубина 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) P Для проведения мероприятий по контролю работ, таких как понижение уровня грунтовых вод, отрывка котлована, заполнение тоннелей, положение точек измерения должно быть выбрано в соответствии с ожидаемыми изменениями в процессе мониторинга.
- (10) Для справочных целей измерения природных колебаний уровня грунтовых вод, по возможности, необходимо выполнять 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 выполнены 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 должно быть записано 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 предметом ограничения, согласно п.3.6.2 (4). Необходимо учитывать опасности, связанные с возможностью соединения различных водоносных слоев, так же, 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 периода наблюдения, период года измерений и климатические условия в течение и до этого периода.

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

(3) Р При возможности у измеренных величин колебания уровня грунтовых вод необходимо выделять верхние и нижние пределы как для чрезвычайных, так и для нормальных условий путем добавления или вычитания ожидаемых колебаний или в соответствующих чрезвычайных или нормальных обстоятельствах. Отсутствие достоверной информации о колебаниях грунтовых вод за протяженный период может сделать необходимым использование поправочные значения, учет которых требует выполнять осторожную оценку.

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

Примечание: В приложении С представлен пример статистического метода определения уровней грунтовых вод в случае, когда являются доступными продолжительные измерения в измерительной скважине на прилегающей территории и измерения за кратковременный период площадке исследований.

## Раздел 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) Полевые испытания должны быть спланированы в соответствии с нижеперечисленными общими положениями (см. так же Раздел 2):

- геология/слоистая структура грунта;
- тип стрительной конструкции, возможный 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 данном разделе:

- испытание коническим зондом;
- прессиометрическое и дилатометрическое испытание;
- стандартное пенетрационное испытание грунта;
- динамическое зондирование;
- ультразвуковой тест;
- полевое испытание грунта зондированием крыльчаткой;
- испытание плоским дилатометром;
- испытание нагрузкой по всей поверхности образца.

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

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

### 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), предоставляется следующая информация:

- ожидаемый профиль грунта;
- планируемая общая глубина исследований;
- уровень земной поверхности и, если уместно, 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. так же Таблицу 2.1. и В.2....

### 4.2.2 Выполнение работ

(1) Для испытаний, указанных в данном 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 ультразвукового испытания и плоского дилатометрического испытания можно найти соответственно в CEN ISO/TS 22476-10 и CEN ISO/TS 22476-11.

(2) Если результаты, полученные в течении длительного исследования, 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 желаемая глубина исследований, клиент должен быть немедленно проинформирован об этом.

### 4.2.3 Анализ и оценка результатов

(1) При анализе результатов полевых испытаний, особенно в контексте получения геотехнических характеристик/коэффициентов от результатов, должна учитываться любая дополнительная информация об грунтовых условиях.

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

(3) При оценке результатов испытаний следует учитывать возможное геотехническое влияние и воздействие оборудования на измеряемые характеристики. Если не скальные грунты или скальные грунты проявляют анизотропию, следует уделить внимание оси приложенной нагрузки в соответствии с анизотропией.

(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 следующее: условия грунта на местности при исследовании (тип грунта, коэффициент однородности, показатель консистенции) должны быть совместимы с граничными условиями предоставленными для корреляции. При наличии опыта работы в данной местности, его необходимо учитывать соответствующим образом.

Примечание 1: Приложения D-K демонстрируют примеры корреляции для определения расчетных величин и для применения результатов исследований в расчетах и проектировании.

Примечание 2: Приложение X.3 содержит примеры корреляции для определения расчетных величин, а также использования результатов испытаний непосредственно при расчетах и проектировании.

### 4.3 Испытания грунта коническим и пьезоконическим зондом (СРТ, СРТУ)

#### 4.3.1 Задачи

(1) Задача испытания коническим зондированием заключается в том, чтобы определить сопротивление нескальных и мягких скальных грунтов проникновению конуса и местное боковое трение по поверхности гильзы (муфты трения).

(2) Испытание СРТ осуществляют путем вертикального продавливания грунта коническим пенетрометром с использованием необходимого количества штанг. Конический пенетрометр должен погружаться в землю с постоянной скоростью погружения. Конический пенетрометр представляет собой конус и, если необходимо, цилиндрическую гильзу ствол или муфту трения. Сопротивление погружению конуса ( $q_c$ ), и, если применимо, боковое трение вдоль муфты трения также подлежат измерению.

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

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

(5) Испытания грунта пьезоконическим зондом - это электрическое СРТ, оно включает в себя дополнительные инструменты для измерения порового давления воды в ходе погружения, которое производится на уровне основания конуса.

(6) Результаты СРТУ используются в основном для определения профиля грунта совместно с результатами выборки образцов методом бурения и выемки грунта в соответствии с Разделом 3 или в сравнении с результатами других видов испытаний.

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

(8) Результаты также могут быть использованы для определения длины свай и соответственно их сопротивления при сжатии и растяжении 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, должны быть решены следующие задачи в дополнение к требованиям, указанным в 4.2.1:

- тип необходимого испытания грунта коническим зондом в соответствии с EN ISO 22476-1 или EN ISO 22476-12;

- глубина и продолжительность испытаний 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 указано в отчете. В частности, должно быть прокомментировано любое вызванное им влияние на результаты.

### 4.3.3 Оценка результатов испытаний

(1) Р В дополнение к требованиям, указанным в 4.2, полевые отчеты и испытательные протоколы 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 и производные величины

#### 4.3.4.1 прочность на смятие (несущая способность) и осадка фундамента мелкого заложения

(1) Р Если данные по сопротивлению смятию и осадка 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) 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 из  $q_c$ , как показано в примере.

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

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

или в случае с СРТУ:

$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}} \quad (4.2.)$$

где

$q_c$ - Сопротивление проникновению конического зонда в грунт

$q_t$  - Сопротивление проникновению конического зонда в грунт с поправками при действии водяного давления в порах

$N_k$  и  $N_{kt}$  - Коэффициенты, рассчитанные на основании имеющегося местного опыта или путем проведения достоверного сравнения.

$\sigma_{v0}$  - Исходное суммарное вертикальное геостатическое давление на рассматриваемой глубине.

(4) Если используется аналитический метод для расчета сопротивления смятию (приложение D EN 1997-1:2004), угол сопротивления сдвигу ( $\varphi'$ ) может быть определен из сопротивления конуса, на основании имеющегося локального опыта, учитывая влияние глубины, если применимо.

Примечание 1: Пример диапазона величин при вычислении  $\varphi'$  из  $q_c$  для кварцевого песка и полевых шпатов представлен в D.1, он используется в расчете сопротивления на смятие фундаментов мелкого заложения, когда влияние глубины не учитывается.

Примечание 2: Дополнительно, пример соотношения между  $\varphi'$  из  $q_c$  для песков плохого гранулометрического состава представлен в D.2. Представленное в D.2 соотношение должно быть учтено как данные для приближенного подсчета (с завышением погрешности).

(5) Более сложные методы могут также быть использованы для определения  $\varphi'$  на основании  $q_c$  с учетом эффективного вертикального напряжения, сжимаемости, а также коэффициента переуплотнения.

(6) Если согласованный метод упругости используется для расчета осадки фундаментов мелкого заложения из результатов СРТ, соотношение между коническим сопротивлением и модулем упругости Юнга, полученным на основании дренированных образцов для длительного периода ( $E'$ ), зависит от характера метода: полуэмпирический метод расчета упругости или теоретический метод расчета упругости.

Примечание: Согласованный метод эластичности представлен в EN 1997-1:2004, Приложение F.

(7) Полуэмпирические методы могут быть использованы для расчетов осадки грубозернистого грунта.

Примечание: Пример приведен в D.3.

(8) При использовании теоретического метода определения упругости, дренированный модуль Юнга (полученный на основании дренированных образцов для длительного периода) ( $E'$ ), может быть определен по сопротивлению конуса, на основании существующего местного опыта.

Примечание: Пример значений для образцов кварцевого песка и полевых шпатов представлен в D.1 для расчета величины  $E'$  из  $q_c$ .

(9) Соотношения между модулем одометра ( $E_{oed}$ ) и сопротивлением конуса  $q_c$  могут также использоваться при расчете осадки фундаментов мелкого заложения. Отношение между  $E_{oed}$  и сопротивлением конуса  $q_c$  обычно имеет вид:

$$E_{oed} = \alpha \times q_c$$

Где  $\alpha$  - .....коэффициент корреляции, который зависит от местного опыта



Примечание: Пример корреляции представлен в D.4

(10) При использовании теоретического метода расчета упругости для расчета осадки фундаментов мелкого заложения, может использоваться модуль одометра  $E_{oed}$ , зависящий от нагрузки и основный 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 D.5. Корреляции, представленные в D.5, должны учитываться как данные для приближенного подсчета (с завышением погрешности)..

#### 4.3.4.2 Сопротивление сваи смятию

(1) Если конечное сопротивление смятию и растяжению свай в соответствии с EN 1997-1:2004, 7.6.2.3 или 7.6.3.3 получено из результатов СРТ, следует использовать правила подсчета основанные на установленных на месте корреляции между результатами испытаний статической нагрузкой и результатами СРТ.

Примечание 1: Пример такого соотношения для грубозернистого грунта приведен в D.6.

Примечание 2: Пример предназначен для оценки сопротивления смятию одной сваи на основе значений  $q_c$  из СРТ в D.7.

### 4.4 Прессиометрические испытания (PMT)

#### 4.4.1 Задачи

(1) Задачей прессиометрического испытания является измерение в условиях естественного залегания деформации грунта и мягких скальных грунтов когда эта деформация вызвана расширением цилиндрической гибкой мембраны под давлением.

(2) Р Испытание проходит следующим образом: зонд, содержащий цилиндрическую гибкую мембрану, опускается либо непосредственно в грунт, либо в предварительно подготовленную скважину, путем самостоятельного бурения или путем проталкивания с полным вытеснением грунта. Один раз на заранее определенной глубине мембрана расширяется под давлением и показания давления и расширения фиксируются, пока не будет достигнуто максимально возможное расширение.

Примечание: Расширение измеряется по радиальному вытеснению, или подсчитывается по изменению объема цилиндрической мембраны.

(3) Испытание должно быть использовано для получения данных о пределе прочности и деформации грунта или по специфическим параметрам прессиометра.

(4) Результаты могут быть использованы для получения кривых нагрузка-деформация в мелкозернистом грунте и для мягких скальных 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 4 различных типа в большинстве случаев подходящего оборудования, для которого используются соответствующие стандарты:

- прессиометры, требующие предварительного бурения (PBP), например, для дилатометрического испытания на изгиб (FDT), согласно EN-ISO 22467-5;
- прессиометр Менара (MPM), специальная форма 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: PBP и MPM заглубляются в скважину, подготовленную специально для испытаний прессиометром. SPB ввинчивается в грунт при использовании буровой головки, расположенной на нижнем конце таким образом, чтобы зонд вытеснял материал, который он удаляет, и таким образом образовывал собственное буровое отверстие. FDP, как правило, заталкивают в грунт при помощи цельного конуса, расположенного в нижней части аппарата, и таким образом образуют свое собственное буровое отверстие. MPM могут в некоторых случаях заталкивать 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:

- методика получения модуля прессиометра ( $E_m$ ), и предельного давления ( $P_{LM}$ ), что может быть использовано в методиках расчета, сформулированных для прессиометра Менара;
- методика получения других характеристик жесткости и прочности.

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

(5) Р Любые отклонения от требований, представленных в соответствующих нормативах, должны быть соответствующим 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 для достижения жесткости мембраны применительно к реальному давлению, приложенному 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 испытании слабых скальных грунтов, должна быть сделана поправка на смятие сжатие и истончение мембраны.

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

(4) Р В дополнение к требованиям, представленным в 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 испытания индивидуального оборудования, следует учитывать список необходимых дополнительных кривых по таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Список дополнительных графиков.

Зонд	Тип грунта	Абсцисса	Ордината
Радиальное смещение			
Оборудован системой бурения, задавливается	Все	Деформация пустот для каждого рычага	Используемое давление
Требует 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 МРМ) <sup>a</sup>			
Требует предварительного бурения	Все	Изменение объемов	Используемое давление
Требует предварительного бурения	Все	Скорость изменения объемов	Используемое давление
<sup>a</sup> Для испытаний МРМ давление изображается как абсцисса, а изменение объема как ордината.			

#### 4.4.4 Использование результатов испытаний и производные величины

##### 4.4.4.1 Общие критерии

(1)Р При использовании косвенного или аналитического метода расчета, геотехнические характеристики сопротивления сдвигу и модуля сопротивления должны быть получены при помощи прессиометрической кривой с использованием методов, пригодных для применения с используемым типом испытания и оборудования.

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

Примечание: В непосредственных методиках расчета фундаментов вместо обычных характеристик грунтов используют непосредственно 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 из результатов, полученных с помощью прессиометра Менара.

Примечание: Примеры расчета осадки можно найти в Е.2.

#### 4.4.4.2 Сопротивление смятию фундаментов мелкого заложения

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

Примечание 1: Полуэмпирический метод Менара представлен в EN 1997-1:2004, приложения Е.

Примечание 2: Пример расчета сопротивления сжатию представлен в Е.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 сопротивления сдвигу может быть определен из испытания 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 Е.2.

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

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

#### 4.4.4.4 Сопротивление смятию свай

(1) Предельное сопротивление свай смятию можно получить непосредственно при помощи испытания на контролируемое напряжение.

Примечание: Пример расчета предельного сопротивления вдавлению представлен в Е.3

(2) В случае, если предельное сопротивление смятию или растяжению сваи получено косвенно из результатов прессиометрического испытания, то для получения значений сопротивления основания и ствола может быть использован аналитический метод, но только с учетом местного опыта.

## 4.5 Испытание дилатометром на изгиб (FDT)

### 4.5.1 Задачи

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

(2)P Испытание проводится следующим образом: в буровую скважину опускают цилиндрический зонд, который имеет внешнюю расширяемую гибкую мембрану, далее производится измерение радиального смещения скважины через определенные временные интервалы или в полунепрерывном режиме в момент расширения зонда при известном радиальном давлении.

(3) Метод RDT следует использовать главным образом для мягких и твердых горных образований 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 испытании ненарушенного скального грунта.

(5) В хрупких и глинистых скальных грунтах, а также в растресканных и тесно расположенных формациях, где и нельзя получить хороший крен или типичные образцы для лабораторных испытаний, возможно использование цилиндрического дилатометрического испытания для быстрого картоажа скважины и для сравнения относительного предела деформации различных горных пластов.

### 4.5.2 Специфические требования

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

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

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

### 4.5.3 Оценка результатов испытаний

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

(2) Для интерпретации результатов дилатометрических испытаний на изгиб необходимо, чтобы были известны так же коэффициент Пуассона для скальных и нескальных грунтов либо его значение было предположено с известным допущением.

#### 4.5.4 Использование результатов исследований и производные величины

- (1) Результаты dilatометрических 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 модулю dilatометра с учетом того, что скальные и нескальные грунты линейно упруги и изотропны.
- (3) При использовании косвенного или аналитического метода расчета, геотехнические характеристики модуля сдвига должны быть получены при помощи dilatометрической кривой с использованием методов, применимых для данного конкретного типа испытаний.

#### 4.6 Стандартное испытание грунта на пенетрацию (SPT)

##### 4.6.1 Задачи

- (1) Целью стандартного испытания грунта на пенетрацию является определение сопротивления грунта в основании скважины динамической пенетрации ..... разъемного керноотборника с вкладной грунтоприёмной гильзой (или сплошного конуса), а также получение нарушенных образцов для идентификации типа грунта.
- (2) Керноотборник должен быть погружен в грунт путем удара молота массой 63,5 на упорную плиту или головку с высоты 760 мм. Число ударов, необходимое для проникновения керноотборника на 300 мм (после проникновения ниже действия силы гравитации и нижней направляющей) и является сопротивлением пенетрации.
- (3) Испытание должно быть использовано главным образом для определения предела прочности и характеристик деформации крупнозернистых песков.
- (4) Ценные дополнительные данные могут быть также получены и для других видов грунтов.

##### 4.6.2 Специфические требования

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

- (1) В дополнение к представленным в 4.2 требованиям для оценки испытаний используются полевые отчеты и протоколы испытаний в соответствии с EN ISO 22476-3.
- (2) 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) 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 в течение калибровки) переданной ударной установкой на штанги, расположенные ниже упорной плиты к теоретической энергии  $E_{theor}$ , рассчитанной для ударной установки. Измеренное количество ударов  $N$  должно быть соответственно исправлено (EN ISO 22476-3).

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

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

#### 4.6.4 Использование результатов испытаний и производные величины

##### 4.6.4.1 Общие критерии

(1) При работе с песками может быть использован широкий имеющийся эмпирический опыт для данного испытания, например для количественной оценки индекса плотности, сопротивления сжатию и осадки фундаментов, хотя конечно эти результаты следует использовать как приблизительные данные. Большинство существующих методов до сих пор основываются на некорректированных или частично откорректированных значениях.

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

(3). Результаты этого испытания 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 сопротивления сдвигу ( $\varphi'$ ) можно получить из результатов проведения испытания SPT (стандартное зондирование на пенетрацию).

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

(2) Значение  $\varphi'$  можно получить опытным путем:  
 - непосредственного сравнения с результатами SPT;  
 - сравнения с показателем плотности, который получен из результатов SPT .

Примечание 1: См. пример F.1. и F.2.

Примечание 2: Представленные в F.1. корреляции могут быть использованы для определения индекса 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» отражается в большем количестве необходимых ударов молота, его следует учитывать.

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

Примечание 1: В F.1. продемонстрированы 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  $\sigma'$ , полученная с использованием индекса плотности из корреляций может иметь значительную погрешность и степень допущения.

#### 4.6.4.3 Осадка фундаментов мелкого заложения в песках

(1) При использовании исключительно метода расчета на упругость недренированный модуль упругости Юнга можно получить из  $N$ - величин методом эмпирических сравнений.

(2) Показатель плотности можно получить, основываясь на  $N_{60}$ . Далее можно использовать соответствующую корреляцию для получения  $E'$  через показатель 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 смятию для максимальной осадки 25 мм или осадки при заданном давлении можно получить путем соответствующих методик, с учетом ширины основания, укрепление в грунте и положения грунтовых вод.

Примечание: Может быть использован метод отбора проб для расчета осадок фундаментов мелкого заложения в песках, указанный в F.3.....

#### 4.6.4.4 Сопротивление смятию свай в песке

(1)P Если предельное сопротивление смятию и растяжению свай получено из результатов испытания SPT в соответствии с EN 1997-1:2004, 7.6.2.3. или 7.6.3.3., 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 грунта и мягкого скального грунта в естественном залегании при динамическом погружении зонда.

(2) P Для забивки зонда применяют молот определенной массы и высоты падения. Сопротивление забиванию определяется количеством ударов, необходимых для того,



чтобы погрузить зонд 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 по образцам, полученным путем бурения и выемки грунта в соответствии с Разделом 3 или для относительного 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 несущих слоев.

#### 4.7.2 Специфические требования

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

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

Примечание: Может быть использовано 5 основных методик в соответствии с EN ISO 22476-2., охватывающих широкий список операций, которые можно выполнять при 1 ударе молота:

- Динамическое зондирование легкое (DPL): испытание, демонстрирующее самые низкие показания предела массы динамических зондов. Кол-во ударов:  $N_{10L}$ . ...
- Динамическое зондирование среднее (DPM): испытание, демонстрирующее средние показания предела массы динамических зондов. Кол-во ударов:  $N_{10M}$ .
- Динамическое зондирование тяжелое (DPH): испытание, демонстрирующее середину самого большого значения массы динамических зондов. Кол-во ударов:  $N_{10M}$ ....
- Динамическое зондирование супертяжелое (DPSH): испытание, демонстрирующее предельное значение массы динамических зондов, близко связанное с размерами зонда SPT. Кол-во ударов:  $N_{10SA}$   $N_{20SA}$   $N_{10SB}$   $N_{20SB}$ . ....

(3) P 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 со ссылкой на:

- глубину погружения и массу молота;
- размеры зонда: например, площадью 10 см<sup>2</sup> для зонда DPM, вместо 15 см<sup>2</sup> 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)P В дополнение к требованиям, изложенным в п. 4.2, для целей анализа следует использовать также отчеты о полевых работах и акты лабораторных испытаний, в соответствии со стандартом 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 EN ISO 22476-2:2005, 5.4.

#### 4.7.4 Использование результатов исследований и производные величины

(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 испытания 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 включены в Приложение G.

Примечание 2: Представленные в Приложении G корреляционные зависимости должны учитываться как оценки с большим допуском.

(4) При использовании аналитического метода определения сопротивления сжатию фундаментов мелкого заложения можно определить угол сопротивления сдвигу ( $\phi$ ) грубозернистого грунта по числу ударов и соответствующему показателю плотности ( $I_d$ ), со всеми возможными вытекающими взаимосвязями.

Примечание 1: Пример аналитического метода приводится в стандарте EN 1997-1:2004, D.4.

Примечание 2: Подобные зависимости для определения  $\phi$  представлены как примеры в п.G.1 и G.2.

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

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

Примечание 2: Соответствующие примеры зависимостей для определения компрессионного модуля представлены в п.G.3.

(6) Если в проектных расчетах используются известные соотношения между предельным сопротивлением сжатия при испытаниях несущей способности сваи при статических нагрузках (см. EN 1997-1:2004, 7.6.2.3) и сопротивлением погружению зонда ( $q_c$ ) в

грубозернистый грунт, то можно получить  $q_c$  по значениям  $N_{10}$  или  $N_{20}$  с использованием установленных взаимозависимостей.

Примечание 1: Примеры взаимосвязей при динамическом зондировании (DPH) приводятся в п. G.4.

Примечание 2: Примеры зависимостей между результатами различных испытаний динамическим зондированием даны в п. G.5.

## 4.8 Испытание грунтов статической вдавливающей нагрузкой (WST)

### 4.8.1 Задачи

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

(2) Р Испытание грунта статической вдавливающей нагрузкой должно быть проведено как статическое зондирование мягкого грунта, если сопротивление погружению составляет менее 1 кН. Если величина сопротивления превышает 1 кН, то зонд следует вращать ручным или машинным способом, и фиксировать количество полуоборотов на конкретной глубине погружения. Производится непрерывная регистрация данных в соответствии с глубиной, однако извлечение образцов не производится.

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

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

(4) Испытание грунта статической вдавливающей нагрузкой может также использоваться для оценки показателя плотности грубозернистых грунтов.

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

### 4.8.2 Специфические требования

(1) Проведение испытания и оформление его результатов должно осуществляться в соответствии с признанной методикой.

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

Примечание: Дальнейшую информацию о порядке проведения, оформлении и аналитической оценке результатов испытания грунта статической вдавливающей нагрузкой можно найти в евроstandarte CEN ISO/TS 22476-10.

### 4.8.3 Оценка результатов испытаний

(1) При оценке результатов испытаний должны быть соблюдены представленные в п.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 п.4.8.2(1).

Примечание: Дальнейшую информацию о порядке проведения, оформлении и аналитической оценке результатов испытания грунта статической вдавливающей нагрузкой можно найти в евро стандарте CEN ISO/TS 22476-10.

(3) На оценку результатов испытания могут оказать влияние следующие факторы:

- изменение сопротивления по глубине может зависеть от чередования последовательности 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, имеющих плотность от низкой до очень низкой, регистрируются довольно низкие и постоянные значения сопротивления;
- в илах и мелкозернистых песках от средней до высокой плотности регистрируются более высокие (от 10 до 30 полуоборотов на каждые 0,2 м погружения) значения сопротивления, 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 высоким показателям плотности, прочности и деформации.

### 4.8.4 Использование результатов испытаний и производные величины

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

(2) При использовании аналитического метода для сопротивления сжатию угол сопротивления сдвигу  $\varphi$  можно определить по зависимости от сопротивления вдавливающей нагрузке.

Примечание: Примеры аналитических методов приводятся в стандарте EN 1997-1:2004, Приложение D.

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

Примечание: В Приложении Н приводится пример корреляционных зависимостей, выведенных для кварца и полевых шпатов в Европейском регионе.

(4) Если для расчета осадок фундаментов мелкого заложения по результатам испытаний грунта статической вдавливающей нагрузкой используется адаптированный метод определения упругости (с учетом необходимых поправок), то по сопротивлению

вдавливающей нагрузке, можно определить дренированный (долгосрочный) модуль продольной упругости Юнга ( $E'$ ). Например, в случае кварцевых и полевошпатовых песков угол сопротивления сдвигу ( $\varphi$ ) можно определить по сопротивлению статической вдавливающей нагрузке.

Примечание 1: Подобный адаптированный метод определения упругости приводится в стандарте EN 1997-1:2004, Приложение F.

Примечание 2: Пример корреляционной зависимости для получения угла сопротивления сдвигу кварца и полевых шпатов приводится в Приложении H.

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

(6) В мелкозернистых грунтах сопротивление вдавливающей нагрузке может быть использовано для оценки недренированной прочности на сдвигу грунт, определяемого на основании местного опыта, с учетом чувствительности грунта и условий грунтовых вод в скважине.

## 4.9 Полевое испытание грунта зондированием крыльчаткой (FVT)

### 4.9.1 Задачи

(1) Целью полевого испытания грунта зондированием крыльчаткой является измерение в месте естественного залегания грунта сопротивления вращению крыльчатки, установленной в мягком мелкозернистом грунте для определения недренированной прочности на сдвиг и чувствительности грунта.

(2)Р Полевое испытание грунта зондированием крыльчаткой осуществляется прямоугольной крыльчаткой, состоящей из четырех пластин, расположенных под углом 90 друг к другу, которая вдавливается в грунт на определенную глубину и вращается.

(3) Полевое испытание грунта зондированием крыльчаткой может 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, могут быть измерены значение сопротивления сдвигу преобразованного грунта и рассчитана чувствительность грунта.

### 4.9.2 Специфические требования

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

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

### 4.9.3 Оценка результатов испытаний

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

(2) Результаты других полевых испытаний, например CPT (исследование погружением зонда), SPT (стандартный тест на проникновение), WST (испытание статической вдавливающей нагрузкой) или DP (динамическое зондирование), если таковые проводились, должны быть также доступны и учтены

### 4.9.4 Использование результатов испытаний и полученных значений

(1) P Если сопротивление сжатию фундаментов мелкого заложения, предельное сопротивление на смятие и растяжение или устойчивость откосов установлены на основании результатов полевых испытаний грунта зондированием крыльчаткой, следует использовать аналитический метод расчета.

(2)P Для того, чтобы получить производные величины для данных о недренированном сопротивлении сдвигу по результатам полевых испытаний грунта зондированием крыльчаткой, результат испытания должен быть скорректирован по формуле:

$$C_r = \mu \times C_{fv} \quad (4.4)$$

Поправочный коэффициент  $\mu$  должен быть определен исходя из местного опыта.

(3) Существующие поправочные коэффициенты, как правило соотносятся с индексом пластичности на пределе текучести, эффективным вертикальным усилием или степенью консолидации.

Примечание: Примеры таких поправочных коэффициентов приводятся в Приложении I.

## 4.10 Испытание плоским дилатометром (DMT)

### 4.10.1 Задачи

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

(2)P Испытание состоит из измерения давления в момент, когда мембрана находится заподлицо с лопастью лезвия и только начинает двигаться, а так же в момент, когда центр мембраны заглубляется до 1,10 мм в грунт. Испытание должно производиться на выбранной глубине или в полунепрерывном режиме.

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

(4) Дилатометрическое испытание DMT следует применять главным образом для глин, илов и песков, где размеры частицы меньше в сравнении с размерами пор мембраны.

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

#### 4.10.2 Специфические требования

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

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

Примечание: Дальнейшую информацию о порядке проведения, оформлении и аналитической оценке результатов испытания грунта плоским дилатометром (DMT) можно найти в евроstandarte CEN ISO/TS 22476-11.

#### 4.10.3 Оценка результатов испытаний

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

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

Примечание: Дальнейшую информацию о порядке проведения, оформлении и аналитической оценке результатов испытания грунта плоским дилатометром (DMT) можно найти в евроstandarte CEN ISO/TS 22476-11.

#### 4.10.4 Использование результатов испытаний и полученных значений

##### 4.10.4.1 Прочность на смятие и осадка фундаментов мелкого заложения

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

(2) При использовании аналитического метода полученная величина недренированной прочности на сдвиг ( $C_u$ ) несцементированных глин, для которых результаты испытания DMT показывают индекс материала  $I_{DMT} < 0,8$ , может быть определена при помощи следующей зависимости:

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

где

$K_{DMT}$  - показатель 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, используя значения одномерного

касательного модуля упругости ( $E_{oed}$ ), определенного по результатам дилатометрических испытаний (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 смятие) свай**

(1)P Если предельное сопротивление на сжатие или растяжение свай получают по результатам дилатометрического испытания DMT, то для получения значений сопротивления основания и самого ствола следует применять аналитический метод расчета .

### **4.11 Испытание нагружаемой плитой (PLT)**

#### **4.11.1 Цели испытания**

(1) Целью испытания нагрузкой плиты 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 жесткая плита, имитирующая фундамент, оказывает нагрузку на грунт.

(2) P Испытание нагружаемой плитой должно быть проведено 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) Испытание применяется 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)P Проведение и оформление результатов испытания должно осуществляться в соответствии с требованиями, предусмотренными в EN ISO 22476-13.

(2)P 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 порядком испытаний (возрастающая нагрузка, постоянная скорость деформации).

#### **4.11.3 Оценка результатов испытаний**

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



#### 4.11.4 Использование результатов испытаний и полученных значений

(1) Результаты испытания нагружаемой плитой (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 плиты.

(3) Результаты испытания нагружаемой плитой (PLT) могут быть использованы для непосредственного вычисления, только если:

- размер плиты был выбран с учетом ширины проектируемого фундамента мелкого заложения (в таком случае результаты исследования используются в неизменном виде);
- имеется однородный слой, превышающий до двух раз ширину проектируемого фундамента мелкого заложения (в таком случае результаты измерений с помощью плит 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 смятие) можно определить прочность на сдвиг ( $C_u$ ) по результатам испытания PLT, проведенных с постоянной скоростью погружения, достаточной для того, чтобы предотвратить какой-либо дренаж.

Примечание 1: Примеры методов аналитического расчета несущей способности (сопротивления смятию) приводятся в стандарте EN 1997-1:2004, Приложение D.

Примечание 2: Пример зависимости, используемой для определения значения  $C_u$ , приводится в подразделе К.1.

(5) При использовании адаптированного метода упругости для оценки осадки, модуль упругости Юнга ( $E$ ) можно получить из коэффициента осадки плиты ( $E_{PLT}$ ), основываясь на имеющемся опыте.

Примечание 1: Подобный адаптированный метод упругости для определения осадки приводится в EN 1997-1:2004, Приложение F.

Примечание 2: Определение  $E_{PLT}$  показано в п.К.2.

(6) Коэффициент реакции грунтового основания ( $k_s$ ) для оценки деформаций можно получить из результатов испытания наращиваемой нагрузкой.

Примечание: Пример расчета  $k_s$  приводится в п. К.3.

(7) Для непосредственного расчета, результаты испытания нагружаемой плитой (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 испытания PLT.

Примечание: Пример проиводится в п.К.4

## **Раздел 5 Лабораторные испытания грунтов и пород**

### **5.1 Общие положения**

(1)P Нужно определить программу лабораторных испытаний, учитывая их взаимодействие с другими частями программы исследований грунта (см. Раздел 2 для более подробной информации).

(2) В каждом возможном случае для выбора испытательных образцов нужно 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) Представленные в данном разделе требования нужно рассматривать как минимальное количество требований.

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

(3) P Нужно точно указать данные испытаний, необходимые для определения параметров для расчета.

#### **5.2.2 Методики, оборудование и отчет**

(1) P Испытания должны быть проведены и представлены в соответствии с существующими требованиями EN (Европейской комиссии по стандартизации) и EN ISO (Европейской комиссии и Международной организации по стандартизации).

Примечание: Существуют требования CEN ISO/TS для целого ряда лабораторных испытаний. Некоторые требования EN ISO находятся в стадии разработки.

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

(3)P Следует проводить проверки на предмет функциональной годности лабораторного оборудования, его состояния, настройки калибровки 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)P Вместе с результатами испытаний нужно 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 профилем грунта, которая содержит итоговое описание грунта и результаты всех классификаций.

(7) Если это возможно и требуется, то участки, на которых проводились другие лабораторные испытания (такие как одометрические испытания и испытания на трехосное сжатие) должны быть указаны на той же схеме.

### 5.2.3 Оценка результатов испытаний

- (1) Требования к оценке результатов лабораторных испытаний см. в 6.3.
- (2) Нужно сравнивать результаты отдельных испытаний с результатами других испытаний для проверки отсутствия противоречий между полученными данными.
- (3) Результаты испытаний нужно сравнить со значениями, имеющимися в литературе, 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 испытательных образцов, которые в максимальной степени отражают свойства грунта, из которого эти образцы были отобраны.
- (2) Выделяют 5 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 испытания образец грунта должен быть достаточных размеров, чтобы учесть:
  - наибольший размер частиц в значимом количестве;
  - природные свойства, такие как структура и текстура (например, нарушения сплошности).

Примечание: Минимальные количества нарушенного грунта для классификационных испытаний и испытаний на доуплотненных (допрессованных) образцах, а также количество грунта, которое необходимо для приготовления ненарушенных образцов для испытаний на прочность и сжимаемость, приведены в Приложении L.

#### 5.3.2.2 Обращение и обработка

- (1)Р Следует соблюдать требования EN-ISO 22475-1.
- (2)Р Все образцы нужно четко и недвусмысленно помечать.
- (3)Р Нужно постоянно предохранять образцы грунта от повреждений, разрушений и резких перепадов температур. Следует обращаться с особой осторожностью с ненарушенными образцами для избежания деформации и потери влаги во время приготовления испытательных образцов. Материал, из которого состоят контейнеры для образцов, не должен вступать в реакцию с грунтом, помещенным в контейнеры.

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

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

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

(7)P Методы разделения на более мелкие части должны обеспечивать получение репрезентативных частей, при этом следует избегать разделения крупных частиц.

## 5.4 Подготовка образцов скального грунта к испытаниям

### 5.4.1 Цель

(1) Целью приготовления образцов для испытания скальной грунтовой породы является обеспечить наличие опытных образцов, как можно более репрезентативных и несущих информацию о формации скальных грунтов.

Примечание: В Приложениях с T по W и подразделе X.2 приводится более подробная информация о приготовлении опытных образцов скальных грунтов для испытаний, а также некоторые полезные рекомендации.

### 5.4.2 Требования

(1) P. Здесь 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) P. Все приборы и установки для определения прямизны, плоскостности и перпендикулярности торцевых поверхностей должны подвергаться соответствующему контролю на регулярной основе, с допусками, удовлетворяющими как минимум требования конкретных испытаний скальных грунтов.

(3) Необходимо указать следующее:

- условия хранения проб скального грунта (кратковременное и/или долгосрочное хранение);
- влагосодержание опытных образцов во время испытания;
- способ приготовления образцов керна;
- метод определения размеров и допусков на форму.

(4) Следует избегать каких-либо изменений влагосодержания. Если произошло изменение естественного влагосодержания, то для нейтрализации его эффекта следует, если потребуется, принять соответствующие меры в рамках подготовки к испытаниям.

(5) Причина и результат любых изменений влагосодержания 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;
- влагосодержание 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 испытания должна быть представлена следующая информация:

- физическое описание образца, включая тип скалистой породы (как, например, песчаник, известняк, гранит, и т.д.), местоположение и ориентация присущих скальному грунту структурных свойств, а также каких-либо нарушений непрерывности, 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 перпендикулярности торцевых поверхностей по отношению к оси керна.

## **5.5 Испытания по классификации, идентификации и описанию грунтов**

### **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 индивидуальной классификации испытаний и их толкованию, а также указания относительно минимального количества опытных образцов и испытаний по одному пласту породы.

### **5.5.2 Требования ко всем классификационным испытаниям**

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

### **5.5.3 Определение влагосодержания**

#### **5.5.3.1 Цели и требования**

(1) Целью испытания является определить содержание воды в материале грунта. Влагосодержание определяется как отношение массы свободной воды к массе сухого грунта.

(2) В соответствии с подразделом 3.4, образцы для замера влагосодержания должны быть как минимум 3-го класса качества.

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

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

### **5.5.3.2 Оценка результатов испытаний**

(1) При оценке результатов испытаний следует по необходимости учитывать наличие значительных количеств 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 подлежащего проверке значения влагосодержания 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 п. (1)Р более подходящей будет температура сушки примерно в 50°C, по сравнению с обычно предписываемой температурой (100±5)°C, однако полученные результаты следует рассматривать с осторожностью.

## **5.5.4 Определение насыпной плотности (объемной массы)**

### **5.5.4.1 Цели и требования**

(1) Данное испытание применяется для определения насыпной (общей) массовой плотности грунта, включая всевозможные содержащиеся в нем жидкости или газы.

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

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

**Примечание:** Дальнейшую информацию о порядке, оформлении и оценке определения насыпной массовой плотности можно найти в CEN ISO/TS 17892-2 (см. подраздел 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 установке 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 (твердой фазы)

#### 5.5.5.1 Цели и требования

(1) Целью испытания является определение традиционным методом плотности твердых 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 твердой фазы можно найти в CEN ISO/TS 17892-3 (см. подраздел X.4.1.4).

#### 5.5.5.2 Оценка результатов испытания

(1)Р. Если для какого-либо конкретного пласта измеренные значения плотности частиц не находятся в обычно ожидаемом диапазоне (2 500 – 2 800) кг/м<sup>3</sup>, 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 данного испытания является определить процент по массе отдельных частиц из диапазонов размерности, определенных для данного грунте.

Примечание: Дальнейшую информацию о порядке, оформлении и оценке гранулометрического состава можно найти в CEN ISO/TS 17892-4 (см. подраздел X.4.1.5).

(2)Р. Для анализа гранулометрического состава должны использоваться два метода, в соответствии с размерами частиц:

-- метод просеивания - для частиц > 63 мкм (или самое близкое к этому имеющееся сито);  
 -- метод осаждения с использованием гидрометра или пипетки – для частиц ≤ 63 мкм (или ближайшее имеющееся сито).

(3) Можно использовать эквивалентные методы, при условии, что они выверены по двум методам, упомянутым в п. (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 пробного 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)Р. В отчете об испытаниях 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 весу меньше, чем этот 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 почвенной фильтрации.

## 5.5.7 Определение пределов консистенции

### 5.5.7.1 Цели и требования

(1) Пределы консистенции (пределы Аттерберга) включают предел текучести, предел пластичности и предел осадки. Здесь определяется только предел текучести и предел пластичности.

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

(3)Р. Следует указать, какой метод испытания 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 п.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. подраздел 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 индекса пластичности  $I_p$ .  $I_p$  можно использовать при классификации грунта и в корреляции с некоторыми геотехническими свойствами, например, с прочностью грунта.

(3) По значениям пределов текучести, пределов пластичности и текущего влагосодержания грунта можно рассчитать значение индекса консистенции  $I_C$  (или индекса текучести  $I_L$ ). Он может быть использован для выражения консистенции грунта, а также во взаимосвязях с различными геотехническими свойствами грунтов.

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

## 5.5.8 Определение индекса плотности несвязных грунтов

### 5.5.8.1 Цель и требования

(1) Индекс плотности увязывает долю пустот, или пористость, образца грунта с контрольными значениями, определенными в стандартном лабораторном порядке. Он служит показателем состояния уплотнения свободнодренируемого грунта.

(2) Необходимо указать или проверить следующее:

- количество и качество образцов;
- тип методики испытания, 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 ячейкой в 2 мм).

(4)Р. Результаты испытания индекса плотности включаются в отчет об испытаниях, вместе с имеющимися данными гранулометрического анализа, естественного влагосодержания, плотности частиц и процента надситного продукта (если последнее требуется). Любые отклонения от требований п.(3) следует указывать в отчете.

Примечание: Дальнейшую информацию о порядке, оформлении и оценке определения индекса плотности можно найти в подразделе X.4.1.7).

### 5.5.8.2 Оценка и использование результатов испытаний

(1) При оценке индексов 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 показатели плотности с высокой степенью изменчивости.

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

## 5.5.9 Определение дисперсности грунта

### 5.5.9.1 Цель испытания

(1) Целью испытания является определение характеристик диспергируемости глинистых грунтов. Стандартные испытания по классификации грунтов для инженерных целей не позволяют установить дисперсные характеристики грунта. Испытания на диспергируемость 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. п. М.7):

- испытание пропусканием жидкости сквозь точечный прокол, в ходе которого моделируется действие воды, протекающей сквозь трещину;
- двойное гидрометрическое испытание, при котором сравнивается диспергируемость глинистых частиц в простой воде без механического помешивания с диспергируемостью, полученной в растворе дисперсанта при механическом перемешивании;
- испытание поведения кусочков 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)Р. В отчете следует указать следующее:

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

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

(3) При проведении испытания 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 двойном гидрометрическом испытании может быть дополнительно проведено испытание третьим гидрометром, если понадобится исследовать воздействие грунтовой воды на грунт в суспензии.

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

## 5.5.10 Подверженность замерзанию (чувствительность к морозу)

### 5.5.10.1 Цель испытания

- (1) Чувствительность грунтовых материалов 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 вследствие замерзания чувствительного к морозу грунта, к которому есть доступ воды. Чувствительный к морозу грунт может использоваться в его естественном состоянии или в виде построенного основания для других строений.
- (3) Риск пучения при замерзании можно оценить в соотношении 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 переформованных, допрессованных или воссозданных образцов грунта.

Примечание: Пример можно найти в п. М.8 и подразделе Х.5.

### 5.5.10.2 Требования

- (1) Если оценка подверженности замерзанию, основанная на классификационных свойствах грунта, не указывает ясно 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 соотношению с классификационными свойствами включают органические грунты, торф, засоленные грунты, искусственные грунты и грубозернистые грунты с широким диапазоном размеров зерен.
- (2) Чтобы определить подверженность замерзанию грунта в естественном состоянии, необходимо испытать естественные пробы грунта. Чтобы определить подверженность замерзанию насыпного грунта, испытания на пучение при замерзании должны проводиться на допрессованных, а затем сформованных образцах или на восстановленных опытных образцах.
- (3) Проводящееся в лаборатории испытание на подверженность замерзанию представляет собой испытание на пучение при замораживании. Если требуется провести испытание на риск ослабления при оттаивании, то после оттаивания образца следует провести испытание на определение несущей способности грунта (прочность на сдвиг) калифорнийским методом. Допрессованный или воссозданный образец перед испытаниями должен быть подвергнут одному или более циклов замораживания-размораживания.

### 5.5.10.3 Оценка результатов испытания

- (1) Результаты испытания следует толковать во взаимосвязи с типом строительных работ, применяемыми правилами проектирования и имеющегося сопоставимого аналогичного опыта, с учетом последствий воздействия мороза.

## 5.6 Химические исследования грунтов и грунтовых вод

### 5.6.1 Общие требования к химическим исследованиям

#### 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 исследования 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 рН (кислотная или щелочная среда). В настоящих нормах рассматриваются только пять указанных выше химических исследований.

Примечание 1: Подробное описание химических исследований, 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. Настоящими нормами 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 настоящих нормах не рассматривается), значением рН, наличием хлоридов и сульфатов.

#### 5.6.1.2 Цель исследований

Целью химических исследований, приведенных в данном пособии, является классификация грунтов и оценка вредного воздействия грунтов и грунтовых вод на бетон, сталь и основание. Данные исследования не предназначены для оценки экологической обстановки.

#### 5.6.1.3 Требования

(1)P Для всех химических исследований должны быть установлены следующие параметры:

- исследуемые образцы;
- количество исследуемых образцов;
- применяемые методики испытаний;
- предварительная обработка, включая измельчение надситных фракций (т.е.  $D < 2\text{мм}$ );
- количество испытаний каждого пласта и количество повторных испытаний;
- количество опытов для определения среднего значения;
- форма отчета;
- требуемые дополнительные классификационные тесты для каждого испытания или серии испытаний.

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

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

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

Примечание: Рекомендуемые методики испытаний приведены в приложении N.

#### **5.6.1.4 Анализ результатов исследований**

(1)Р Результаты исследований 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 органического состава**

#### **5.6.2.1 Цель исследований**

(1) Исследования органического состава выполняются 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 органического вещества 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. Органическое вещество оказывает 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 п.5.6.1.3, должны быть установлены следующие параметры:

- температура сушки;
- температура прокаливания;
- 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 испытания образцов должны быть увеличены.

(3) Потери веса грунта при прокаливании должны выражаться в процентах от первоначального веса сухого грунта. Указываются температура и время сушки, температура и время прокаливания.

(4) Органическая составляющая указывается в процентах от первоначального сухого вещества. Приводится метод расчета.

### **5.6.2.3 Анализ результатов исследований**

(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 исследования.

## **5.6.3 Определение содержания карбонатов**

### **5.6.2.1 Цель исследований**

(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 ( $\text{CaCO}_3$ ). 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 представляется в виде процента от первоначального сухого материала.

### **5.6.3.3 Анализ результатов исследований**

(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 исследования.

## **5.6.4 Определение содержания сульфатов**

### **5.6.4.1 Цель исследований**

(1) Целью исследований 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)P В дополнение к п. 5.6.1.3 для каждого испытания или группы испытаний необходимо установить, растворяется ли исследуемый сульфат в кислоте или в воде. является ли исследуемый сульфат кислоторастворимым или водорастворимым.

(2)P 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 исследований**

(1)P Содержание  $\text{SO}_3^{2-}$  или  $\text{SO}_4^{2-}$  должно быть представлено в процентном отношении от 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 исследований**

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

#### **5.6.5.2 Требования**

(1)P В дополнение к общим требованиям, предъявляемым к химическим исследованиям, необходимо определить следующие параметры:

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

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

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

#### **5.6.5.3 Анализ результатов исследований**

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

### **5.6.6 Определение содержания хлоридов**

#### **5.6.6.1 Цель исследований**

(1)P Целью исследований 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 п. 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 исследований

(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 Прочностные показательные испытания грунтов

#### 5.7.1 Цель исследований

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

(2) В данном нормативе предусмотрены следующие показательные испытания прочности грунтов:

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

#### 5.7.2 Требования

(1)Р Испытания должны быть выполнены на образцах ненарушенной структуры по первой категории качества:

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

Примечание 2 В приложении О приведена информация о рассматриваемых прочностных показательных испытаниях грунтов и контрольный список выполняемых процедур.

#### 5.7.3 Применение результатов исследований

(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 показательных испытаний, результаты исследований могут быть использованы только для приближенной оценки значения  $c_u$ .



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

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

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

## **5.8 Прочностные испытания грунтов**

### **5.8.1 Цель исследований и область применения**

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

(2) Предусмотрены следующие виды испытаний:

- испытание на простое сжатие;
- неконсолидированное недренированное испытание на трехосное сжатие;
- консолидированное испытание на трехосное сжатие;
- испытание на приборах одноплоскостного и вращательного сдвига.

(3) Приборы одноплоскостного и вращательного сдвига применяются для испытания 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 данной секции рассматриваются испытания только полностью водонасыщенных или сухих грунтов.

### **5.8.2 Общие требования**

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

(2) Для крупнозернистых 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 параметры:

- требуемое количество испытаний;
- выбор мест изъятия контрольных образцов грунта;
- требуемый уровень качества образцов;
- метод предварительной обработки образцов;
- расположение образцов;
- вид испытания;
- 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, испытание прекращается);
- приемочные критерии (например: водонасыщение, разброс);
- точность измерений;
- форма предоставления результатов испытаний;
- некоторые дополнительные методики приведены в общепринятых 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 испытании образцов второй категории качества, необходимо учитывать нарушение структуры при интерпретации результатов исследований.

Примечание: в приложении Р даны рекомендации по определению минимального количества образцов и числа испытаний для каждого слоя. Приведена дополнительная информация по испытаниям и их анализу.

### 5.8.3 Анализ и применение результатов испытаний

(1) Отчет по результатам 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 натуральных условиях. В случае необходимости, при анализе результатов испытаний производится сравнение результатов полученных по разным методикам.

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

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

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

## **5.8.4 Испытание 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 испытанием образцов не допускаются для предотвращения изменения их влажности.

Примечание: Дополнительную информацию о методике, оформлении и анализе результатов испытаний грунтов на простое сжатие можно найти в CEN ISO/TS 17892-7, (см. X.4.4.1).

### **5.8.4.2 Анализ и применение результатов испытаний**

(1) Результатом исследований является приближенное значение прочности, полученное испытаниями грунта на простое сжатие.

(2) Недренированное значение сдвигового сопротивления ( $c_u$ ) можно определить как  $\frac{1}{2}$  от измеренного предельного сопротивления грунта на простое сжатие.

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

## **5.8.5 Неконсолидированное недренированное испытание на трехосное сжатие**

### **5.8.5.1 Требования**

(1) Во время испытания 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 определить для каждого образца.

Примечание: Дополнительную информацию о методике, оформлении и анализе результатов неконсолидированных недренированных испытаний грунтов на трехосное сжатие можно найти в CEN ISO/TS 17892-8, (см. X.4.4.2).

### 5.8.5.2 Анализ и применение результатов испытаний

(1) Результатом исследований является значение недренированного сопротивления сдвигу  $c_u$  исследуемого грунта.

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

## 5.8.6 Консолидированное испытание на трехосное сжатие

### 5.8.6.1 Требования

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

Примечание: Дополнительную информацию о методике, оформлении и анализе результатов консолидированных испытаний грунтов на трехосное сжатие можно найти в CEN ISO/TS 17892-9, (см. X.4.4.3).

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

- метод насыщения и критерии насыщения;
- требуемое боковое давление;
- некоторые дополнительные методики приведены в общепринятых 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 определить 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 п. 2.4.2.3 (4) необходимо учитывать усовершенствованные лабораторные исследования прочностных параметров, такие как трехосное растяжение, испытание 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 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 испытания, определяется дренированное или недренированное сопротивление образца. Соответственно, величина эффективного угла внутреннего трения ( $\phi'$ ) и эффективного 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 первой категории качества.

Примечание: Дополнительную информацию о методике, оформлении и анализе результатов консолидированных испытаний грунтов на прямой сдвиг можно найти в CEN ISO/TS 17892-10, (см. X.4.4.4).

(2) Необходимо как можно точнее учитывать расположение и ориентацию образцов в соответствии с их расположением в натуральных условиях. При испытаниях в условиях одноплоскостного и вращательного сдвига потеря устойчивости должна произойти 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 и применение величин

(1) Результаты стандартных сдвиговых испытаний представляют собой сопротивление в дренированных условиях, представленное значениями эффективного угла внутреннего трения и эффективного сцепления (см. примечания п. 5.8.1 (3)).

(2) Данные величины могут использоваться в расчетах устойчивости

Примечание: см. EN 1997-1:2004, приложение D.

## 5.9 Сжимаемость и компрессионные испытания грунтов

### 5.9.1 Общее

(1) В данном стандарте 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 исследований

(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) Может быть проведено альтернативное испытание постоянной длительной нагрузкой (с постоянной скоростью перемещения).

(3) Целью компрессионных испытаний образцов ступенчатой нагрузкой на сжатие и набухание является определение деформационных характеристик грунтов при сжатии и набухании.

(4) Целью исследования вероятной просадки является установление компрессионных параметров грунта в неводонасыщенном состоянии, и оценке 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 (категория 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, такие как отборочный блок или отборочный стационарный плунжер.

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

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

- результаты выполненных ранее полевых исследований;
- результаты измерения осадок на соседних участках;
- количество и качество образцов;

- количество и вид полевых испытаний;
- специальные методики для рыхлых и цементированных образцов;
- приготовление образцов;
- ориентация образцов;
- необходимость проведения дополнительных классификационных испытаний.

(4) Должны рассматриваться способы, альтернативные компрессионным испытаниям со ступенчатым нагружением образцов, например, компрессионные испытания с постоянной скоростью деформации.

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

Примечание: например, для глинистых грунтов, обладающих ползучестью, начальное напряжение принимается равным одной четвертой от вертикальных эффективных напряжений в натуральных условиях.

(6) В компрессионных испытаниях наибольшее создаваемое вертикальное напряжение должно быть больше максимально вертикального эффективного напряжения, которое может возникнуть в натуральных условиях. При испытаниях на набухание диапазон уменьшения создаваемых при испытаниях вертикальных напряжений должен соответствовать вероятностному диапазону напряжений возникающих 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 возникающих в натуральных условиях.

Примечание 1 Дополнительную информацию о методике, оформлении и анализе результатов компрессионных испытаний грунтов можно найти 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 так же 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: компрессионный модуль ( $E_{oed}$ ), коэффициент сжимаемости ( $m_v$ ), компрессионный показатель ( $C_c$ ) и давление обжатия ( $\sigma'_p$ ). 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 ( $C_\alpha$ ).

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

- (6) Параметры, приведенные в п. 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, F.1 и F.2

### 5.9.3 Испытания на трехосное сжатие

#### 5.9.3.1 Цель исследований

- (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,  $E'$  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)P Для определения жесткостных параметров слоя грунта требуются образцы ненарушенной структуры (категория качества 1).

Примечание. На относительно небольшие деформации грунта (например, относительная демормация менее 1% для мягко- и тугопластичных глин), очень сильно влияет его разуплотнение при отборе проб. В соответствии с 3.4.3 (3)P, для получения более точных результатов испытаний требуется использование специального оборудования и методов отбора образцов, такие как отборочный блок или отборочный стационарный плунжер и другие известные методы.

- (2)P Для измерения напряжений и перемещений для определения жесткостных параметров образцов при их относительной деформации 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 жесткостных параметров 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  $E_{50}$ , соответствующему 50% максимального сдвигового напряжения и т.д.



(2) Модули Юнга и графики зависимости деформаций от напряжений для слабых нормально консолидированных грунтов в некоторых случаях можно определить испытаниями на трехосное сжатие.

## 5.10 Исследование степени уплотнения грунта

### 5.10.1 Область применения

(1) В данном стандарте рассматриваются исследования степени уплотнения грунта, такие как тест Проктора и Калифорнийский тест показателя плотности грунта.

Примечание. В приложении R указано минимальное количество образцов и испытаний для каждого слоя, а так же дополнительные сведения об испытаниях и анализе результатов.

### 5.10.2 Испытания степени уплотнения

#### 5.10.2.1 Цель исследований

(1) Испытание степени 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 параметры:

- обработка грунтов с надфракционными 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 натуральных 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 надфракционных частиц в сухом грунте и если требуется с внесением поправок.

(2) Оптимальная влажность ( $w_{opt}$ ) и соответствующая ей максимальная плотность сухого грунта, полученная в результате уплотняющего усилия ( $\rho_{d,max}$ ) могут использоваться для оценки качества уплотненной насыпи.

### 5.10.3 Калифорнийский тест показателя плотности грунта (CBR)

#### 5.10.3.1 Цель исследований

(1) Целью испытания является определение Калифорнийского показателя плотности (CBR) уплотненного грунта или образца грунта ненарушенной структуры.

(2) Значение CBR получается в процентном отношении стандартной нагрузки соответствующей стандартному погружению, когда цилиндрический плунжер со стандартной площадью поперечного сечения погружается в грунт.

### 5.10.3.2 Требования

(1)P Должны быть установлены или проверены следующие параметры:

- метод приготовления каждого опытного образца;
- какое количество испытаний образцов необходимо выполнить;
- обработка грунтов с надфракционными включениями ( $D > 16$  мм);
- выдерживание образцов;
- нужно ли увлажнять образцы;
- если увлажнение необходимо, надо ли измерять набухание;
- дополнительная нагрузка при увлажнении и испытании;
- влажность, при которой готовились уплотненные образцы;
- плотность сухого образца или усилие уплотнения;
- сертифицируются ли стандартами используемые инструменты (формы и трамбовки);
- проводится ли испытание с одной стороны или с обеих сторон образца.

### 5.10.3.3 Анализ и применение результатов испытаний

(1)P Результаты CBR теста должны быть приведены вместе с графиками гранулометрического состава, процентным содержанием надфракционных 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. Испытание грунта на проницаемость

### 5.11.1 Цель

(1) Целью проведения данного испытания является определение коэффициента проницаемости (гидропроводности) для потока воды, поступающего сквозь насыщенный водой грунт.

### 5.11.2. Требования

(1)P При определении коэффициента проницаемости слоя грунта следует принимать во внимание следующие факторы:

- наиболее предпочтительный вид испытания для определения проницаемости;
- ориентация образца;
- необходимость в проведении дополнительных классификационных испытаний.

Примечание: Для получения более подробной информации по порядку проведения, форме и оценке результатов для испытания на проницаемость см. CEN ISO/TS 17892-11 (см. X.4.7.).

(2)P В зависимости от условий проведения испытания следует так же указывать следующие параметры:

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 обратного давления 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 проводится испытание;
- Необходимость в наличии обратного давления и необходимая степень насыщения.

(3) Гидравлический градиент в лабораторных условиях должен иметь значение близкое к полевому, если не указано иное вследствие наличия специфической проблемы.

(4) При выборе гидравлического градиента необходимо убедиться, что градиент в лабораторном испытании и полевой градиент 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 ином 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 материалов, следует использовать образцы класса качества 3, а так же переформованные образцы грунта или образцы грунта подвергнутые допрессовке.

(8) Следует обращать внимание на то, что изменения объема, происходящие вследствие затвердения образца, будет оказывать лишь незначительное влияние на результаты измерения проницаемости грунта.

Примечание: В приложении S приводятся данные по минимальному количеству образцов и испытаний для одного слоя, а так же дополнительная информация по испытаниям и оценке их результатов.

### **5.11.3. Оценка и применение результатов испытаний**

(1) В оценке результатов должно указываться:

- Степень, в которой 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 насыщенной почвой может возникнуть ситуация, когда реально применимые значения будут значительно меньше тех, которые были измерены для случая полного насыщения.
- (3) Следует так же принять решение о необходимости применения поправки на температуру.
- (4) Коэффициент проницаемости может быть рассчитан на основании данных, полученных в ходе испытаний, с допущением о применимости закона Дарси.
- (5) Коэффициент проницаемости может быть использован в проектировании котлованов или земляных дамб для оценки объема инфильтрации, а так же возможности управления уровнем грунтовых вод (опускание), проектирования шпунтовых стенок, оценки давления инфильтрации и т.д.

## **5.12. Испытания, проводимые с целью классификации пород**

### **5.12.1. Общая информация**

(1) В данный стандарт включены следующие испытания:

- идентификация и характеристика пород;
- влагосодержание;
- плотность и пористость.

(2) Классификация представляет собой к разделению идентифицированных пород на отдельные типы, применимые для различных целей в инженерно-строительной практике. Классификация учитывает минералогические составляющие, структуру, степень отвердения, 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 так же 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 породных массивов выполняются на основании их минералогического состава, преобладающего размера частиц, генетической группы, структуры, подверженности атмосферным воздействиям и т. д. Характеристика может быть составлена на грунтовых колонках (керне) или других образцах естественной породы, а так же на породных массивах в полевых условиях.

(2)P Процедура проведения лабораторных исследований должна соответствовать стандарту EN ISO 14689-1.

(3) Может применяться более подробная характеристика породы. В этом случае так же указывается следующее:

- система классификации породы;
- необходимость в более глубоком геологическом анализе;
- формат отчета.

(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 вкерна и к их качеству.

### 5.12.4. Определение влагосодержания

#### 5.12.4.1. Цель и требования

(1)P За исключением пород, указанных в 5.12.4.2., влагосодержание другой породы должно определяться путем печной сушки при  $105 (\pm 5)^\circ\text{C}$ .

(2)P В случае необходимости следует указать меры, необходимые для удержания воды в процессе извлечения и хранения образцов.

(3)P Так же необходимо указать следующее:

- выбор испытываемых образцов;
- хранение в лаборатории перед проведением испытания;
- 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 куски 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 испытанию грунтов ISO/CEN, можно применять лабораторные методы, описанные в U.3 со ссылкой на 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 испытание при температуре 50°C, поскольку связанная вода может частично испариться при температуре 105°C.

(3) Для типов породы, в которых внутрипоровая вода содержит растворенные соли, а так же для типов породы с закрытыми порами, следует так же 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) Данное испытание используется для определения насыпной (объемной) плотности и плотности в сухом состоянии с целью вычисления пористости и соответствующих свойств образца породы. Насыпная и сухая плотность вычисляется на основании гравиметрического 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 специальные методы 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 испытания;
- необходимость повторного насыщения обезвоженных образцов, и в случае подобной необходимости – какая технология должна применяться для этой цели;
- количество испытаний, которые необходимо произвести 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 куски 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 испытанию грунтов ISO/CEN, можно применять лабораторные методы, описанные в U.4 со ссылкой на X.4.9.3.

### **5.12.5.2. Оценка результатов испытания**

(1) Р Плотность и пористость должны включаться в отчет, содержащий характеристику породы, а так же установленные характеристики прочности и деформации типов породы в скважинах и на местах проведения испытаний.

(2) Результаты плотности и пористости должны использоваться для проведения сравнения прочностных и деформационных качеств породы, а так же для установления соответствия для различных типов породы.

(3) Наличие закрытых пор может так же 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, формату представления результатов и оценке для испытания на определение пористости и плотности можно см. CEN ISO/TS 17892-3 (см. X.4.9.3.).

## **5.13. Испытание породы на разбухание**

### **5.13.1. Общая информация**

(1) Данный стандарт включает следующие испытаниям, используемые для определения потенциала к разбуханию породы, подвергнутой увлажнению или высыханию или разгрузке в водной среде:

- показатель давления при набухании при условиях нулевого изменения объема;
- показатель деформации набухания для радиально-закрытых образцов с осевой добавочной нагрузкой;
- деформация набухания, проявляющаяся в открытых образцах породы.

Примечание: Некоторых породы, особенно породы с высоким содержанием глины, имеют тенденцию к набуханию, ослаблению или разрушению под воздействием увлажнения или высушивания или разгрузке в водной среде. Испытание 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 тестов разрушаются, подлежат дальнейшей классификации с применением соответствующих испытаний грунтовой классификации, таких как осадка, предел текучести и пластичности, распределение размеров частиц, а также тип и содержание глинистых минералов.

Примечание: В приложении V приводится более подробная информация по каждому из испытаний на набухание, а так же по методам интерпретации полученных результатов.

### 5.13.2. Общие требования

(1) Образцы должны максимально близко соответствовать требованиям практики, 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;
- подготовка испытываемых образцов, определение их ориентации и размеров;
- количество испытаний, необходимых для одной формации;
- метод проведения испытания, необходимое оборудование и калибровка;
- тип используемой воды (природная или дистиллированная вода, химический состав воды);
- период записи;
- 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 должна 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 высыханию, даже при наличии полностью идентичных реальным условий нагрузки и влагосодержания. Это происходит вследствие воздействия, помимо прочего, природного растрескивания, нагрузки, дренирования и определенного химического состава поровой воды.



#### **5.13.4. Показатель давления набухания при нулевом изменении объема**

##### **5.13.4.1. Цель и требования**

- (1) Данное испытание предназначено для измерения давления, которые необходимо для ограничения образца породы с ненарушенной структурой, погружаемого в воду, при сохранении постоянного объема.
- (2) Данное испытание может использоваться для оценки давления набухания в полевых условиях путем сравнению документированных опытных данных для данного слоя породы.
- (3)Р Отбор керн испытываемого образца должен осуществляться с применением методов отбора образцов категории А.

Примечание: Испытание должно проводиться согласно рекомендациям, приведенным в V.2.

##### **5.13.4.2. Оценка результатов испытания**

- (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 полевые данные, относящиеся к эффектам краткосрочного и, в особенности, долгосрочного воздействия факторов окружающей среды (атмосферных факторов), 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) Данное испытание предназначено для измерения осевой деформации набухания, возникающей под постоянной осевой нагрузкой 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: Испытание выполняется с учетом рекомендаций, приведенных в V.3..

### 5.13.5.2. Оценка результатов испытания

- (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 под постоянной осевой нагрузкой должна использоваться для оценки потенциала к набуханию, который образец приобретет в полевых условиях, принимая во внимание имеющийся документированные данные, описывающие имеющийся опыт работы с аналогичными слоями породы.
- (3) В зависимости от прилагаемой вертикальной нагрузки данное испытание может служить основой для оценки вертикального вздувания (смещения) или боковой деформации поверхности породы/поверхности раздела (**отдельности**).

### 5.13.6. Деформация набухания в открытом образце

#### 5.13.6.1. Цели и требования

- (1) Данное испытание предназначено для измерения деформации набухания, проявляющейся при погружении открытого образца породы в воду.
- (2) Р Данное испытание применимо только к образцам, подготовленным согласно методам отбора не ниже категории В, которые в процессе проведения испытания не проявляют значительных изменений в геометрии.
- (3) Рекомендуется, чтобы склонные к набуханию, менее стойкие породы испытывались с применением закрытого образца.

Примечание: Данное испытание может выполняться в соответствии с рекомендациями, приведенными в V.4.

- (4) Р В отчете должно быть ясно указано, что для проведения испытания на набухание не использовался радиально-закрытый образец.

#### 5.13.6.2. Оценка результатов испытания

- (1) Данное испытание может 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 слойчатости или сланцеватости может использоваться только для приблизительной оценки потенциала к набуханию в полевых условиях.

### 5.14. Испытание породы на прочность

#### 5.14.1. Общая информация

- (1) Данный стандарт включает 5 лабораторных методов, используемых для определения прочности породы:

- испытание на одноосное сжатие и деформируемость;

- испытание сосредоточенной нагрузкой;
- испытание на прямой сдвиг;
- прочность на растяжение при бразильском методе испытаний;
- испытания на трёхосное сжатие.

Примечание: Более подробную информацию по каждому из видов испытания на прочность и по интерпретации результатов см. в приложении W .

### **5.14.2. Требования для всех испытаний на прочность**

(1)P Должны быть указаны следующие данные:

- подлежащие испытанию образцы;
- подготовка образцов;
- количество испытаний, производимых для одной формации;
- любые необходимые дополнительные параметры;
- методы проведения испытания.

Примечание: В приложении W приводятся рекомендации по минимальному количеству образцов, которые надлежит испытывать для одной формации при проведении испытаний на одноосное сжатие, испытаний по бразильскому методу, а так же испытания на трёхосное сжатие для проектов геотехнической категории 2 с учетом стандартных отклонений измеренной прочности от сопоставимых опытных данных.

### **5.14.3. Оценка результатов испытания**

(1) Оценка результатов испытания должна включать сравнение с общепризнанными базами данных, так как это необходимо для произведения скрининга данных на предмет наличия аномальных результатов, с учетом естественного диапазона значений прочности при сжатии и параметров деформации породы, а так же 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 так же для классификации элементов породы и свойств породной массы.

### **5.14.4. Испытания на одноосное сжатие и деформируемость**

#### **5.14.4.1. Цель и требования**

(1) Испытание на одноосное сжатие служит для измерения прочности при сжатии, модуля упругости Юнга, а так же коэффициент Пуассона (поперечной деформации) цилиндрических образцов породы.

(2) Испытание предназначено для проведения классификации и составления характеристики породы с ненарушенной структурой.

(3)P Помимо требований, указанных в 5.14.2. следует указать так же следующее:

- ориентация и размеры образца;
- метод испытания;
- если применимо, то определение модуля упругости (касательный, средний и секущий), а так же коэффициент Пуассона, как фактор, зависящий от нагрузки и деформации.

(4)Р Испытываемый образец должен быть подготовлен из керна, отобранного методом категории А.

(5) Следует неукоснительно соблюдать рекомендации по проведению испытания на одноосное сжатие и деформируемость.

Примечание: Рекомендации по проведению подобных испытаний приводятся в приложении W.

#### 5.14.4.2. Оценка результатов испытания

(1) Прочность при испытании на одноосное сжатие определяется как максимальная вертикальная нагрузка, достигаемая в процессе проведения испытания на сжатие.

(2) Модуль упругости, определяемый как отношение изменения осевой нагрузки к осевой деформации, происходящей вследствие изменения нагрузки, должен определяться с применением одного из нижеследующих определений:

- касательная модуля упругости Юнга, измеренная при фиксированном процентном значении предельной (конечной) прочности (например, 50%).
- среднее значение модуля упругости Юнга из линейного отрезка кривой нагрузки/деформации;
- секущий модуль упругости, измеренный от нулевой нагрузки до некоего 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 испытания должны оцениваться с учетом классификационных свойств породы и модели разрыва, отраженной на рисунке испытываемого образца.

(6) Прочность при неограниченном сжатии ( $\sigma_C$ ) может использоваться как классификационный параметр для определения качества породы с ненарушенной структурой, она может использоваться в сочетании с результатами испытания на трехосное сжатие на круге Мора для определения угла сопротивления сдвигу ( $\varphi$ ) и когезионной прочности ( $c$ ) параметров разрыва Мора-Кулона.

Примечание: Модуль упругости Юнга  $E$  и коэффициент Пуассона  $\nu$  могут использоваться для расчета согласно EN 1997-1:2004, Приложение F.

#### 5.14.5. Испытание сосредоточенной нагрузкой

##### 5.14.5.1. Цели и требования

(1) Испытание сосредоточенной нагрузкой предполагается как испытание для определения показателя прочности для классификации породы.

Результаты испытания так же могут использоваться для оценки прочности группы пород одной категории прочности.

(2) Испытание сосредоточенной нагрузкой не является непосредственным методом для измерения прочности породы, однако представляет собой испытание для определения строительных свойств грунта. В каждом случае следует документально регистрировать соответствие между результатами испытания сосредоточенной нагрузкой и показателем прочности.

(3) Помимо требований, указанных в 5.14.2. (1), необходимо так же перечислить использованные методы испытаний с указанием керна, блока и неправильных кусков.

(4) Образцы должны готовиться из керна, отобранного по технологии категории А.

(5) Испытываемые образцы блоков или неправильных кусков породы, взятых в котловинах, могут использоваться в случае, если в этом отношении будет составлен соответствующего формата отчет, и если эти образцы были отобраны с использованием методов категории В.

(6) Следует неукоснительно следовать рекомендациям по проведению испытания сосредоточенной нагрузкой.

Примечание: рекомендации по проведению подобного испытания приводятся в W.2.

#### **5.14.5.2. Оценка результатов испытания**

(1) Вследствие сильной разбежки в результатах, 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 наибольших и два наименьших значения, а затем рассчитать среднее значение для оставшихся данных.

(2) Для классификации образцов или слоев по среднему значению показателя прочности при точечном нагружении следует провести не менее 5 испытаний.

(3) При данном испытании производится измерение показателя прочности при точечном нагружении образцов породы, а так же их анизотропного показателя прочности, который представляет собой отношение показателей прочности при точечном нагружении в направлениях, дающих наибольшее и наименьшее значения.

#### **5.14.6. Испытание на прямой сдвиг**

##### **5.14.6.1. Цели и требования**

(1) Испытание на прямой сдвиг используется для измерения пиковой и остаточной прочности при прямом сдвиге, в зависимости от нагрузки, обычной для плоскости сдвига.

(2) Согласно данному стандарту применяется лабораторное испытание для определения основных параметров прочности при сдвиге, а также поверхностные характеристики поверхности раздела, которые определяют прочность на сдвиг.

(3) Если характеристики поверхности раздела, которая определяет прочность на сдвиг, будет определена, то в этом случае следует составить подробное описание, включающее

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 испытания;
- 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 котловине с помощью метода выборки не ниже категории В.

(6) Следует неукоснительно соблюдать все рекомендации по проведению испытаний на прямой сдвиг.

Примечание: Рекомендации по проведению подобного испытания см. в W.3.

#### **5.14.6.2. Оценка результатов испытания**

(1) Оценка результатов испытания 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 сопротивления сдвигу ( $\varphi$ ) и когезионной прочности ( $c$ ) параметров прочности на сдвиг могут быть установлены с помощью проведения серии испытаний на сдвиг с использованием различных образцов, взятых из слоя породы с использованием критерия разрыва Мора-Кулона. Как вариант остаточные параметры можно так же определить путем проведения многократных испытаний под различной нормальной нагрузкой на плоскости разрыва.

(3) В процессе данного испытания проводится измерение 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) Данное испытание используется в целях классификации по прочности, а так же для составления характеристики породы с ненарушенной структурой, и не должно использоваться без геологической корреляции и классификации породы для полевых условий.

#### **5.14.7. Испытание по бразильскому методу**

##### **5.14.7.1. Цели и требования**

(1) Испытание по бразильскому методу предназначено для косвенного измерения одноосной прочности на растяжение, которое проводится на образце породы цилиндрической формы.

(2)P Помимо требований, указанных в 5.14.2 (1)P, следует указывать следующее:

- ориентация и размеры образца;
- метод испытания;

(3)P Вследствие большой разбежки в получаемых результатах, следует производить вторичное испытание образцов, отрезаемых параллельно.

(4) Для глинистых и других анизотропных пород рекомендуется резать образцы параллельно и перпендикулярно направлению слоистой структуры. Для образцов, отрезанных параллельно слоистой структуре, необходимо указать направление нагрузки, приходящейся на слоистую структуру.

(5)P Испытываемые образцы следует брать из керна, отобранного по методу категории А.

(6) Следует неукоснительно соблюдать рекомендации по проведению испытания на растяжение по бразильскому методу.

Примечание: Рекомендации по проведению подобных испытаний приводятся в W/4/

#### **5.14.7.2. Оценка результатов испытания**

(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 испытания должна быть зарисована и оценена должным образом.

(2) Испытание позволяет произвести косвенную оценку прочности на растяжение  $\sigma_T$  для плоскости принудительного разрыва.

(3) Значение прочности на растяжение ( $\sigma_T$ ) может использоваться в качестве классификационного параметра для определения качества породы с ненарушенной структурой, она может использоваться в круге Мора при соответствующей максимальной нагрузке  $\sigma_1$  вместе с кругами Мора из испытаний на одноосевое и трехосевое сжатие для определение угла сопротивления сдвигу ( $\varphi$ ) и когезионной прочности ( $c$ ) параметров прочности Мора-Кулона.

(4) Испытание предназначено для классификации по прочности и составления характеристики породы с ненарушенной структурой, при этом результаты испытания не должны использоваться без геологической корреляции или классификации пород для полевых условий.

#### **5.14.8. Испытания на трёхосное сжатие**

##### **5.14.8.1. Цель и требования**

(1) Испытания на трёхосное сжатие предназначено для измерения прочности цилиндрических образцов породы, подверженной трёхосному сжатию. При проведении определенного количества испытаний можно получить значения для определения кривой (оггибающей) прочности на круге Мора-Кулона. На основании этой кривой можно определить угол сопротивления сдвигу 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 объёмной деформации. При проведении подобных испытаний могут использоваться такие же методы измерения, что и для измерения одноосевой нагрузки при сжатии в соответствии с W.1.

(2)P Помимо требований, приведенных в 5.14.2.(1)P, необходимо указывать ориентацию и размер образца, соответствующие методу испытания.

(3)P 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 W.5.

#### **5.14.8.2. Оценка результатов испытания**

(1) Испытание на трехосное сжатие состоит из серии испытаний на сжатие, выполненных 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 сопротивления сдвигу ( $\varphi$ ) и сцепления ( $c$ ) параметров прочности Мора-Кулона.

(2) Однородность серии испытываемых образцов, используемых для определения параметров при проведении испытания, оценивается на основании геологической характеристики и параметров классификации породы.

(3) Определенные параметры прочности относятся к породе с неповрежденной 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.



## Раздел 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:
  - отчета о соответствующей геотехнической информации, включая геологические характеристики и необходимые данные для проектирования;
  - геотехническая оценка 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 необходимые лабораторные и полевые испытания с необходимыми 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 исследований.
2. Фактические расчеты должны включать следующую, относящуюся к делу, информацию:
  - цель и область охвата геотехнических исследований, включая описание площадки исследований и ее рельефа, проектируемого сооружения, а так же этапа планирования, к которому относится данное исследование;
  - классификацию сооружения согласно геотехническим категориям;
  - фамилии руководителей работы и исполнителей;
  - временные рамки, в которые были проведены полевые и лабораторные исследования;
  - результаты полевых наблюдений за площадкой строительства и окружающей территорией, включая:
    - А) уровень грунтовых вод
    - Б) поведения окружающего массива
    - В) поведение открытых котлованов на площадке строительства и около нее;
    - Г) области нестабильности
    - Д) возможность и наличие разработки месторождений полезных ископаемых на площадке исследований и окружающей территории;
    - Е) негативные явления, возникающие при отрывке котлована;
    - Ж) история площадки исследования;
    - И) геологические условия площадки, включая разрывное залегание пород;
    - К) планы, с нанесенным проектируемым зданием и точками исследований;
    - Л) результаты аэро-фото съемки;
    - М) результаты локальных экспериментов на площадке;

Н) 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 площадке строительства, замеры уровня грунтовых вод;
  - лабораторные работы.
4. Результаты полевых и лабораторных исследований должны быть предоставлены в отчете согласно требованиям предъявляемым EN и/или ISO стандартами в области изысканий.

### 6.3 Оценка геотехнической информации

1. (P) Оценка геотехнической информации должна быть представлено в отчете и включать соответствующие пункты :
  - результаты полевых и лабораторных исследований, выполненных согласно разделам 3-5 данного стандарта;
  - обзор результатов полевых и лабораторных испытаний и другую информацию, согласно п. 6.2;
  - описание геометрических размеров формаций;
  - детальное описание всех слоев, включая их физические свойства, деформационные и прочностные характеристики, полученные по результатам испытаний;
  - выделение аномалий, такие как полости, зоны разрывов среды.
2. Необходимо задокументировать по необходимости:
  - результаты, полученные с учетом уровня грунтовых вод, типом 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 опытов, 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 исследований в поперечном разрезе грунта, показывающее имеющиеся слои и их границы, включая уровень грунтовых вод относительно проектируемого объекта
  - значения геологических параметров для каждого слоя;
  - обзор полученных значений геотехнических параметров (см.п. 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. Последовательность нескольких слоев с весьма различными составами и/или механическими характеристиками могут быть приняты за один слой, если их общее поведение более менее похоже и оно может быть представлено одним слоем с определенными характеристиками
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 (справочное)

### Методы Список результатов стандарта проведения геотехнических исследований

- 1) В таблице А.1 приводится перечень полевых и лабораторных исследований и их результатов, которые должны быть представлены в инженерно-геологическом отчете.

**Табл. А.1 Методы Список результатов стандарта проведения геотехнических исследований**

Полевые исследования	Результаты исследований
СРТ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- удельное сопротивление грунта под наконечником зонда</li> <li>лобовое сопротивление погружению конуса (<math>q_c</math>)</li> <li>- удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности зонда трение по боковой поверхности (<math>f_s</math>)</li> <li>- коэффициент трения (фрикция) (<math>R_f</math>)</li> </ul>
СРТУ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- исправленное удельное сопротивление грунта под наконечником зонда сопротивление по лобовой поверхности конуса (<math>q_t</math>)</li> <li>- удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности зонда трение по боковой поверхности (<math>f_s</math>)</li> <li>- измерение порового давления (<math>u</math>)</li> </ul>
Динамическое зондирование	<ul style="list-style-type: none"> <li>- количество ударов <math>N_{10}</math> для следующих тестов: DPL, DPM, DPH<sup>2</sup></li> <li>- количество ударов <math>N_{10}</math> (или <math>N_{20}</math>) для исследования DPSH</li> </ul>
SPT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- количество ударов <math>N</math></li> <li>- энергетическая поправка <math>E_r</math></li> <li>- определение вида грунта</li> </ul>
Прессиометрические исследования	<ul style="list-style-type: none"> <li>- модуль Минара общей деформации (<math>E_m</math>)</li> <li>- давление оползания (<math>p_f</math>)</li> <li>- предельное давление (<math>p_{Lm}</math>)</li> <li>- кривая разгрузки</li> </ul>
Диаметрические исследования на изгиб	<ul style="list-style-type: none"> <li>- диамометрический модуль (<math>E_{FDT}</math>)</li> <li>- кривая деформаций</li> </ul>
Прочие прессиометрические тесты	<ul style="list-style-type: none"> <li>- кривая разгрузки</li> </ul>
Полевые исследования крыльчаткой	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не дренированное сопротивление срезу (нескорректированное) (<math>C_{fv}</math>)</li> <li>- не дренированное сопротивление срезу (скорректированное переформование образца) (<math>C_{rv}</math>)</li> <li>- график "вращение от приложенного усилия".</li> </ul>
Зондирование под статической нагрузкой	<ul style="list-style-type: none"> <li>- запись во времени изменения сопротивления зондированию</li> <li>- сопротивление зондированию – это : <ul style="list-style-type: none"> <li>- глубина проникновения при стандартной нагрузке;</li> <li>- или количество полуоборотов, необходимых для проникновения вглубь на 0,2 м, при стандартной нагрузке 1кН</li> </ul> </li> </ul>
Испытания нагрузкой по всей поверхности образца (нагружением плиты)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- предельное контактное давление по подошве (<math>p_u</math>)</li> </ul>
Плоские диаметрические исследования	<ul style="list-style-type: none"> <li>- исправленные напряжения растяжению (отрыву) (<math>p_0</math>)</li> <li>- исправленные напряжения расширения (<math>p_1</math>) при расширении</li> </ul>

<sup>2</sup> См. 4.7.2., пункт 2. прим. переводчика.

	1,1мм - диламометрический модуль деформации $E_{DTM}$ , показатель материала ( $I_{DTM}$ ), и коэффициент бокового давления ( $K_{DMT}$ )
--	--

Табл. А.1 продолжение

Лабораторные исследования <sup>b</sup>	Результаты исследований
Влажность (нескальный грунт)	- значение влажности (W)
Плотность грунта (нескальный грунт)	- значение плотности (ρ)
Плотность частиц грунта (нескальный грунт)	- значение плотности частиц (ρ <sub>s</sub> )
Гранулометрический состав (нескальный грунт)	- кривая гранулометрического состава
Пределы текучести и раскатывания (консистенции) (нескальный грунт)	- предельные значения текучести и раскатывания (W <sub>p</sub> , W <sub>L</sub> )
Коэффициент пористости (нескальный грунт)	- значения e <sub>min</sub> , e <sub>max</sub> , I <sub>D</sub>
Содержание органических веществ (нескальный грунт)	- содержание органических веществ (C <sub>OM</sub> )
Содержание карбонатов (нескальный грунт)	значение содержание карбонатов (C <sub>CaCO3</sub> )
Содержание сульфатов (нескальный грунт)	- значение содержания сульфата (C <sub>SO4<sup>2-</sup></sub> ) или (C <sub>SO3<sup>2-</sup></sub> )
Содержание хлоридов (нескальный грунт)	- значение содержания хлоридов (C <sub>Cl</sub> )
pH (нескальный грунт)	- значение pH
Компрессионная сжимаемость грунта (нескальный грунт)	- компрессионная кривая деформации сжатия (различные варианты) - кривая консолидации (различные варианты) - кривая <b>оползания</b> (вторичная компрессионная кривая) - значения E <sub>oed</sub> (в интервале напряжений) и σ <sub>p</sub> или C <sub>s</sub> , C <sub>c</sub> , σ <sub>p</sub> - значение C <sub>a</sub>
Испытания на сдвиг (нескальный грунт)	- значение прочности (c <sub>u</sub> )
Падение конуса (нескальный грунт)	- значение прочности (c <sub>u</sub> )
Одноосное сжатие (нескальный грунт)	- значение прочности q <sub>u</sub> =2(c <sub>u</sub> )
Неконсолидированно – не дренированный срез (нескальный грунт)	- значение недренированной прочности на сдвиг (c <sub>u</sub> )
Консолидировано трехосное сжатие грунта (нескальный грунт)	- кривые напряжено-деформированного состояния и порового давления - распределение напряжений (линии равных напряжений) - круги Мора - c , φ , или c <sub>u</sub> - изменчивость c <sub>u</sub> и σ <sub>c</sub> - деформационные характеристики (E'), (E <sub>u</sub> )
Консолидированный прямой сдвиг (нерадиальный) (нескальный грунт)	- кривая зависимости <b>осадки вытеснения</b> грунта от нагрузки - зависимость τ-σ - c , φ - остаточные <b>параметры</b>

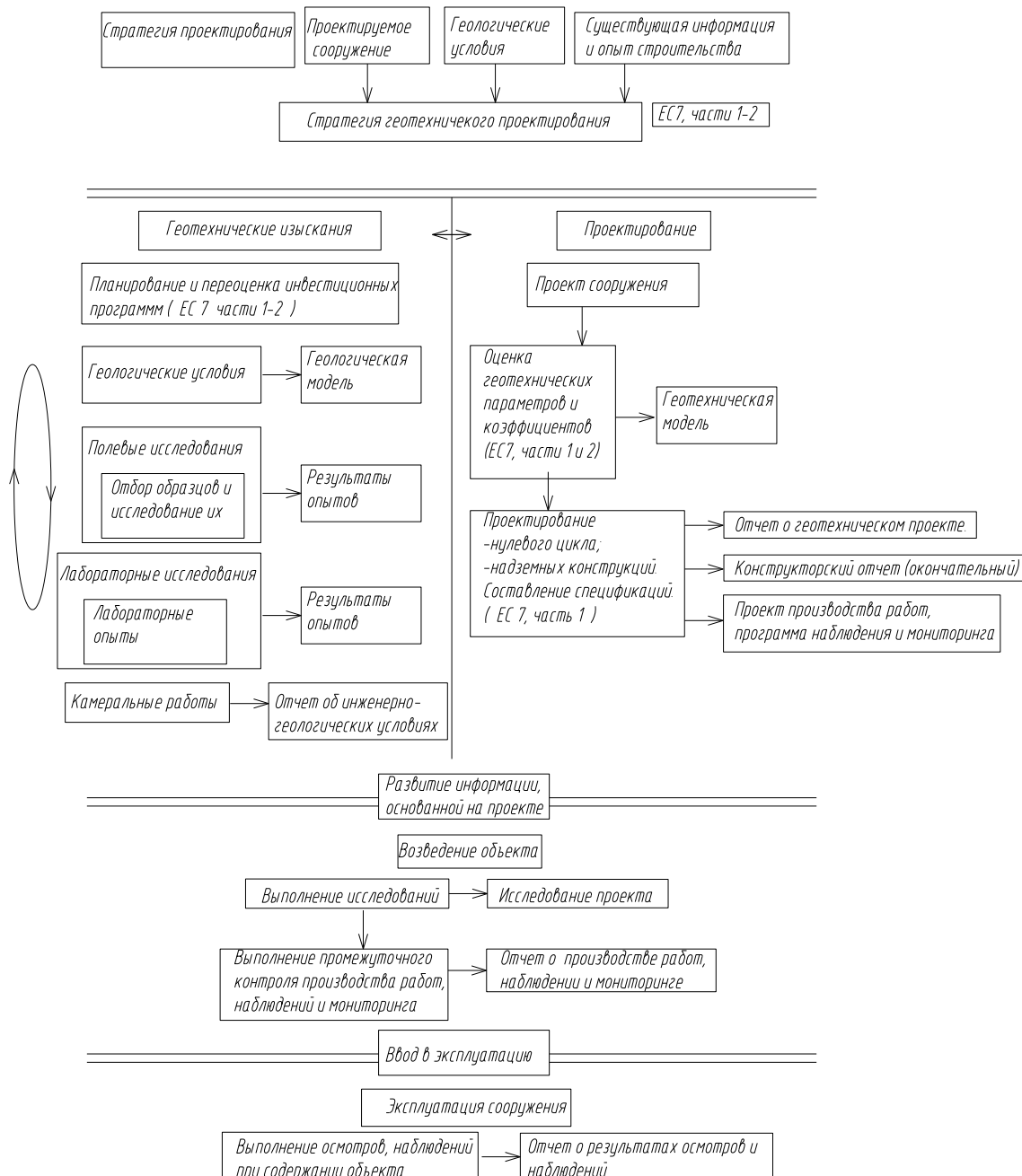
Табл. А.1 окончание

Лабораторные исследования <sup>b</sup>	Результаты исследований
Калифорнийский показатель плотности грунта (скальный грунт)	- значение индекса CDR ( $I_{CBR}$ )
Проницаемость грунта (скальный грунт)	- значение коэффициента проницаемости ( $k$ ) полученные: - по результатам непосредственных лабораторных исследований - по результатам полевых исследований - по результатам одометрических исследований
Содержание воды (скальный грунт)	- влажность $w$
Плотность и пористость (скальный грунт)	- значение плотности $\rho$ и пористости $n$
Набухание (скальный грунт)	- индекс напряжения набухания - давление набухания - поверхность набухания - набухание под постоянной нагрузкой
Одноосное сжатие и деформируемость (скальный грунт)	- значение $\sigma_c$ - значение модуля деформации $E$ - значение коэффициента Пуассона $\nu$
Испытания на точечную нагрузку (скальный грунт)	- значение индекса $I_{s50}$
Прямые испытания на сдвиг (скальный грунт)	- кривая зависимости вытеснения грунта от нагрузки - круги Мора - $c$ , $\varphi$ - остаточные <b>параметры</b>
Исследования по бразильскому методу (скальный грунт)	- прочность при растяжении $\sigma_T$
Трехосное сжатие грунта (для скалы) (скальный грунт)	- кривая распределения напряжений - распределение напряжений (линии равных напряжений) - круги Мора - $c$ , $\varphi$ - значение коэффициента общей деформации $E$ и коэффициента Пуассона $\nu$

## Приложение В (справочное)

### 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		
Начало  Кабинетные исследования топографических, геологических и гидрогеологических карт. Аэро-фото съемка и интерпретация. Архивы. Осмотр площадки строительства	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 отбора проб (PS, OS CS) FVT, PMT, GWC (PIL)	Окончательный выбор метода возведения фундаментов. Проектирование	Свайные фундаменты: PИL, испытание на забивание опытных свай. Измерения распространения волн напряжений GWC. Осадка. Инклинометры.	
			Фундамент мелкого заложения : CS и DMT GW		Фундамент мелкого заложения. Проверка типа грунта. Проверка плотности (CPT). Осадка фундаментов	
	Грубозернистые грунты С.С., 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: PИL, 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.

Таблица В.1 (продолжение)

Сокращение	Описание
<b>Полевые испытания</b>	
BJT	Испытание прибором типа (установка нескольких домкратов в ствол буронабивной сваи по длине?) <b>скважинный домкрат</b>
DP	Динамическое зондирование
SR	Зондирование скальных / нескальных грунтов
SS	Статическое зондирование грунтов (например, статической нагрузкой WST)
CPT (U)	<b>Статическое зондирование</b> <b>Исследование на сопротивление погружению зонда</b> (с замерах порового давления)
SPT	<b>Стандартный метод испытания грунтов</b> <b>Стандартный тест на пенетрацию</b>
DMT	Диламометрические исследования
FVT	Полевые исследования крыльчаткой на сдвиг
PLT	Штамповые испытания (или нагрузкой по всей поверхности образца или нагружением плиты)
MWD	Измерения при производстве буровых работ
SE	Измерения сейсмической активности
PIL	Испытание несущей способности сваи нагрузкой
RDT	Диламометрические испытания скальных грунтов
<b>Отбор проб</b>	
PS	Поршневой пробоотборник
CS	Керноотборник
AS	<b>Полый шнек (шнек)</b> <b>Спиральный бур</b>
OS	Тонкостенный забивной керноотборник
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
Примечания: Геодезические и топографические работы в эту таблицу не включены. Лабораторные исследования не включены в эту таблицу	

### 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 здания, расстояние между точками должно составлять от 15 м до 40 м ;
  - для больших по площади сооружения, 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 м 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 м 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 наименьшее значение.

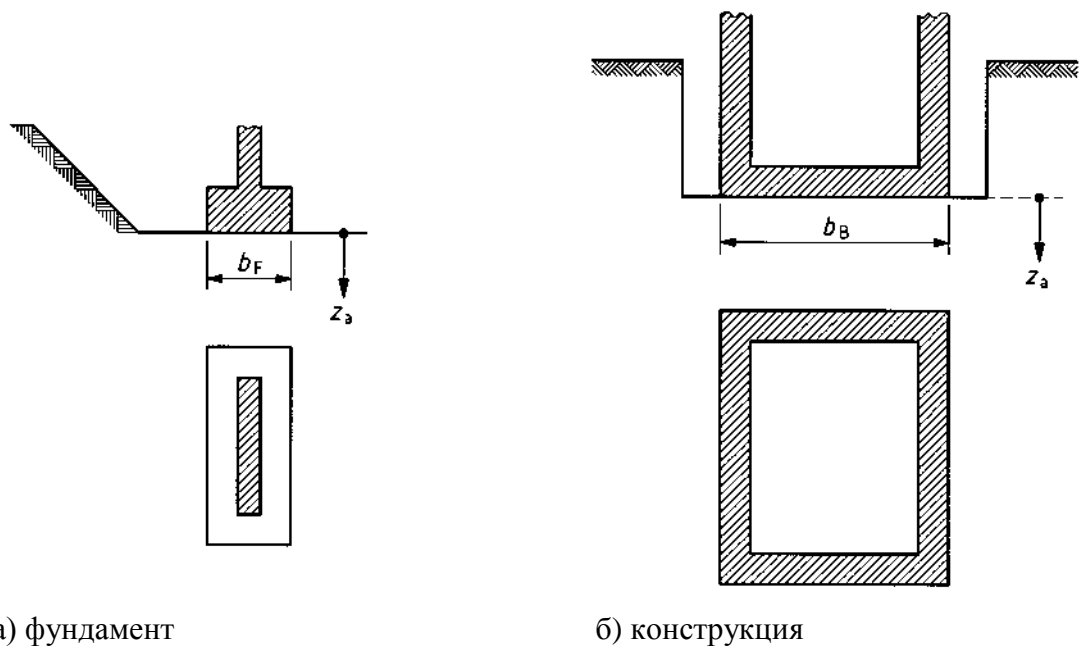
Примечание: Для очень больших или очень сложных проектов, допускается увеличивать глубину, указанную в В.3 (5) В.3 (13).

- 3) Большую глубину исследований необходимо выбирать в случае сложных инженерно-геологических условиях, таких как, наличие слабых слоев, или слоев подверженных деформации под более прочными слоями.
- 4) Если сооружения по В.3 (5)-В.3(13) возведены на известном слое, то глубина исследования может быть сведена к  $z_a=2$  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 она 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 наибольшие значение из следующих условий (см.рис. В.1 а):

$$- Z_a \geq 6m;$$

$$- Z_a \geq 3b_f, \text{ где}$$

$b_f$  – наименьшее боковая длина подошвы фундамента.



а) фундамент

б) конструкция

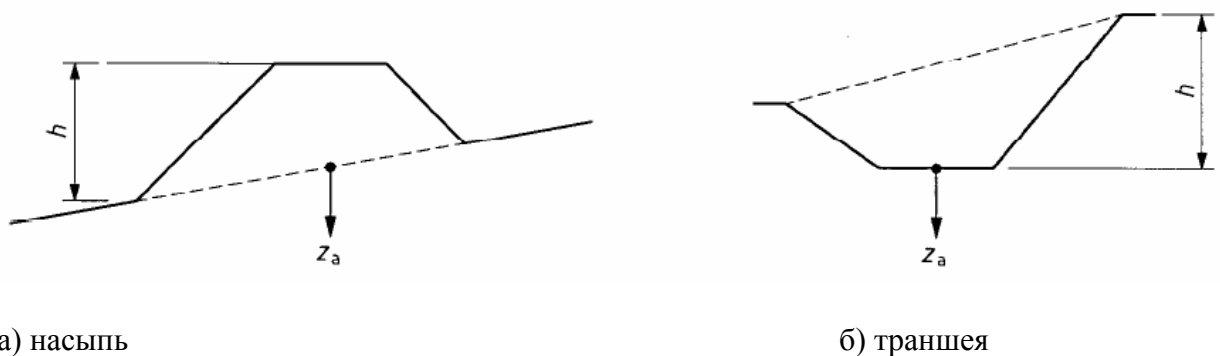
### Рис. В.1. Высотные конструкции

б) Для плитных фундаментов и сооружений с несколькими элементами, влияние которых на большой глубине накладываются друг на друга:

-  $Z_B \geq 3b_f$ , где

$b_B$  – наименьшая сторона сооружения (см. рис В.1.б)/.

(7) - для набережных, насыпей и котлованов должно быть выбрано наибольшее значение (рис.В.2)



а) насыпь

б) траншея

### Рис. В.2 Насыпи и траншеи

а) для дамб:

-  $0,8h < Z_a < 1,2h$ ,

-  $Z_a \geq 6$  м, где

где  $h$  – высота дамбы

б) для траншей

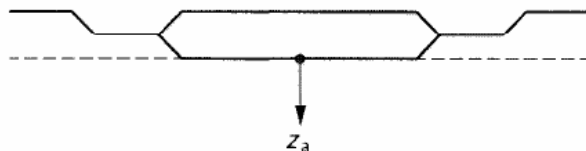
-  $Z_a > 2,0$  м ,

-  $Z_a \geq 0,4 h$  м , где

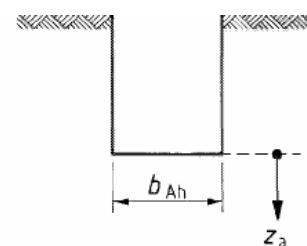
$h$  – высота дамбы или глубина траншеи.

(8) Для линейных структур, должны быть выполнены больше значения из следующих условий (см. рис. В.3):

а) дорога



б) траншея



**Рис. В.3. – Линейные конструкции**

а) для дорог и аэропортов

-  $z_a \geq 2$  м ниже предполагаемого уровня формации

б) для канав, рвов, траншейных сооружений, максимальное из значений:

-  $z_a \geq 2$  м ниже предполагаемого дна

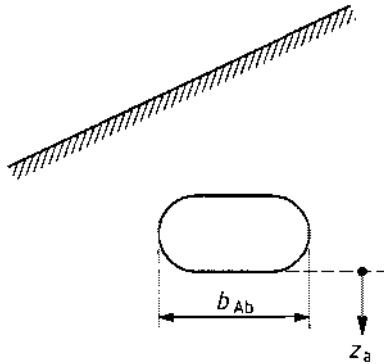
-  $z_a \geq 1,5 b_{Ah}$  , где

$b_{Ah}$  – ширина рва, траншеи.

9) Для малых туннелей и пещер (пустот) (см. рис. В.4)

-  $b_{Ah} < z_a \geq 2,0 b_{Ah}$  , где

$b_{Ah}$  – ширина полости или пустоты.



**Рис. В.4. Туннели и пустоты**

Необходимо также учитывать гидрогеологические условия, описанные в (10).

10) Котлованы (см. рис. В.5)

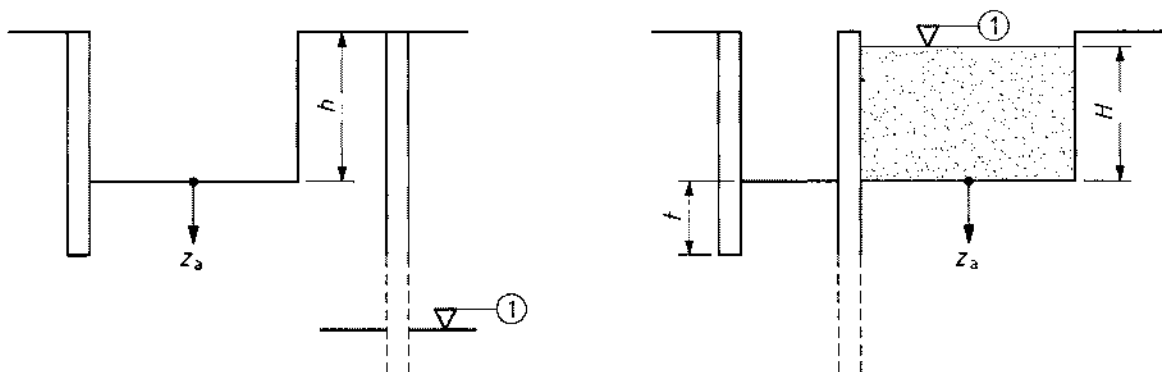
а) Если пьезометрическая поверхность и уровень грунтовых вод ниже дна котлована, необходимо принимать большее из следующих значений:

- $z_a \geq 0,4 h$
- $z_a \geq (t+2,0)$  м, где
- $t$  – длина ограждения
- $h$  – глубина котлована

б) Если пьезометрическая поверхность и уровень грунтовых вод выше дна котлована, необходимо принимать большее из следующих значений:

- $z_a \geq (1,0 H+2,0)$
- $z_a \geq (t+2,0)$  м, где
- $t$  – длина опоры.
- $H$  – глубина наивысшего уровня грунтовых вод над дном котлована

Если ни одного слоя, который слегка пропускает грунтовые воды не встречается вплоть до следующих глубин:  $z_a \geq t+5,0$  м.



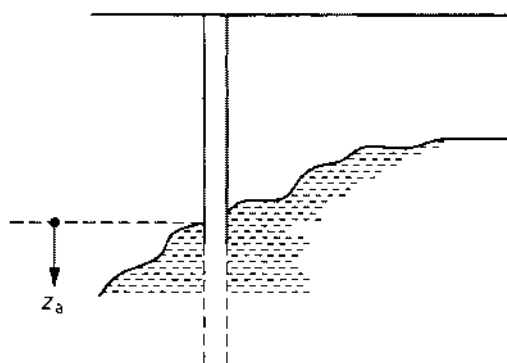
**Рис. В.5. Котлованы**

(1 – уровень грунтовых вод)

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) (см. рис.В.6):

$z_a \geq 2,0$  м ниже поверхности водонепроницаемого слоя.



**Рис. В.6. Диафрагмы, замки плотины**

13) Для свай (см.рис. В.7) необходимо соблюдать 3 условия:

-  $z_a \geq 1,0 b_g$

-  $z_a \geq 5,0$  м

-  $z_a \geq 3 D_F$ , где

$D_F$  – диаметр сваи

$b_g$  – наименьшая сторона прямоугольника, описанного вокруг групп свай, формирующих фундамент на уровне основания свай.

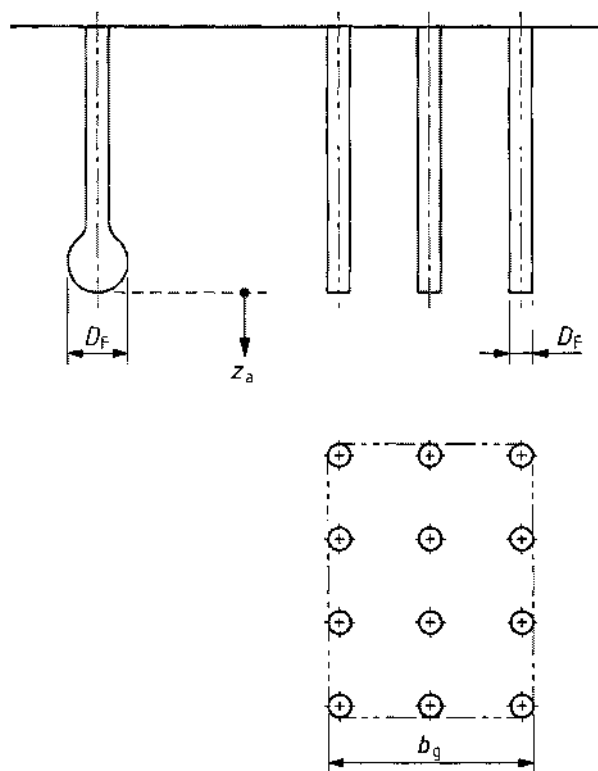


Рис. В.7. Группы свай

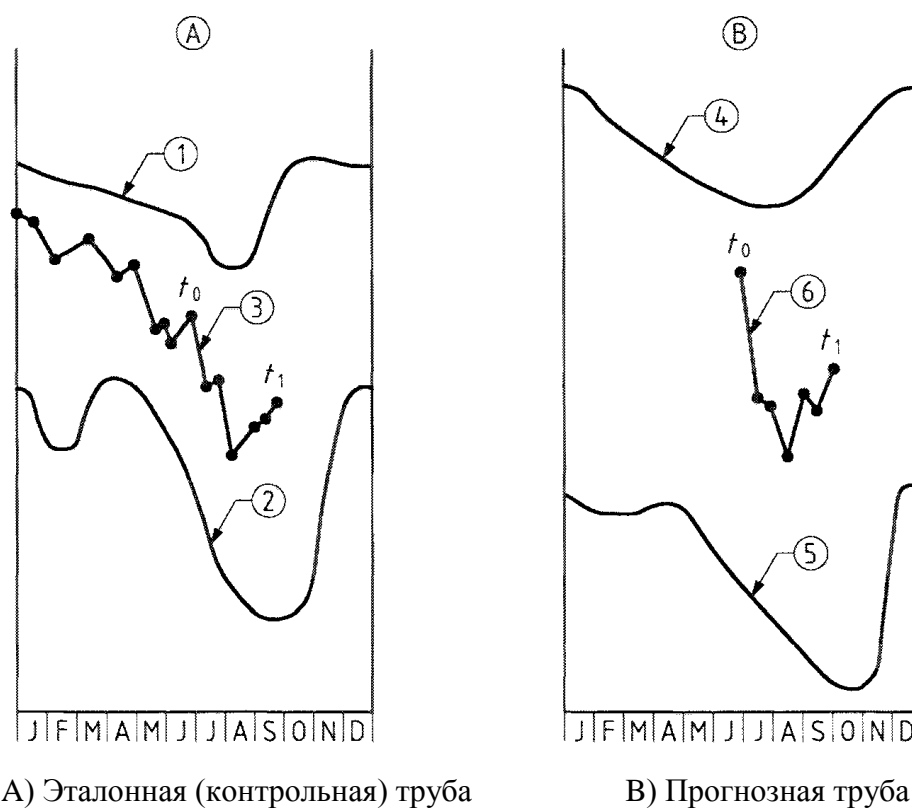


## Приложение С (Справочное)

### Пример определения давления грунтовых вод на основании модели и продолжительных измерений

- (1) Естественное давление грунтовых вод является частью гидрологического цикла, на который оказывают влияние осадки, суммарное испарение, таяние снегов, поверхностный сток и т.д.
- (2) Чтобы составить модель гидрогеологической ситуации для здания или стройплощадки проекта 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 предшествующих измерений в данной среде;
  - обычные уровни поверхностной воды или воды в колодцах;
  - продолжительные измерения в схожих водоносных горизонтах.
- (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 стройплощадки. 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 краткосрочными измерениями непосредственно на площадке.
- (4) Благодаря использованию статистических методов стало возможным прогнозировать давление грунтовых вод в пределах нескольких кПа, на основании данных 15-летних измерений в эталонной системе и 3-месячного периода измерений на реальной площадке (см. Рис. С.1).
- (5) Возможно также имитировать колебания грунтовых вод посредством построения оценочной модели. Такая модель может основываться на данных об осадках и температуре воздуха. Кривая грунтовых вод выстраивается по данным продолжительных измерений колебаний уровня грунтовых вод в данном районе.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Дополнительную информацию и примеры см. в Приложении X.2.



#### Обозначения

- 1 Максимальные уровни грунтовых вод, измеренные в эталонной (контрольной) трубе за 15 лет.
- 2 Минимальные уровни грунтовых вод, измеренные в эталонной (контрольной) трубе за 15 лет.
- 3 Уровни грунтовых вод, измеренные в эталонной (контрольной) трубе за тот же год, когда проводились наблюдения в прогнозной трубе на реальной площадке, где проводятся испытания.
- 4 Прогнозируемый максимальный уровень грунтовых вод в прогнозной трубе на реальной площадке, где проводятся испытания.
- 5 Прогнозируемый минимальный уровень грунтовых вод в прогнозной трубе на реальной площадке, где проводятся испытания.
- 6 Измеренные значения уровня грунтовых вод в прогнозной трубе на реальной площадке проведения испытаний за период времени с  $t_0$  по  $t_1$ .

Примечание: На диаграмме слева представлены максимальный и минимальный уровни грунтовых вод для эталонной (контрольной) трубы. На диаграмме справа показаны данные фактических измерений вместе с прогнозируемыми максимальными / минимальными уровнями грунтовых вод.

**Рис С.1 — Измеренные и прогнозируемые уровни грунтовых вод**

**Приложение D**  
(Справочное)

**Испытания грунта на плотность с использованием удельного сопротивления грунта под наконечником зонда конического и пьезометрического конического зонда**

**D.1 Пример определения значений эффективного угла внутреннего трения прочности на сдвиг и модуля продольной упругости дренированных грунтов**

(1) В Таблице D.1 приведен пример, который можно использовать для определения, по значению  $q_c$ , значений эффективного угла внутреннего трения прочности на сдвиг ( $\varphi'$ ) и модуля продольной упругости (долговременного) ( $E'$ ) для дренированных кварцевых и полевошпатовых песков, для расчетов несущей способности и осадки фундаментов с уширенной пятой.

(2) Данный пример получен путем соотношения среднего значения  $q_c$  в слое со средними значениями  $\varphi'$  и  $E'$ .

**Таблица D.1 — Пример определения значений эффективного угла внутреннего трения прочности на сдвиг ( $\varphi'$ ) и модуля упругости дренированных грунтов ( $E'$ ) для кварцевых и полевошпатных песков по удельному сопротивлению грунта под наконечником зонда сопротивлению зондированию ( $q_c$ )**

Относительная плотность	Удельное сопротивление грунта под наконечником зонда Сопротивление погружению конического зонда ( $q_c$ ) (по данным статического зондирования испытанию погружением конического зонда) МПа	Эффективный угол внутреннего трения <sup>a</sup> прочности на сдвиг <sup>a</sup> , ( $\varphi'$ )°	Модуль упругости дренированного грунта <sup>b</sup> , ( $E'$ ) 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

<sup>a)</sup> Приведенные значения действительны для песков. Для илистого грунта следует сделать уменьшение на 3°. Для гравия следует добавить 2°.

<sup>b)</sup>  $E'$  представляет собой приближение к секущему модулю упругости, зависящему от напряжения и времени. Значения, приведенные для модуля упругости дренированных грунтов соответствуют **осаждениям** за 10 лет. Они получены с предположением, что распределение вертикального напряжения соответствует приближению 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 свехуплотненных грубых грунтах этот модуль может быть значительно выше. При расчетах осадки **фундаментов** для удельных давлений на грунт, составляющих более 2/3 проектного опорного давления в предельном состоянии, значение модуля должно задаваться как половинная величину значений, приведенных в данной таблице.

Примечание: Данный пример опубликован Бергдалем и др. / Bergdahl et al. / в 1993 г. в  
Дополнительную информацию см. в X.3.1.

## D.2 Пример соотношения между удельным сопротивлением грунта под наконечником зонда сопротивлением погружению конического зонда и эффективным углом внутреннего трения прочности на сдвиг

(1) Ниже приводится пример зависимости вывода эффективного угла внутреннего трения прочности на сдвиг ( $\varphi'$ ) от удельного сопротивления грунта под наконечником зонда сопротивлению погружению конического зонда ( $q_c$ ) при испытаниях на песчаных грунтах.

(2) Детерминированное соотношение выглядит следующим образом:

$$\varphi' = 13,5 \times \lg q_c + 23$$

где

$\varphi'$  - эффективный угол внутреннего трения прочности на сдвиг в °;

$q_c$  - удельное сопротивление грунта под наконечником зонда сопротивление погружению конического зонда в МПа.

Данное соотношение действительно для песков плохого гранулометрического состава ( $C_u < 3$ ) выше уровня грунтовых вод и для удельного сопротивления грунта под наконечником зонда сопротивления погружению конического зонда в пределах  $5 \text{ МПа} \leq q_c \leq 28 \text{ МПа}$ .

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Пример основан на результатах испытаний электрическим конусным пенетрометром, а так же результатах лабораторных трехосных испытаний.

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. в подразделе X.3.1.

## D.3 Пример метода определения осадки уширенных книзу фундаментов

(1) Ниже приводится пример полуэмпирического метода расчета осадки уширенных книзу фундаментов в крупно грубозернистых грунтах. Значение модуля упругости Юнга ( $E'$ ), выведенное из удельного сопротивления грунта под наконечником зонда сопротивления погружению ( $q_c$ ), которое используется в данном методе, равно:

- $E' = 2,5 q_c$ , для осесимметричных (круглых и квадратных) фундаментов; и
- $E = 3,5 q_c$ , для плоскодеформируемых (ленточных) фундаментов.

(2) Осадка ( $s$ ) фундамента от нагрузки под давлением нагрузки ( $q$ ) выражается как:

$$s = C_1 \times C_2 \times (q - \sigma'_{v0}) \times \int_0^{z_1} \frac{I_z}{C_3 \times E'} dz$$

где:

$C_1$  равно  $1 - 0,5 \times [\sigma'_{v0}/(q - \sigma'_{v0})]$ ;

$C_2$  равно  $1,2 + 0,2 \times \lg t$ ;

$C_3$  равно поправочному коэффициенту на форму уширенного книзу фундамента:

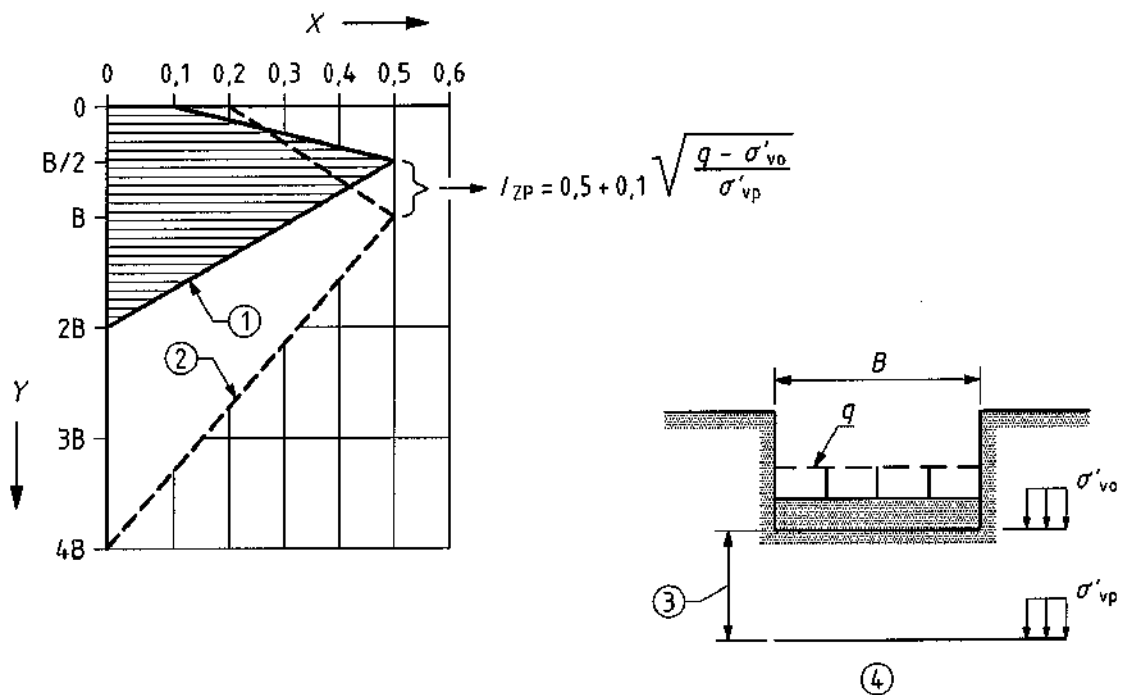
- 1,25 для квадратных фундаментов; и

- 1,75 для ленточных фундаментов, где  $L > 10B$ ;
- $\sigma'_{v0}$  — это начальное эффективное вертикальное напряжение на уровне фундамента;
- $t$  — это время в годах;
- $I_z$  — это фактор воздействия напряжения (см. ниже).

(3) На Рис. D.1 приводится распределение фактора воздействия вертикального напряжения ( $I_z$ ) для осесимметричных (круглых и квадратных) **уширенных книзу** фундаментов и для плоскодеформируемых (ленточных **уширенных книзу**) фундаментов.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Данные сопротивления погружению конического зонда ( $q_c$ ) в данном примере основаны на результатах измерений, произведенных **электрическим коническим пенетрометром**.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Публикация примера: Шмертманн / Schmertmann/ (1970) и Шмертман и др. / Schmertmann et al/ (1978). Дополнительную информацию и примеры см. в подразделе X.3.1.



#### Обозначения

- $x$  фактор влияния вертикального напряжения  $I_z$  для жестких фундаментов
- $y$  относительная глубина под фундаментом
- 1 осесимметричная ( $L/B=1$ )
- 2 плоскодеформируемая ( $L/B > 10$ )
- 3  $B/2$  (осесимметричная);  $B$  (плоскодеформируемая)
- 4 Глубина до  $I_{zp}$

Рис. D.1 — Диаграммы для фактора влияния напряжения

#### D.4 Пример соотношения между одометрическим модулем модулем одометра и удельным сопротивлением грунта под наконечником зонда сопротивлением погружению конического зонда

(1) В Таблице D.2 приводится пример значений  $\alpha$  (см. 4.3.4.1 (9), Уравнение 4.3) для различных типов грунтов как функции сопротивления зондированию.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Публикация примера: Санглерат / Sanglerat/ (1972). Дополнительную информацию и примеры см. в подразделе X.3.1.

Таблица D.2 — Примеры значений  $a$ 

Характер грунта	$q_c$	$a$
Тугопластичная глина	$q_c \leq 0,7$ МПа $0,7 < q_c < 2$ МПа $q_c \geq 2$ МПа	$3 < a < 8$ $2 < a < 5$ $1 < a < 2,5$
Тугопластичный ил	$q_c < 2$ МПа $q_c \geq 2$ МПа	$3 < a < 6$ $1 < a < 2$
Мягкопластичная глина Мягкопластичный ил	$q_c < 2$ МПа $q_c > 2$ МПа	$2 < a < 6$ $1 < a < 2$
Очень органический ил с большим содержанием органики	$q_c < 1,2$ МПа	$2 < a < 8$
Торф и очень органическая глина с большим содержанием органики	$q_c < 0,7$ МПа $50 < w \leq 100$ $100 < w < 200$ $w > 300$	$1,5 < a < 4$ $1 < a < 1,5$ $a < 0,4$
Мелы:	$2 < q_c \leq 3$ МПа $q_c > 3$ МПа	$2 < a < 4$ $1,5 < a < 3$
Мелы:	$2 < q_c \leq 3$ МПа $q_c > 3$ МПа	$2 < a < 4$ $1,5 < a < 3$

#### D.5 Примеры определения **зависящего от напряжения** одометрического модуля деформации по данным удельного сопротивления грунта под наконечником зонда результатам испытания погружением конического зонда

(1) Здесь приводится пример определения одометрического модуля деформации осадки ( $E_{\text{oed}}$ ), зависящего от вертикального напряжения, который часто рекомендуется для расчета осадки **уширенных книзу** фундаментов, и который определяется следующий образом:

$$E_{\text{oed}} = w_1 p_a \left( \frac{\sigma'_{v0} + 0,5 \Delta \sigma'_v}{p_a} \right)^{w_2}$$

где:

$w_1$  - коэффициент жесткости;

$w_2$  is – показатель жесткости;

для песков с коэффициентом однородности  $C_u < 3$ ,  $w_2 = 0,5$ ;

для тугопластичных глин ( $I_p < 10$ ;  $w_L < 35$ ),  $w_2 = 0,6$ ;

$\sigma'_v$  - это эффективное вертикальное напряжение в основании фундамента или на любой глубине под ним, вызванное **перегрузкой** грунта **вышележащими слоями покрывными пластами** грунта;

$\Delta \sigma'_v$  - эффективное вертикальное напряжение, вызванное **структурой** 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 вывести по **данным удельного сопротивления грунта под наконечником зонда результатам испытания погружением конического зонда**, используя следующие уравнения, в зависимости от типа грунта:

Пески с **плохим** гранулометрическим составом ( $C_U \leq 3$ ) **выше над** уровня грунтовых вод;

$$w_1 = 167 \lg q_c + 113 \quad (\text{диапазон достоверности: } 5 \leq q_c \leq 30)$$

Пески с **хорошим** гранулометрическим составом ( $C_U > 6$ ) **выше над** уровня

грунтовых вод;

$$w_1 = 463 \lg q_c - 13 \quad (\text{диапазон достоверности: } 5 \leq q_c \leq 30)$$

Тугопластичные глины с **густой** консистенцией не менее ( $0,75 \leq I_c \leq 1,30$ ) и **выше над** уровня грунтовых вод ( $I_c$  – это показатель консистенции);

$$w_1 = 15,2q_c + 50 \quad (\text{диапазон достоверности: } 0,6 \leq q_c \leq 3,5)$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Пример **основан** на результатах испытаний **электрическим конусным пенетрометром** и лабораторных **одеметрических** испытаний **посредством одометра**.

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. в подразделе X.3.1.

## D.6 Пример соотношения между пределом прочности при смятии одиночной сваи и удельного сопротивления грунта под наконечником зонда сопротивлением погружению конического зонда

(1) В Таблицах D.3 и D.4 даны примеры установленных **зависимостей соотношений** между результатами испытаний статической нагрузкой **грунтов сваями** и **данными удельного сопротивления грунта под наконечником зонда результатами испытаний погружением конического зонда** для грубозернистого грунта с малым количеством или отсутствием мелких фракций. Удельное сопротивление основания  $p_b$  и сопротивление грунта на боковой поверхности  $p_s$  ствола набивной бетонной сваи приводится как **зависимость функция удельного сопротивления грунта под наконечником зонда сопротивления погружению конического зонда ( $q_c$ )** (при **статическом зондировании испытании погружением зонда**) и приведенной осадки оголовка сваи.

Таблица D.3 — удельное сопротивление основания  $p_b$  набивных бетонных свай в **крупнообломочных (?) крупнокомковатых** грунтах с малым количеством или отсутствием мелких фракций

Приведенная осадка $s/D_s$ ; $s/D_b$	Удельное сопротивление основания $p_b$ , в МПа, при среднем удельном сопротивлении грунта под наконечником зонда сопротивлении проникновению конического зонда $q_c$ (статическое зондирование испытание погружением зонда) в МПа			
	$q_c = 10$	$q_c = 15$	$q_c = 20$	$q_c = 25$
0,02	0,70	1,05	1,40	1,75
	0,90	1,35	1,80	2,25
	2,00	3,00	3,50	4,00

ПРИМЕЧАНИЕ: Промежуточные значения можно интерполировать линейно.  
В случае применения бетонных набивных свай с уширенным основанием значения  
следует умножать на 0,75.

$s$  - удельная осадка оголовка свай

$D_s$  - диаметр ствола свай

$D_b$  - диаметр основания свай

$s_g$  - полная осадка оголовка свай

**Таблица D.4 — удельное сопротивление ствола  $p_s$  бетонных набивных свай в крупнообломочных крупнокомковатых грунтах с малым количеством или отсутствием мелких фракций**

Среднее удельное сопротивление грунта под наконечником зонда сопротивление проникновению	Удельное сопротивление грунта на боковой поверхности ствола $p_s$ МПа
0	0
5	0,040
10	0,080
$\geq 15$	0,120

ПРИМЕЧАНИЕ: Промежуточные значения можно интерполировать линейно.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Пример основан на результатах испытаний посредством **электрического пенетromетра**. ПРИМЕЧАНИЕ 2: Пример опубликован в DIN 1054 (2003-01). Дополнительную информацию см. в подразделе X.3.1.

#### **D.7 Пример метода определения предела прочности при смятии (сопротивления смятию) одной отдельной сваи**

- (1) Ниже приводится пример определения максимальной несущей способности отдельной сваи по **на удельному сопротивлению грунта под наконечником зонда** **основании значений  $q_c$** , полученных с помощью **электрического пенетromетра** при **статическом зондировании** **испытании погружением**. В случае переуплотнения грунта или при экскавации после **статического зондирования** **осуществления испытания погружением зонда**, значения  $q_c$  следует уменьшить.
- (2) Максимальный предел прочности (**сопротивление смятию**) сваи выводится следующим образом:

$$F_{\max} = F_{\max;\text{base}} + F_{\max;\text{shaft}}$$

где

$$F_{\max;\text{base}} = A_{\text{base}} X_{p_{\max;\text{base}}}$$

и

$$F_{\max;\text{shaft}} = C_p \int_0^{\Delta L} p_{\max;\text{shaft};z} dz$$

где

- $A_{\text{base}}$  - площадь поперечного сечения основания, в  $\text{м}^2$ ;  
 $C_p$  - длина окружности части ствола сваи в слое, в котором помещается основание сваи, в м;  
 $F_{\max}$  - максимальный предел прочности (**сопротивление смятию**) сваи, в МН;  
 $F_{\max;\text{base}}$  - максимальное сопротивление основания, в МН;  
 $F_{\max;\text{shaft}}$  - максимальное сопротивление на боковой поверхности ствола, в МН;  
 $F_{\max;\text{shaft}z}$  - максимальное удельное сопротивление на боковой поверхности ствола на глубине  $z$ , в МПа;  
 $p_{\max;\text{base}}$  - максимальное удельное сопротивление основания, в МПа;  
 $\Delta L$  ; - расстояние от основания сваи до низа первого слоя грунта над основанием, с  $q_c < 2$  МПа; кроме того,  $\Delta L <$  длины до острия уширенной части сваи, если

- такое применяется, в м;  
 $z$  - глубина, или вертикальное направление (положительное вниз).  
 $D_{eq}$  - эквивалентный диаметр основания, в м;

$$D_{eq} = 1,13 \times a \sqrt{\frac{b}{a}}$$

- где  
 $a$  - длина меньшей стороны площади основания, в м;  
 $b$  - большая сторона, в м, где  $b < 1,5 \times a$ ;

(3) Максимальное сопротивление основания  $p_{\max; \text{base}}$  можно вывести посредством следующих уравнений:

$$p_{\max; \text{base}} = 0,5 \alpha_p \beta s \left\{ \frac{q_{c;I; \text{mean}} + q_{c;II; \text{mean}}}{2} + q_{c;III; \text{mean}} \right\}$$

и

$$p_{\max; \text{base}} < 15 \text{ МПа}$$

- где  
 $\text{mean}$  - среднее значение  
 $\alpha_p$  - коэффициент класса сваи, приведенный в Таблице D.5,  
 $\beta$  - коэффициент, учитывающий форму острия сваи, как показано на Рис. D.3;  
 $\beta$  определяется путем интерполяции между пределами, указанными на Рис. D.3;  
 $s$  - это коэффициент, учитывающий форму основания сваи, который определяется по формуле:

$$s = \left( 1 + \frac{\sin \varphi'}{r} \right) / (1 + \sin \varphi')$$

- где  
 $r$  равно  $L/B$   
 $L$  - это большая сторона острия прямоугольной сваи;  
 $B$  - меньшая сторона острия прямоугольной сваи;  
 $\varphi$  - эффективный угол **внутреннего трения прочности на сдвиг**

$q_{c;I; \text{mean}}$  - среднее значение  $q_{c;I}$  по всей глубине от уровня основания сваи до уровня, который на величину как минимум 0,7 и как максимум 4 диаметра основания сваи  $D_{eq}$  глубже (см. Рис. D.2);

$$q_{c;I; \text{mean}} = \frac{1}{d_{\text{crit}}} \int_0^{d_{\text{crit}}} q_{c;I} dz$$

где

$$0,8D_{eq} < d_{\text{crit}} < 4D_{eq}$$

На критической глубине расчетное значение  $p_{\max; \text{base}}$  становится минимальным;

$q_{c;II; \text{mean}}$  - средняя величина самых низких значений  $q_{c;II}$  по всей глубине вверх от критической глубины до основания сваи (см. Рис. D.2);

$$q_{c;II;mean} = \frac{1}{d_{crit}} \int_{d_{crit}}^0 q_{c;II} dz$$

$q_{c;III;mean}$  - это средняя величина значений  $q_{c;III}$  по интервалу глубины от уровня основания сваи до уровня над основанием сваи, в 8 раз превышающего диаметр сваи, или, в случае, когда  $b > 1,5 \times a$  до  $8 \times a$  выше основания сваи. Расчет Эта процедура начинается от самого низкого значения  $q_{c;II}$ , используемого для расчета  $q_{c;II;mean}$  (см. Рис. D.2);

$$q_{c; III; mean} = \frac{1}{8D_{eq}} \int_0^{-8D_{eq}} q_{c; III} dz$$

Для буроинъекционных шнековых свай,  $q_{c;III;mean}$  не должно превышать 2 МПа, кроме случаев, когда результаты испытаний **статическим зондированием погружением зонда** (СРТ), проведенных на расстоянии  $< 1$  м от сваи после монтажа сваи, используются для расчета предела прочности при сжатии (сопротивления смятию);

(4) Максимальное сопротивление на боковой поверхности ствола  $p_{max;shaft;z}$  следует определять следующим образом:

$$P_{max;shaft;z} = \alpha_s \times q_{c;z;a}$$

где

$\alpha_s$  - это коэффициент в соответствии с Таблицами D.5 и D.6;

$q_{c;z;a}$  - это пороговая величина  $q_c$  на глубине  $z$ , в МПа.

Если  $q_{c;z} > 12$  МПа по непрерывному интервалу глубины величиной 1 м или более, то  $q_{c;z;a} < 15$  МПа по всему этому интервалу.

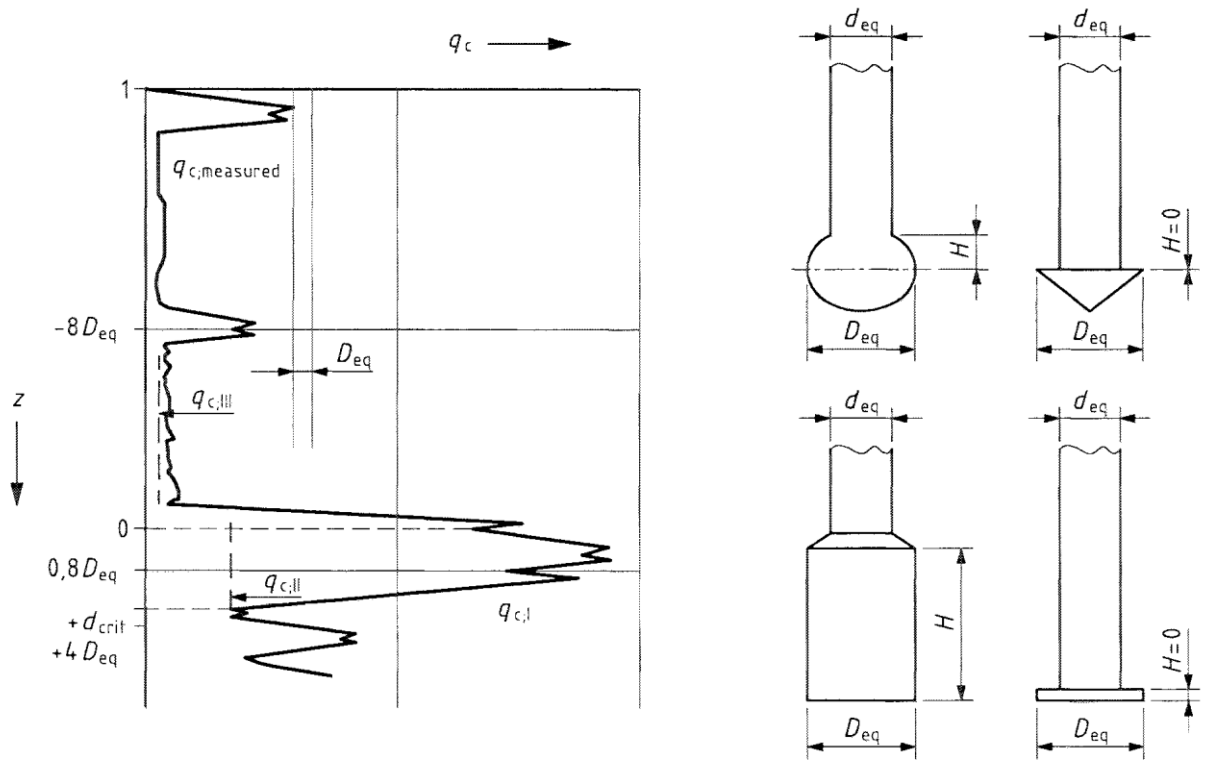
Если **мощность толщина** интервала глубины с  $q_{c;z;a} > 12$  МПа составляет менее 1 м, то  $q_{c} < 12$  МПа по всему этому интервалу.

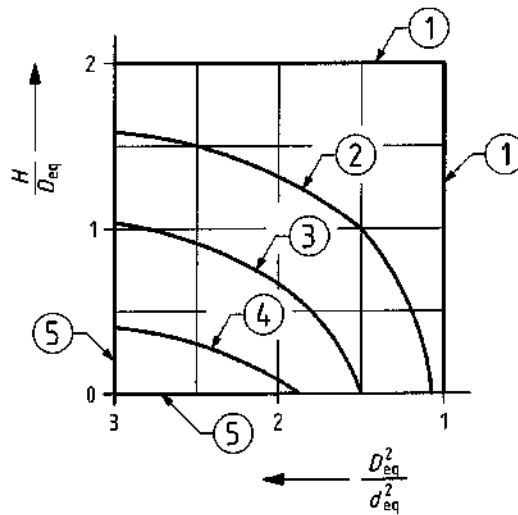
Таблица D.5 — Максимальные значения  $\alpha_p$  и  $\alpha_s$  для песков и **гравийных песчаников**

Класс или тип сваи	$\alpha_p$	$\alpha_s^a$
Сваи со смещением грунта, диаметром > 150 мм		
- Готовые забивные сваи	1,0	0,010
- буронабивные сваи с заглублением стальной трубы с закрытым концом. Стальная труба извлекается во время бетонирования.	1,0	0,012
Грунтовымещающие забивные сваи, диаметром > 150 мм		
- буроинъекционные шнековые сваи,	0,8	0,006 <sup>b</sup>
- буронабивные сваи (с буровым раствором).	0,6	0,005
<p><sup>a</sup> Значения действительны для песков от мелкой до <b>крупной грубой</b> фракции. Для очень <b>крупной грубых</b> песков следует применять коэффициент уменьшения 0,75; для гравия данный коэффициент уменьшения равен 0,5.</p> <p><sup>b</sup> Данное значение используется в случае применения результатов испытаний <b>статическим зондированием погружением зонда</b> (СРТ), проведенных перед установкой свай. Когда используются данные испытаний СРТ, проведенных вблизи буронабивных свай, <math>\alpha_s</math> можно повысить до 0,01.</p>		

Таблица D.6 — Максимальные значения  $\alpha_s$  для глины, ила и торфа

Тип грунта	$q_c$ , МПа	$\alpha_s$
глина	> 3	< 0,030
глина	< 3	< 0,020
ил		< 0,025
торф		0

Рис. D.2 — Разъяснение по  $q_{c,I}$ ,  $q_{c,II}$  и  $q_{c,III}$



### Пояснения

- 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;  $\beta = 0,6$ ;

Пояснения по  $H$ ,  $D_{eq}$  и  $d_{eq}$  см. на Рис. D.2

**Рис. D.3 — Коэффициент формы основания сваи ( $\beta$ )**

ПРИМЕЧАНИЕ: Пример опубликован в NEN 6743-1. Дополнительную информацию и примеры см. в подразделе X.3.1.



## Приложение Е (Справочное)

### Прессиометрическое испытание (РМТ)

#### Е.1 Пример метода расчета несущей способности (сопротивления смятию) фундаментов мелкого заложения (уширенных книзу)

Ниже приводится пример способа расчета несущей способности фундаментов мелкого заложения, с использованием полуэмпирического метода и результатов испытания прессиометром Менара (МРМ).

Несущая способность рассчитывается по формуле:

$$R/A' = \sigma_{v0} + k(p_{LM} - p_0)$$

где

- $R$  - сопротивление фундамента нормальным нагрузкам;
- $A'$  - эффективная площадь основания, определяемая по методу, описанному в EN 1997-1;
- $\sigma_{v0}$  - общее (начальное) вертикальное напряжение на уровне основания фундамента;
- $p_{LM}$  - характерное значение предельных давлений по Менару в основании фундамента мелкого заложения;
- $p_0$  -  $[K_o (\sigma_{v0} - u) + u]$ , где  $K_o$  стандартно равно 0,5,  $\sigma_{v0}$  — это общее (начальное) вертикальное напряжение на испытуемом уровне, а  $u$  — пластовое (поровое) давление воды на испытуемом уровне;
- $k$  - коэффициент несущей способности, приведенный в Таблице Е.1;
- $B$  - ширина фундамента;
- $L$  - длина фундамента;
- $D_e$  - эквивалентная глубина фундамента.

**Таблица Е.1 — Корреляции для определения коэффициента несущей способности  $k$  для фундаментов мелкого заложения (уширенных книзу)**

Категория грунта	Категория $p_{LM}$	$p_{LM}$ МПа	$k$
Глина и ил	А В	<0,7	$0,8[1 + 0,25 (0,6 + 0,4 B/L) \times D_e/B]$
	С	1,2–2,0	$0,8[1 + 0,35 (0,6 + 0,4 B/L) \times D_e/B]$
		>2,5	$0,8[1 + 0,50 (0,6 + 0,4 B/L) \times D_e/B]$
Песок и гравий	А В	<0,5	$[1 + 0,35 (0,6 + 0,4 B/L) \times D_e/B]$
	С	1,0–2,0	$[1 + 0,50 (0,6 + 0,4 B/L) \times D_e/B]$
		>2,5	$[1 + 0,80 (0,6 + 0,4 B/L) \times D_e/B]$
Мел			$1,3[1 + 0,27 (0,6 + 0,4 B/L) \times D_e/B]$
Мергель и выветрелая порода			$[1 + 0,27 (0,6 + 0,4 B/L) \times D_e/B]$

ПРИМЕЧАНИЕ: Пример опубликован Министерством жилищного и транспортного оборудования Франции/ Ministère de l'Équipement du Logement et des Transport / (1993). Дополнительную информацию и примеры см. в подразделе Х.3.2.

## Е.2 Пример метода расчета осадки фундаментов мелкого заложения (уширенных книзу)

(1) Ниже приводится пример способа расчета осадки ( $s$ ) фундаментов мелкого заложения, с использованием полуэмпирического метода, разработанного для испытаний прессиометром Менара (МРМ).

$$s = (q - \sigma_{v0}) \times \left[ \frac{2B_0}{9E_d} \times \left( \frac{\lambda_d B}{B_0} \right)^a + \frac{\alpha \lambda_c B}{9E_c} \right]$$

где

$B_0$  - эталонная ширина, равная 0,6 м;

$B$  - ширина фундамента;

$\lambda_d, \lambda_c$  - коэффициенты формы, указанные в Таблице Е.2;

$\alpha$  - реологический коэффициент, приведенный в Таблице Е3;

$E_c$  - взвешенное значение  $E_M$  непосредственно под фундаментом;

$E_d$  - среднее гармоническое от  $E_M$  во всех пластах до  $8 \times B$  ниже фундамента;

$\sigma_{v0}$  - общее (начальное) вертикальное напряжение на уровне основания фундамента;;

$q$  - нормальное проектное напряжение, прилагаемое к фундаменту.

**Таблица Е.2 — Коэффициенты формы,  $\lambda_c, \lambda_d$  для определения осадки фундаментов мелкого заложения (уширенных книзу)**

$L/B$	Круглый	Квадратный	2	3	5	20
$\lambda$	1	1,12	1,53	1,78	2,14	2,65
$\lambda_d$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

**Таблица Е.3 — Корреляции для определения коэффициента  $\alpha$  для фундаментов мелкого заложения (уширенных книзу)**

Тип грунта	Описание	$E_{MPLM}$	$\alpha$
Торф			1
Глина	Переуплотненная	<16	1
	Нормально уплотненная	9–16	0,67
	Переуложенная Переформованная	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. в подразделе X.3.2.

### Е.3 Пример метода расчета предела прочности при сжатии отдельной сваи

(1) Ниже приводится пример метода расчета предельной прочности при сжатии,  $Q$ , свай при испытании прессиометром Менара (МРМ), с использованием следующей формулы:

$$Q = A \times k \times [p_{LM} - p_o] + P \sum [q_{si} \times z_i]$$

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 в основании сваи, скорректированное для любых слабых пластов, находящихся ниже;
- $p_o$  - это  $[K_o(\sigma_{v0} - u) + u]$ , где  $K_o$  стандартно равно 0,5, а  $\sigma_{v0}$  - это общее (начальное) вертикальное напряжение на испытуемом уровне, а  $u$  - пластовое (поровое) давление воды на испытуемом уровне;
- $k$  - коэффициент предела прочности при сжатии, приведенный в Таблице Е.4;
- $P$  - периметр сваи;
- $q_{si}$  - удельное сопротивление на боковой поверхности ствола сваи для пласта грунта  $i$ , указанное на Рис. Е.1 совместно с Таблицей Е.5;
- $z_i$  - толщина пласта грунта  $i$ .

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. в подразделе Х.3.2.

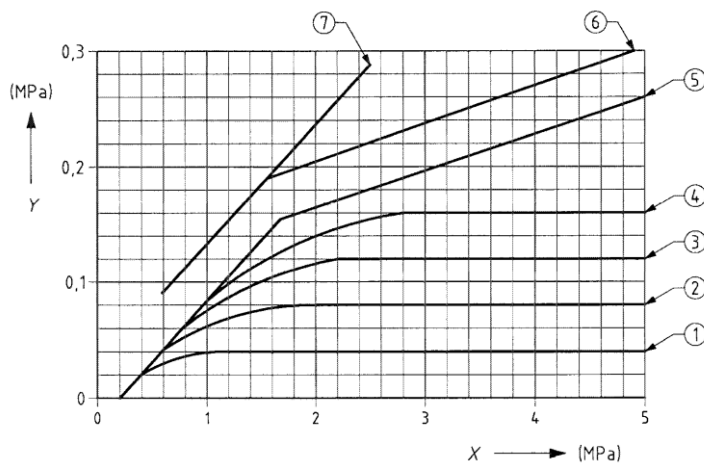
Таблица Е.4 — Значения коэффициента предела прочности при сжатии,  $k$ , для одноосно (?) аксиально нагруженных свай

Категория грунта	Категория $p_{LM}$	$p_{LM}$ МПа	Буронабивные сваи и забивные сваи	Полно-вымещающие забивные сваи
Глина и ил	А В С	<0,7	1,1	1,4
		1,2–2,0	1,2	1,5
		>2,5	1,3	1,6
Песок и гравий	А В С	<0,5	1,0	4,2
		1,0 – 2,0	1,1	3,7
		>2,5	1,2	3,2
Мел	А В С	<0,7	1,1	1,6
		1,0–2,5	1,4	2,2
		>3,0	1,8	2,6
Мергель	А	1,5–4,0	1,8	2,6
	В	>4,5	1,8	2,6
Выветренный скальный грунт	А	2,5–4,0	а	а
	В	>4,5		
а) Выберите $k$ для ближайшей категории грунта.				

**Таблица Е.5 — Выбор расчетных кривых для удельного сопротивления на боковой поверхности ствола сваи**

Категория грунта		Глина и ил			Песок и гравий			Мел			Мергель		Вывеетрелая скалистая порода
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	
<b>Тип сваи</b>													
Буриабивные сваи и кессоны	Проходка без укрепления стенок скважины Без поддержки (без анкеров)	1	1/2	2/3	—	—	—	1	3	4/5	3	4/5	6
	Защита глинистым (?) раствором	1	1/2	1/2	1	1/2	2/3	1	3	4/5	3	4/5	6
	Бурорастворная поддержка	1	1/2	1/2	1	1/2	2/3	1	2	3/4	3	4	—
	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	—
Кессон ручного бурения		1	2	3	—	—	—	1	2		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 <sup>а)</sup> )	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 Н-образного сечения, с увеличенным башмаком, забивается с одновременной закачкой бетона (или цементного раствора) во внутреннюю полость.



**Обозначение:**

(X) Предельное давление ( $p_{LM}$ ), (Y) Удельное сопротивление на боковой поверхности ствола сваи  $q_{si}$   
1 ~ 7 - проектные кривые удельного сопротивления на боковой поверхности ствола сваи.  
**Рис. Е.1 — Удельные сопротивления на боковой поверхности стволов одноосно (?) аксиально нагруженных свай**

## Приложение F (Справочное)

### Стандартный метод испытания грунтов Стандартное зондирование грунта на проникновение (SPT)

#### F.1 Примеры корреляций между количеством ударов молота гидроустановки при проведении стандартного метода испытания грунтов зондирования грунта на проникновение и показателями плотности

(1) Ниже приводятся примеры корреляций между числом ударов молота и показателями плотности.

(2) Соотношение между количеством ударов молота ( $N_{60}$ ), индексом плотности  $I_D = (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min})$  и эффективным общим (начальным) напряжением  $\sigma'_{v,0}$  (кПа  $\times 10^{-2}$ ) в каком-то определенном песке можно представить в виде следующего выражения:

$$\frac{N_{60}}{I_D^2} = a + b \sigma'_{v,0}$$

Параметры  $a$  и  $b$  в нормально уплотненных песках почти постоянны при  $0,35 < I_D < 0,85$  и  $0,5 < \sigma'_{v,0} < 2,5$ , в кПа  $\times 10^{-2}$ . (См. Скемpton / Skempton /1986, Таблица 8).

(3) Для нормально уплотненных естественных отложений песка установлена корреляция между количеством ударов молота (залог)  $(N_1)_{60}$  и  $I_D$ , показанная в Таблице F.1.

**Таблица F.1 — Корреляция между стандартным количеством ударов молота гидроустановки  $(N_1)_{60}$  и индексом плотности  $I_D$**

	Очень рыхлый грунт	Рыхлый	Средний	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» отражается в большем количестве ударов молота и, по-видимому, вызывает увеличение параметра  $a$ .

Типичные результаты для нормально уплотненных песков приводятся 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
Искусственная отсыпка	10	40
Новые заполнения	$>10^2$	55
Естественные (природные) отложения		

(6) Переуплотнение увеличивает коэффициент  $b$  со следующим множителем:

$$\frac{1 + 2 \times K_0}{1 + 2 \times K_{\text{ONC}}}$$

где

$K_0$  и  $K_{\text{ONC}}$  - соотношения напряжений в полевых условиях между горизонтальным и вертикальным эффективными напряжениями в переуплотненном песке и песке нормальной плотности, соответственно.

(6) 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 **ошибочной оценке недооценке** показателя  $I_D$ .

ПРИМЕЧАНИЕ: Данные примеры опубликованы Скемптоном / Skempton / (1986). Дополнительную информацию и примеры см. в подразделе X.3.3.

### F.2 Примеры определения значений эффективного угла **внутреннего трения сопротивления сдвигу**

(1) Таблица F.3 служит примером, который можно использовать для определения значений эффективного угла **внутреннего трения сопротивления сдвигу** кварцевых песков ( $\varphi'$ ) по индексу плотности ( $I_D$ ). На величину  $\varphi'$  также оказывает влияние угловатость частиц и уровень напряжения (см. Таблицу F.3).

Таблица F.3 — Корреляция между индексом плотности ( $I_D$ ) и эффективным углом **внутреннего трения сопротивления сдвигу** кварцевых песков ( $\varphi'$ ) в градусах

Индекс плотности $I_D$	Мелкий Мелкозернистый песок		Средний Средней зернистости		Крупный Грубый	
	Однородный	Хорошего гранулометрического состава	Однородный	Хорошего гранулометрического состава	Однородный	Хорошего гранулометрического состава
%						
40	34	36	36	3	38	4
60	36	38	38	8	41	1
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. в подразделе X.3.3.3.



### Ф.3 Пример метода расчета усадки фундаментов мелкого заложения (уширенных книзу)

Здесь приводится пример эмпирического прямого метода расчета осадок в несвязном грунте фундаментов мелкого заложения.

(1) Осадка вследствие напряжений, величина которых ниже давления переуплотнения, принята как равная 1/3 давления переуплотнения, соответствующего нормально уплотненному песку. Первичная осадка  $s_i$ , в мм, квадратного основания шириной  $B$ , в м, в случае переуплотненного песка, если  $q' \geq \sigma'_p$ , определяется тогда по формуле:

$$s_i = \sigma'_p \times B^{0,7} \times \frac{I_{cc}}{3} + (q' - \sigma'_p) \times B^{0,7} \times I_{cc}$$

где

$\sigma'_p$  – максимальное предшествующее пластовое избыточное давление, в кПа;

$q'$  – среднее эффективное давление на подошве фундамента;

$I_{cc}$  – это  $\alpha_f / B^{0,7}$ ;

$\alpha_f$  – это сжимаемость грунтового основания фундамента,  $\Delta s_i / \Delta q'$ , в мм/кПа.

Если  $q' \leq \sigma'_p$ , то уравнение становится таким:

$$s_i = \sigma'_p \times B^{0,7} \times \frac{I_{cc}}{3}$$

А для нормально уплотненных песков:

$$s_i = (q' - \sigma'_p) \times B^{0,7} \times I_{cc}$$

(3) Через **регрессионный** анализ имеющихся данных об осадке можно получить значение  $I_{cc}$  посредством следующего выражения:

$$I_{cc} = 1,71 / \bar{N}^{1,4}$$

где

$\bar{N}$  – среднее количество ударов при проведении **стандартного метода испытания грунтов стандартного испытания на пенетрацию** по всей значимой глубине.

Стандартная погрешность  $\alpha_f$  варьируется от примерно 1,5 для  $\bar{N}$  равного больше, чем 25, до 1,8 для  $\bar{N}$  равного меньше, чем примерно 10.

(4) В данном конкретном эмпирическом методе для значения  $N$  не требуется делать поправки на пластовое избыточное давление. Также здесь не упоминается коэффициент использования энергии ( $E_r$ ), соответствующий значениям  $N$ . Считается, что эффект уровня грунтовых вод уже нашел отражение в измеренном числе ударов при проведении **стандартного метода испытания грунтов стандартного испытания на пенетрацию**, но для значения  $N > 15$  для водонасыщенных мелкозернистых и илистых грунтов должна применяться поправка

$$N' = 15 + 0,5 \times (N - 15).$$

В случаях, когда речь идет о гравийных и гравийно-песчаных грунтах, количество ударов при проведении **стандартного метода испытания грунтов стандартного испытания на пенетрацию** следует увеличить на коэффициент примерно 1,25.

(5) Значение  $\bar{N}$  дается как среднеарифметическое значение 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 мере углубления. В случаях, когда  $N$  показывает стойкое уменьшение по мере углубления, значимая глубина берется как равная  $2B$  или по низу мягкого слоя, в зависимости от того, что меньше.

(6) Для соотношения «длина- ширина» ( $L/B$ ) фундамента следует применить поправочный коэффициент  $f_s$  :

$$f_s = \left[ \frac{1,25 \times \frac{L}{B}}{\frac{L}{B} + 0,25} \right]^2$$

Значение  $f_s$  стремится к 1,56, в то время как  $L/B$  стремится к бесконечности. Для  $D/B < 3$  не требуется применять никакого поправочного коэффициента глубины ( $D$ ).

(7) Фундаменты, построенные на песчаных и гравийных грунтах, показывают 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 ( $t \geq 3$  года);

$R_3$  - зависящий от времени коэффициент, применяемый для осадки, происходящей в течение первых трех лет после строительства; и

$R_t$  - 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 0,3 и 0,2, соответственно. 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 0,7 и 0,8, соответственно, 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. в подразделе X.3.3.

## Приложение G (Справочное)

### Динамическое зондирование

#### G.1 Примеры корреляционной зависимости между количеством ударов и показателем плотности

1) Приведенные примеры определения плотности ( $I_d$ ) по результатам динамического зондирования при различных значениях плотности распределения ( $C_U$ ) (в интервале  $3 < N_{10} < 50$ ):

- пески **неоднородного (?) плохого** гранулометрического состава ( $C_U < 3$ ), 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 (?) плохого** состава ( $C_U < 3$ ), 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 (?) хорошего** гранулометрического состава ( $C_U < 3$ ), залегающие выше грунтовых вод:

$$- I_d = -0,14 + 0,550 \lg N_{10H} \text{ (DPL)}$$

Примечание: Эти примеры были опубликованы Стензель др..  
Дополнительную информацию и примеры см. X.3.4.

#### G.2 Примеры корреляционной зависимости между эффективным углом внутреннего трения **сдвига** и показателем плотности.

1) Этот пример определения эффективного **внутреннего трения угла сопротивления сдвигу ( $\phi'$ )** в зависимости от коэффициента плотности ( $I_d$ ) для расчета несущей способности **крупнозернистых (разнородных?) грубозернистых** грунтов (см. таблицу G.1).

Табл. G.1. Эффективный угол внутреннего трения сопротивления сдвигу ( $\varphi'$ ) в зависимости от коэффициента плотности ( $I_p$ ) и коэффициента однородности ( $C_U$ ).

Тип грунта	Состояние грунта	Значение $I_p$		Эффективный угол внутреннего трения сопротивления сдвигу ( $\varphi'$ ) <sup>о</sup>
		%		
Мелкозернистый песок, гравийный песок, песчано-гравийные смеси	Пески неоднородного плохого 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 хорошего 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 деформации и результатами динамического зондирования.

1) Ниже приводится пример, демонстрирующий образование вертикальных напряжений в зависимости от одометрического модуля деформации осадки  $E_{oed}$ , и рекомендуемый для определения осадок ленточных фундаментов по формуле:

$$E_{oed} = w_1 p_a \left( \frac{\sigma'_v + 0,5 \Delta \sigma'_v}{p_a} \right)^{w_2}, \text{ где}$$

$w_1$  – коэффициент жесткости;

$w_2$  – показателем жесткости;

- для песков с коэффициентом  $C_U < 3$ :  $w_2 = 0,5$ ;

- для глин с показателем пластичности ( $I_p \leq 10$ ):  $w_1 \leq 3$ :  $w_2 = 0,6$

$\sigma'_v$  – эффективные вертикальные напряжения по подошве фундамента или на любой глубине ниже его в исследуемом грунте.

$\Delta \sigma'_v$  – эффективные вертикальные напряжения, вызванные приложенными нагрузками по подошве фундамента или на любой глубине ниже его 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 DP с использованием, например, следующих уравнений, в зависимости от типа грунта:

- слабо **градуированные** песок ( $C_u < 3$ ), залегающие выше грунтовых вод:

$$- w_1 = 214 \lg N_{10L} + 71 \text{ (DPL, при значениях } 4 \leq N_{10L} \leq 50)$$

$$- w_1 = 249 \lg N_{10H} + 161 \text{ (DPH, при значениях } 3 \leq N_{10H} \leq 10)$$

- мало-пластичные глины, с консистенцией ( $0,75 < I_c < 1,30$ ) и залегающие выше грунтовых вод ( $I_c$  – показатель консистенции):

$$- w_1 = 4N_{10L} + 30 \text{ (DPL, при значениях } 6 \leq N_{10L} \leq 19)$$

$$- w_1 = 6N_{10H} + 50 \text{ (DPH, при значениях } 3 \leq N_{10H} \leq 13)$$

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 **статическим зондированием** **сопротивлением пенетрации** и результатами динамического зондирования

1) Это пример определения **удельного сопротивления грунта под наконечником зонда сопротивления погружению конуса** ( $Q_c$ ) в пески и песчано-гравийные 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) П и пр. 6).

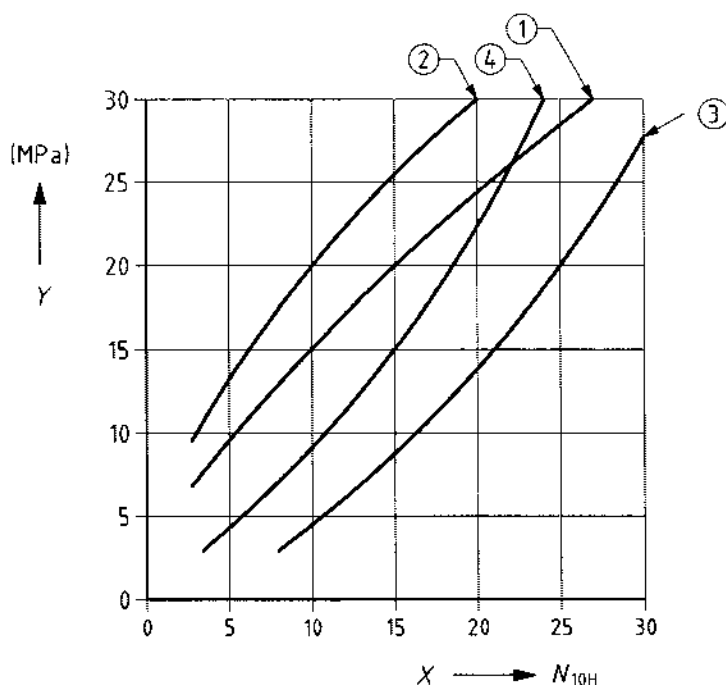


Рис. G.1 График зависимости между количеством ударов  $N_{10H}$  и **удельным сопротивлением грунта под наконечником зонда сопротивление погружению конуса** ( $q_c$ ) для **неоднородных слабо гранулированных и однородных сильно гранулированных песков**.

X-количество ударов; Y- удельным сопротивлением грунта под наконечником зонда сопротивление погружению конуса ( $q_c$ ). 1- неоднородных плохо гранулированных песков выше уровня грунтовых вод; 2- неоднородных плохо гранулированных песков ниже уровня грунтовых вод; 3- однородных хорошо гранулированных песков выше уровня грунтовых вод; 4 – однородных хорошо гранулированных ниже уровня грунтовых вод.

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 динамического зондирования пенетрометров**

1) Это пример определения зависимости между количеством ударов  $N_{10L}$  динамического зондирования (DPL) зондирование и количеством ударов  $N_{10H}$  динамического зондирования гранулированных песков для неоднородных плохо гранулированных песков ( $C_u < 3$ ), расположенных выше уровня грунтовых вод.

a) Исходные данные: результаты DPH  
 $N_{10L} = 3N_{10H}$  для значений  $3 \leq N_{10H} \leq 20$

b) Исходные данные: результаты DPL  
 $N_{10H} = 0,34N_{10L}$  для значений  $3 \leq N_{10L} \leq 20$

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 (справочное)

### Испытание статической нагрузкой (WST)

1) В этом приложении рассматривается пример определения значений эффективного угла **внутреннего трения сопротивления сдвигу** ( $\phi'$ ) 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  $\phi'$  и  $E'$  (см. Табл. Н.1).

Табл. Н.1. Значения эффективного угла **внутреннего трения сопротивления сдвигу** и модуля упругости ( $E'$ ) для дренированных кварцитов, полевого шпата полученных по результатам шведских исследований.

Показатель плотности	Сопротивление сдвигу Кол-во полуоборотов / 0,2 м	Эффективный угол <b>внутреннего трения сопротивления сдвигу<sup>b</sup>, (<math>\phi'</math>),</b> °	Модуль Юнга дренированной породы <sup>c</sup> , ( $E'$ ) МПа
Очень рыхлые	0	29–	<10
Рыхлые	–	32	10–20
Средней плотности	1	32–	20–30
Плотные	0	35	30–60
Очень плотные	1	35–	60–90

<sup>a</sup> Перед определением наиболее близкой плотности сопротивления сдвигу в илистых почвах определяется с коэф. 1,3..

<sup>b</sup> Приведенные значения относятся к песчаным грунтам. Для илистых грунтов эффективный угол **внутреннего трения** должен быть уменьшен на  $3^\circ$ . Для гравия должен быть увеличен на  $2^\circ$ .

<sup>c</sup> Модуль упругости  $E'$  –секущая аппроксимация к кривой напряжений от времени. Значения, установленные для модуля дренированного сдвига соответствует осадке после 10 лет. Они получены из предположения, что вертикальные напряжения распределяются приблизительно в соотношении 2:1. Кроме того, некоторые исследования показывают, что данные приведенные значения могут быть на 50% ниже в илистых грунтах и на 50% выше в щебнистых (гравелистых) грунтах. В переуплотненном **крупнозернистом грубозернистом** грунте, модуль может быть значительно выше. При определении осадки если давление грунта превышает 2/3 проектного давления в предельном состоянии, то модуль упругости необходимо применять с коэф. 0,5.

2) Если известны только результаты опытов на сдвиг, то значение угла **внутреннего трения сопротивления сдвигу** и модуля Юнга, приведенные в таблице Н.1, необходимо принимать минимальным.

3) При оценке результатов исследований воздействия статической нагрузкой для применения в таблице Н.1, приведенные в примере пиковые значения относящиеся к камням или гальке не должны приниматься во внимание. 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. X.3.5.



## Приложение I (справочное)

### Полевое испытание грунта на сдвиг крыльчаткой (FVT)

#### I.1 Примеры определения поправочных коэффициентов для определения недренаживанной прочности на сдвиг (без дренажа).

1) Пример определения поправочных коэффициентов к результатам полевым испытаниям на сдвиг крыльчаткой для получения недренаживанной прочности на сдвиг (без дренажа) ( $c_u$ ) по измеренным значениям ( $c_{fv}$ ), полученным в ходе полевых испытаний на сдвиг крыльчаткой, см. в п.п. 1.2 – 1.5. В основном эти коэффициенты основаны на анализе (методом бэк-стриппинга) разрушений набережных и испытаний нагрузкой в мягкой глине. Все эти опыты приводят к получению значения поправочных коэффициентов ( $\mu$ ), которые используются в следующем уравнении для недренаживанной прочности на сдвиг (без дренажа):

$$c_u = \mu * c_{fv}, \text{ где}$$

$c_{fv}$  – недренаживанная прочность на сдвиг (без дренажа), полученная по результатам полевых испытаний на сдвиг крыльчаткой

$\mu$  – поправочный коэффициент

2) Приведенная формула должна быть основана на локальных местных экспериментах на реальных видах глины. Необходимо отметить, что дренаживанная прочность на сдвиг с дренажом может быть меньше, чем недренаживанная прочность.

Примечание: Для получения дополнительной информации см. X.3.6.

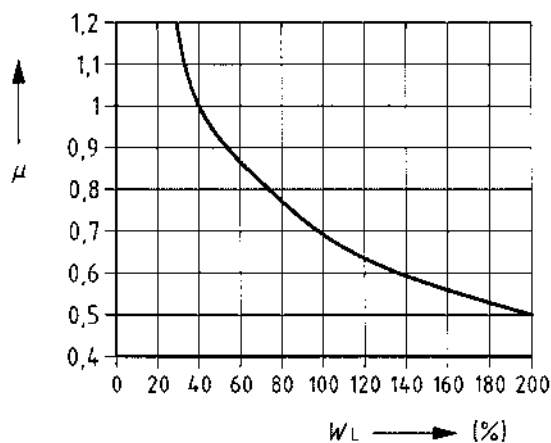
#### I.2 Пример определения поправочного коэффициента $\mu$ на основе предела пластичности Аттерберга

1) Для мягких, нормально уплотненных глин, поправочный коэффициент  $\mu$  зависит от предела пластичности или показателя пластичности. Корреляционная кривая представлена на рис. I.5.

2) Поправочный коэффициент больше чем 1,2 не должен быть использован без дополнительных исследований.

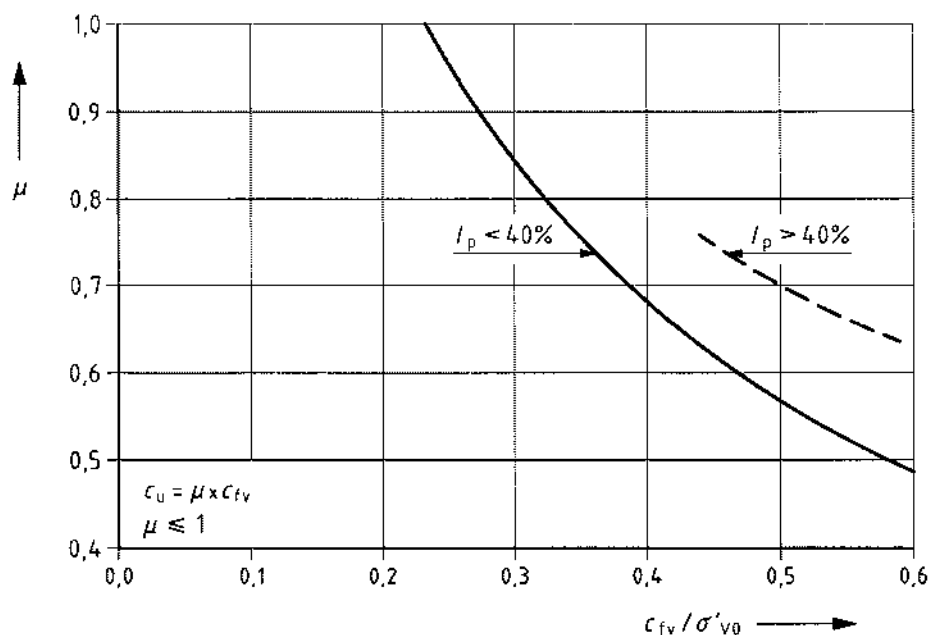
3) В трещиноватых глинах, значение поправочного коэффициента может равняться 0,3. В трещиноватых глинах, недренаживанная прочность на сопротивление сдвигу должна быть определена параллельно с другими методами.

Примечание: датский геотехнический институт (1959) приводит примеры поправочных коэффициентов в трещиноватых глинах. Для получения дополнительной информации см. X.3.6.



**Рис. I.1 определение поправочных коэффициентов для  $C_{FV}$ , основанные на пределе текучести глин нормальной консолидации ( $W_L$  - предел текучести).**

Примечание: Рис. I.1 был опубликован Ларссон и др.. (1984). Для получения дополнительной информации см. X.3.6



**Рис. I.2. - Примеры поправочных коэффициентов  $C_{FV}$ , полученные на основе числа пластичности и эффективных вертикальных напряжений ( $\sigma'_{v0}$ ) для сильно консолидированных глин.**

### I.3 Пример определения поправочного коэффициента $\mu$ по пределам пластичности Аттерберга и состоянию консолидации

1) Данная зависимость связывает показатель пластичности  $I_p$  и эффективные вертикальные напряжения ( $\sigma'_{v0}$ ) в грунте. Кривые зависимостей приведены на рис. I.2.

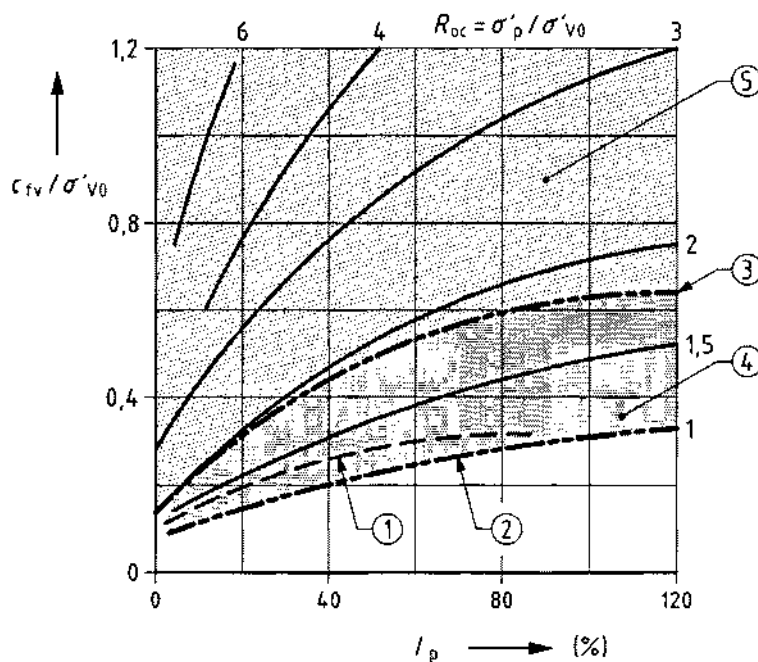
Примечание: Данный рисунок был опубликован Аас (Аас) (1979). Для получения дополнительной информации см. X.3.6.

#### 1.4 Пример определения поправочного коэффициента $\mu$ основанного на пределах Аттерберга и состоянии 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 используя зависимости, показанные на рис. 1.3 (т.е. соотношение между результатами сопротивления сдвигу ( $\sigma_{fv}$ ) полученному по исследованиям крыльчаткой и показателем пластичности  $I_d$  (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).

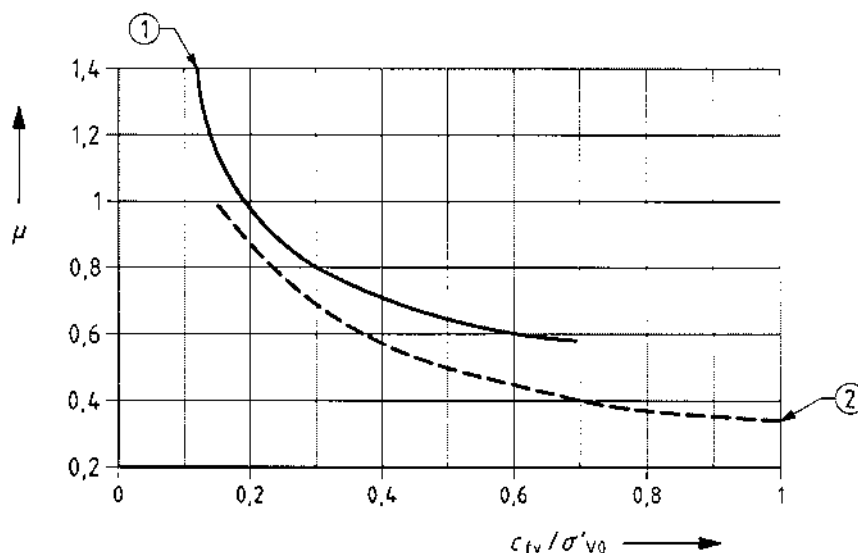
3) Нормально консолидированные грунты затем корректируется в соответствии с приведенной на рис. 1.4 кривой NC и чрезмерно консолидированные корректируются в соответствии с кривой OC.



**Рис. 1.3** Схема разделения нормально консолидированных и чрезмерно консолидированных глин

1- кривые с рис. 1.2; 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).

Примечание: Этот пример был опубликован Aas (Аас) и др.. (1986). Для получения дополнительной информации см. X.3.6



**Рис. I.4 Корреляционная зависимость между нормально-консолированными и чрезмерно – консолидированными глинами**

1- нормально консолидированные глины (NC); 2 –чрезмерно консолидированные глины (OC).

### I.5 Пример определения поправочного коэффициента $\mu$ , 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  $\mu$  для нормально консолидированных и слегка переуплотненных глин может быть:

$$\mu = \left( \frac{0,43}{w_L} \right)^{0,45} \geq 0,5, \text{ где}$$

$w_L$  – предел текучести.

3) В глинах с коэффициентом повышенной консолидации больше, чем 1,3 поправочный коэффициент  $\mu$  применяется:

$$\mu = \left( \frac{0,43}{w_L} \right)^{0,45} \times \left( \frac{R_{OC}}{1,3} \right)^{1,5}, \text{ где}$$

$R_{OC}$  – 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  $c_{fv} = 0,45 \times w_L \times \sigma_p'$ . Тогда поправочный коэффициент  $\mu$  находится:

$$\mu = \left( \frac{0,43}{w_L} \right) \times \left( \frac{c_{fv}}{0,58w_L \times \sigma_{v0}} \right)^{0,15}$$

Примечание: Эта формула вытекает из исследований Хансбо (Hansbo) (1957). Для получения дополнительной информации см. X.3.6.

## Приложение J (справочное)

### Плоское дилатометрическое испытание (DMT)

(1) В данном приложении приводится пример корреляционной зависимости между  $E_{oed}$  и результатами DMT. Данные корреляционной зависимости могут быть использованы для определения значения однонаправленного касательного модуля ( $E_{oed} = d\sigma / d\epsilon$ ) полученные по результатам DMT:

$$E_{oed} = R_M \times E_{DMT}, \text{ где}$$

$R_M$  определяется либо по результатам локальных опытов или с помощью следующих соотношений:

- если  $I_{DMT} \leq 0,6$ , то  $R_M = 0,14 + 2,36 \lg K_{DMT}$ ;

- если  $0,6 < I_{DMT} < 3$ , то  $R_M = R_{MO} + (2,5 - R_{MO}) \lg K_{DMT}$ , где  $R_{MO} = 0,14 + 0,15(I_{DMT} - 0,6)$

- если  $3,0 \geq I_{DMT} > 10$ , то  $R_M = 0,5 + 2 \lg K_{DMT}$ ;

- если  $K_{DMT} > 10$ , то  $R_M = 0,32 + 2,18 \lg K_{DMT}$ ;

- если значение  $K_{DMT} < 0,85$ , получено по вышеуказанным зависимостям, то  $R_M$  принимают равным 0,85.

где:

$I_{DMT}$  – показатель типа материала, полученный из показателя дилатометрии

$K_{DMT}$  – показатель горизонтальных напряжений, полученный из дилатометрических опытов.

Примечание: Этот пример был опубликован Марчетти (Marchetti) (2001). Для получения дополнительной информацией и примеров расчета, см. X.3.7.

## Приложение К (справочное)

### Штамповые испытания (**нагрузки плитой или образца по всей поверхности**) (PLT)

#### К.1 Пример определения значения прочности на сдвиг (недренированной)

1) Ниже приведен пример определения значения недренированной прочности на сдвиг ( $c_u$ ):

$$c_u = \frac{p_u - (\gamma \times z)}{N_c}, \text{ где}$$

где

$p_u$  - конечное контактное давление, полученное по штамповым испытаниям PLT испытаниям

$\gamma z$  - это общая напряженность (плотность, помноженная на глубину), определенное на уровне испытаний, во время проведения опытов в скважине. Диаметр скважины должен в три раза превышать диаметр или ширину плиты;

$N_c$  – коэффициент несущей способности; для круглых плит:

$N_c = 6$  (обычно для испытаний PLT, проводимых с поверхности грунта)

$N_c = 9$  (обычно для испытаний PLT, проводимых в скважинах, на глубине более 4 диаметров или ширин штампа).

Примечание: Этот пример был опубликован Марсланд (Marshall) (1972).  
Дополнительную информацию и примеры см. X.3.8.

#### К.2 пример получения значения модуля осадки штампа

1) Приведена формула для определения модуля осадки штампа  $E_{PLT}$  (секущий модуль).

2) Для выполнения испытаний нагрузкой, проведенных на уровне земной поверхности или в котловане, где меньшая ширина / диаметр, по меньшей мере в пять раз превышает диаметр штампа модуль осадки штампа ( $E_{PLT}$ ) может быть рассчитан из общей формулы:

$$E_{PLT} = \frac{\Delta p}{\Delta s} \times \frac{\pi b}{4} (1 - \nu^2), \text{ где}$$

$\Delta p$  – выбранный диапазон применяемых контактных давлений;

$\Delta s$  – изменение суммарной осадки в соответствии с изменением контактных давлений  $\Delta p$ , включая осадки ползучести.

$b$  – диаметр штампа

$\nu$  – коэффициент Пуассона, соответствующий условиям испытаний.

3) Если коэффициент Пуассона не был определен прочими способами, то его принимают равным 0,5 для недренированных мелкозернистых грунтов и 0,3 для крупнозернистых грунтов.

4) Если исследования проводились в забое скважины, то величина  $E_{PLT}$  может быть рассчитана по формуле:

$$E_{PLT} = \frac{\Delta p}{\Delta s} \times \frac{\pi b}{4} (1 - \nu^2) C_z, \text{ где}$$

$C_z$  – коэффициент влияния глубины; он определяется как отношение глубины нагрузки к соответствующей осадке от нагрузки, приложенной на поверхности; пример предлагаемых значения см. рис. К.1:

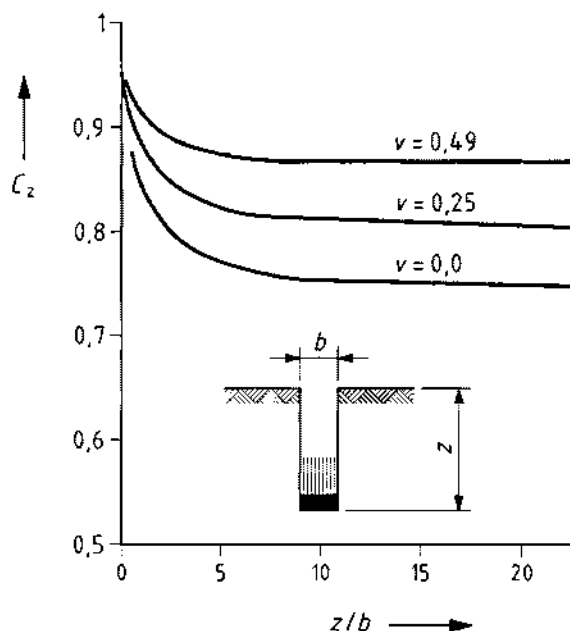


Рис. К.1 Коэффициент влияния глубины  $C_z$ ; как отношение диаметра  $b$  и глубины исследований  $z$  для результатов испытаний PLT, полученных с приложением равномерных круговых нагрузок на незакрепленный ствол.

Примечание: Этот пример был опубликован Burland (1969). Дополнительную информацию и примеры см. X.3.8.

### К.3 Пример получения коэффициента реакции грунтового основания

1) Данный коэффициент  $k_s$  может быть определен по формуле:

$$k_s = \frac{\Delta p}{\Delta s}, \text{ где}$$

$\Delta p$  – выбранный диапазон применяемых контактных давлений;



$\Delta s$  – изменение суммарной осадки в соответствии с выбранным диапазоном контактных давлений, включая осадки оползания.

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 рис К.3, если грунты оснований под подошвой расположены на глубине больше 2 ширины фундамента то ширина принимается такой же как и под плитой (штампом) (см. рис К .2).

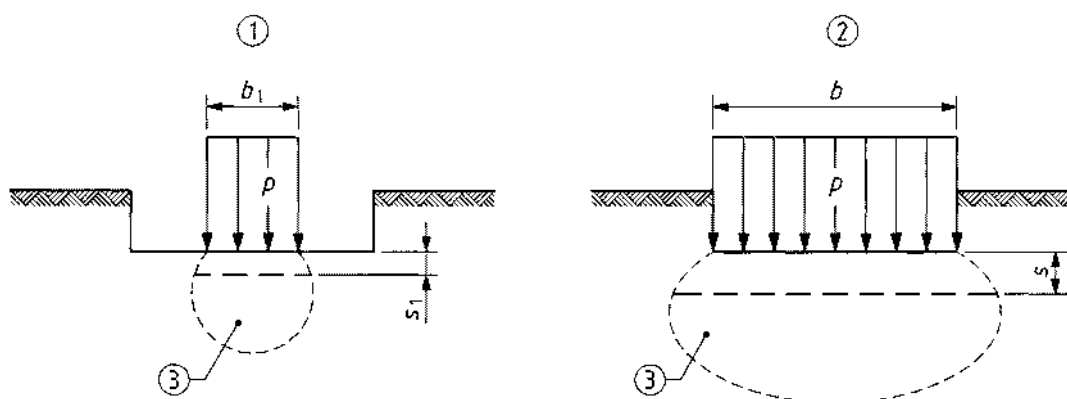
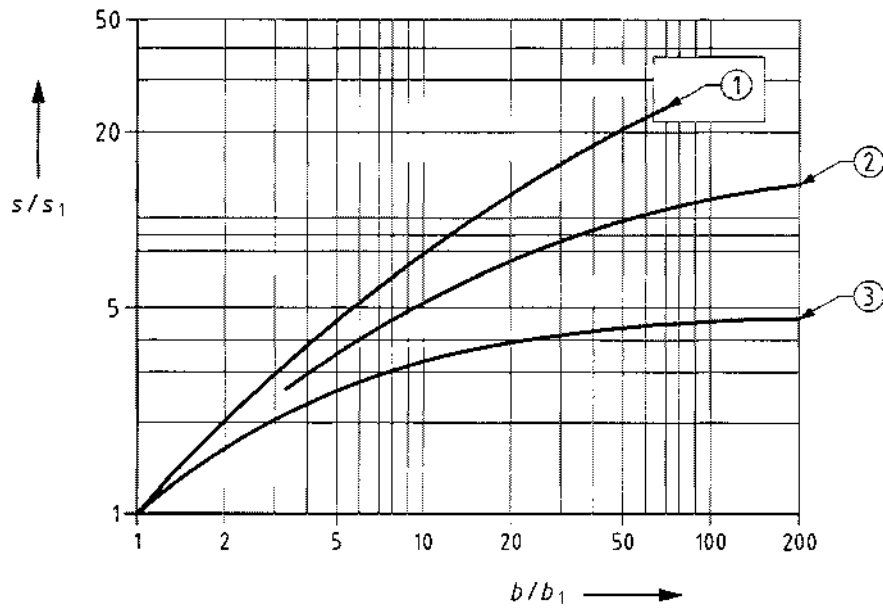


Рис. К.2. Площадь влияния под плитой нагружения (штампом) и фундаментом

( $b_1$  – ширина штампа;  $b$  – ширина фундамента;  $p$  – нагрузка,  $s_1$  – осадка измеренная при проведении PLT;  $s_2$  – прогнозируемая осадка фундамента; 1- штамп; 2- фундамент; 3 – зона влияния)



**Рис. К.3** График для расчета осадки фундаментов по результатам штамповых испытаний

( $b/b_1$  – отношение ширин;  $s/s_1$  – отношение осадок; 1 – рыхлые; 2- средней плотности; 3 – плотные)

Примечание: Этот пример был опубликован Bergdahl и др. (1993).  
Дополнительную информацию и примеры см. X.3.8.

## Приложение L (Справочное)

### Подробная информация о подготовке образцов грунта для испытаний

#### L.1 Введение

(1) Подробно порядок подготовки образцов изложен в тексте стандарта CEN/TC 341, он 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 данном 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 его естественном состоянии. Когда требуется сушка грунта, следует использовать один из следующих способов:

- сушка в печи до постоянной массы в вентилируемой камере при температуре  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ ;
- сушка в печи в вентилируемой камере при заданной температуре менее  $100^\circ\text{C}$  (т.е., частичная сушка, поскольку сушка при более низкой температуре не должна быть полной);
- воздушную сушку (частичную) выдержкой на воздухе при комнатной температуре, с вентилятором или без вентилятора.

##### L.2.2 Размельчение

(1) Степень необходимого измельчения и обработка какого-либо оставшегося цементированного материала должны соответствовать конкретным требованиям и условиям, о чем должно быть указано в отчете. В частности, измельчение и обработка материала образца должны производиться при естественном водосодержании грунта.

(2) Слипшиеся частицы должны быть **разъединены** **разбиты** таким образом, чтобы избежать разрушения отдельных частиц. Воздействие должно быть не более сильным, чем воздействие при ударе пестом с резиновой головкой. Особую осторожность следует проявлять, когда частички грунта рыхлые и **слабокрепкие**. Если необходимо приготовить большое количество грунта, то измельчение 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) Если чтобы приготовить образцы для испытаний, требуется удалить крупные частицы из исходной пробы, то следует письменно зарегистрировать диапазон размеров и долю по массе удаленного сверхкрупного материала.

**Таблица L.1 -- Масса грунта, необходимая для испытаний образцов грунта с нарушенной структурой**

Испытание	Требуемая исходная масса		Минимальная масса приготовленного испытательного образца			
			Глина и ил	Песок	Гравийный грунт	
Водосодержание	Не менее, чем в 2 раза превышающая массу образца		30 г	100 г	D= 2– 0 мм MMS	D> 10 мм 0,3 x MMS, мин. 500 г
Плотность частиц	100 г		10 г (размер частиц < 4 мм)			
Размер зерен						
Просеивание	2 × MMS		MMS			
Осаждение						
Гидрометром	250 г		50 г	100 г		
Пипеткой	100 г		12 г	30 г		
Пределы консистенции	500 г		300 г (размер частиц < 4 мм)			
Индекс плотности	8 кг		a			
Дисперсность	400 г		a			
Уплотнение	S	NS	a			
Пресс-форма "Proctor"	25 кг	10 кг				
Пресс-форма "CBR"	80 кг	50 кг				
Диаметр частиц при проницаемости СВР <sup>b</sup>	6 кг		a			
	4 кг					
	3 кг					
100 мм	500 г					
75 мм	250 г					
50 мм						
38 мм						
Обозначения:						
D	Наибольший диаметр частиц в значительной доле (10% или более по сухой массе)					
MMS	Минимальная масса, подлежащая отбору для просеивания (см. Табл. L.2)					
NS	Частички грунта, не поддающиеся крошению					
S	Частички грунта, подверженные крошению во время уплотнения					
<sup>a</sup>	Масса образца зависит от поведения грунта во время испытания					
<sup>b</sup>	Образцы испытаний на проницаемость с высотой от равной до вдвое большей, чем диаметр					

### L.2.5 Подготовка грунта к уплотнению

(1) Грунт, подлежащий использованию для испытаний, связанных с уплотнением, следует предотвращать от высыхания. Если необходимо понизить водосодержание 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 испытания (см. Таблицу L.3).

### 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 **перепрессованных** образцов

#### L.4.1 Общие требования

(1) Грунт с нарушенной структурой можно перепрессовать, чтобы сформировать образцы в соответствии с одним из следующих критериев:

- прессование с приложением заданного уплотняющего усилия при определенном водосодержании;
- достижение заданной сухой плотности при определенном водосодержании.

**Таблица L.2 – Минимальная масса для просеивания**

Наибольший диаметр частиц ( $D$ ), мм	Минимальная 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
Наибольший диаметр частиц ( $D$ ), мм	Минимальная масса для просеивания (MMS), кг
11,2	600
10	500
8	400
5,6	250
4	200
2,8	150
$\leq 2$	100

Таблица L.3 -- Допустимый размер частиц для испытаний на уплотнение

Тип испытания	Минимальный размер частицы
Уплотнение -- в однолитровой пресс-форме	20 мм
-- в пресс-форме CBR	37,5 мм
Определение калифорнийского числа CBR	20 мм

Таблица L.4 -- Масса грунта, которая требуется для испытаний образцов ненарушенных проб

Тип испытания	Размеры образца		Минимальная требуемая масса, г
	Диаметр, мм	Высота, мм	
Одометрический	50	20	90
	75	20	200
	100	20	350
Сжатие <sup>b</sup> - Простое одноосное сжатие - Несвязанный рыхлый неосушенный грунт - Испытание на трехосное сжатие	35	70	150
	38	76	200
	50	100	450
	70	140	1 200
	100	200	3 500
	150	300	12 000
Сдвиговый прибор	Плоскостный размер	20 20 150	150 450 30 000
	60 × 60		
	100 × 100		
	300 × 300		
Плотность Наибольший размер частиц <sup>a</sup>	Наибольший размер частиц		125 300 500 1,4 (MMS) <sup>c</sup>
	$D = 5,6$ мм		
	$D = 8$ мм		
	$D = 10$ мм		
	$D > 10$ мм		
<sup>a</sup> $D$ – это наибольший диаметр частиц в значительной доле грунта (10% или более по массе). <sup>b</sup> Размеры образцов и минимально требуемый объем относятся ко всем трем испытаниям. <sup>c</sup> MMS – это минимальная масса, подлежащая отбору для просеивания, как указано в Таблице L.2.			

(2) Глинистый грунт, подлежащий доуплотнению (допрессовке) для формовки опытных образцов, следует предохранять от высыхания. Если требуется снизить водосодержание грунта, это следует делать путем сушки на воздухе. Если необходимо добавить воды для увеличения водосодержания, воду следует тщательно смешать с грунтом, и грунт должен быть подвергнут выдержке в закрытом контейнере не менее 24 часов, прежде чем его можно будет использовать.

(3) Перед переуплотнением грунт следует **разбить**.

(4) Верхний предел допустимого размера частиц зависит от размера испытательного образца, который требуется сформовать. Частицы более крупные, чем размеры, указанные в Таблице L.5, следует удалить, прежде чем готовить грунт к переуплотнению.

(5) Следует проверить гранулометрический состав переуплотненного образца до и после компрессии (?) **спрессовывания**.

**Таблица L.5 -- Допустимый размер частицы как функция размера испытанного образца**

Тип испытанного образца для испытаний	Максимальный размер частиц
Уплотнение при помощи одометра	$H/5^a$
Прямой сдвиг (сдвиговый прибор)	$H/10$
Прочность на сжатие (цилиндрический образец с $H/d$ равным примерно 2)	$d/5^b$
Проницаемость	$d/12$
<sup>a</sup> $H$ = высота образца	
<sup>b</sup> $d$ = диаметр образца	

#### L.4.2 Допрессованная проба больше, чем испытанный образец

(1) При подготовке образцов к уплотнению компрессионным прибором (одометром) к испытаниям на прямой сдвиг или на прочность на сжатие, грунт обычно должен быть уплотнен определенным образом в подходящей пресс-форме, которая должна быть большего размера, чем необходимый испытанный образец. Допрессованная проба грунта затем должна быть **извлечена экструдирована** из формы, и из нее должен быть приготовлен испытанный образец для испытаний в порядке, предусмотренном для ненарушенных проб грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ: Данный метод не подходит для несвязного грунта.

(2) Образцы для испытаний на проницаемость можно формировать непосредственно в пресс-форме или контейнере, в котором производится испытание.

(3) Для уплотнительного прессования с использованием определенного усилия прилагаемое уплотняющее усилие обычно должно соответствовать тому усилию, которое применяется в одном из двух типов компрессионных испытаний на уплотнение, предусмотренных для испытания на уплотнение (см. п.5.10 и Приложение R). Прессование должно применяться послойно, и на верх каждого слоя следует слегка нанести насечку, прежде чем добавлять следующий слой.

(4) Чтобы получить заданную плотность, грунт можно уплотнять либо динамически, либо прессовать под статической нагрузкой. После наложения каждого слоя следует производить взвешивания и измерения объема, чтобы обеспечить достижение нужной плотности. Для выработки наиболее подходящего способа может быть целесообразно 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 часов, прежде чем ее можно будет выдавливать для формирования образцов для испытаний.

#### L.4.3 Перепрессовка испытанного образца

(1) Для приготовления небольших испытанных образцов для испытания на прямой сдвиг, на уплотнение компрессионным прибором или на прочность на сжатие, грунт должен быть утрамбован, вмят или впрессован в подходящую форму, кольцо или трубку. Могут быть использованы подходящая ручная трамбовка, уплотнительный прибор Harvard или перемешивание. Следует принимать предосторожности во избежание образования раковин и пустот внутри образца. Конкретный порядок получения необходимой плотности или прессующего усилия следует заранее определить опытным путем. Все подробности процедур следует регистрировать в письменной форме, чтобы можно было воспроизвести процедуру для получения нескольких образцов со сходными свойствами.

(2) Прессование 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, спрессованный образец следует герметично запечатать и выдержать не менее 24 часов до использования, чтобы рассеялось излишнее поровое давление воды.

#### **L.4.4 Донасыщение**

(1) Перепрессованный образец вначале, несомненно, будет ненасыщенным. Обычно перед испытанием требуется донасыщение, которое следует производить при помощи одного из общепризнанных способов насыщения, предусмотренных в порядке испытаний на прочность при сдвиге и на сжимаемость. Полное насыщение подтверждается путем проверки значения  $B$ , когда это применимо.

#### **L.4.5 Переформованный опытный образец**

(1) Переформовка может осуществляться путем укупорки грунта в пластиковом пакете, в котором он в течение нескольких минут сжимается и месится посредством пальцев. Переформованный опытный образец формируется путем вталкивания грунта в подходящую форму, например, посредством уплотняющего трамбовочного штыря. Эта операция должна производиться как можно быстрее, во избежание изменения водосодержания и захватывания воздуха. После этого образец следует выдавить и профилировать.

### **L.5 Подготовка восстановленных образцов**

#### **L.5.1 Приготовление жидкого теста из грунта**

(1) Грунт следует тщательно перемешать с водой, чтобы образовался однородный раствор жидкого теста с содержанием воды выше предела текучести. Приготовление раствора лучше начинать с естественного водосодержания, 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 либо дистиллированная, либо де-ионизированная 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 профилировать пробу или опытный образец под заданный размер. 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 под дальнейшей нагрузкой. 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 должным образом профилировать 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 (Справочное)

### Подробная информация об испытаниях по классификации, 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 о данном типе грунта, однако в меньшей степени, чем для других испытаний по инженерно-геологическим проблемам. Указания по ориентировочному количеству классификационных испытаний приводятся в Таблице М.1.

(2) В Таблице М.2 представлен контрольный перечень процедур классификационных испытаний для каждого типа грунта, включенных в данный документ.

**Таблица М.1 – Классификационные испытания. Рекомендуемое минимальное количество проб из одного пласта грунта, подлежащее испытаниям**

Классификационное испытание	Аналогичный сопоставимый опыт	
	Да	Нет
Распределение по размерам зернистости	4-6	2-4
Содержание воды	Все образцы Класса Качества от 1 до 3	
Испытание на показатель прочности	Все образцы Класса Качества 1	
Пределы консистенции (пределы Аттерберга или пределы пластичности)	3-5	1-3
Потеря массы при прокаливании (для органикосодержащих и глинистых грунтов)	3-5	1-3
Насыпная плотность	Испытание каждого элемента	
Индекс 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	
Диспергируемость грунта	По мере надобности	
Подверженность замерзанию	По мере надобности	

**Таблица М.2 – Контрольный перечень процедур испытаний по классификации грунтов**

Классификационное испытание	Контрольный перечень процедур
Содержание воды	Проверить способ хранения пробных образцов. Скоординировать программу испытания с другими классификационными испытаниями. Стандартные методы с сушкой в печи не годятся для гипса, органикосодержащих 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 испытания. 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.

Таблица М.2 (продолжение)

Классификационное испытание	Контрольный перечень процедур
Плотность частиц (удельный вес твердой фазы)	Подготовка пробных 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 и градации частиц. Наличие карбонатов и органических веществ влияет на результаты; при испытании таких материалов удалите карбонаты или органические вещества, если потребуется, или адаптируйте методику испытания. Проверьте, чтобы при отборе проб применялось правильное квартование (репрезентативность размеров частиц и проб).
Пределы консистенции (пределы Аттерберга)	Выбор метода испытания предела текучести; допускаются несколько методов, но рекомендуется применять метод падающего конуса. Проверить способ хранения пробных образцов. Проверить подготовку образцов, особенно гомогенизацию и перемешивание. Проверить, применялась ли сушка. Сушка может существенно повлиять на результаты испытания, и следует избегать сушки в печи. Окисляющиеся грунты следует испытывать с минимальным временем проведения испытания. Для тиксотропных грунтов полученные результаты могут оказаться недостоверными.
Индекс плотности для несвязного (сыпучего) грунта	Проверить способ хранения образцов. Выбрать метод испытания. Результаты зависят в значительной степени от методики испытаний, которая будет использоваться. Подготовленные образцы имеют высокую степень неоднородности.
Диспергируемость 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 подразделе X.4.1.

## М.2 Определение содержания воды

### 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 значении содержания 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 значение содержания воды следует откорректировать поправкой, значение которой зависит от процента зерен, размер которых больше максимального диаметра зерен.

ПРИМЕЧАНИЕ: Примеры испытательных методик для определения содержания воды в грунтах приводятся в документах, перечисленных в подразделе X.4.1.2.

## М.3 Определение насыпной плотности (объемной массы)

### М.3.1 Методика испытания

(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 приводится описание только одного испытания.

**Таблица М.3 -- Испытания плотности. Минимальное количество образцов грунта, подлежащих испытанию для одного пласта грунта.**

Изменчивость измеряемой плотности	Сопоставимый опыт		
	Отсутствует	Средний	Широкий
Диапазон измеренной плотности $\geq 0,02$ Мг/м <sup>3</sup>	4	3	2
Диапазон измеренной плотности $\leq 0,02$ Мг/м <sup>3</sup>	3	2	1

ПРИМЕЧАНИЕ: Примеры методик определения насыпной плотности грунтов приводятся в документах, перечисленных в подразделе 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 откорректировать поправкой, значение которой зависит от процента зерен, размер которых больше максимального диаметра зерен.

#### **М.4 Определение плотности частиц (удельного веса твердой фазы)**

- (1) Объем материала, необходимый для определения плотности частиц грунта, очень мал (минимально 10 г с размером частиц менее 4 мм). Проба обычно **извлекается экстрагируется** 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 методики давления газа в специализированных лабораториях. Плотность твердых частиц тогда следует измерять в лаборатории с использованием специальной технологии.
- (3) В случае испытания грунта, содержащего органические материалы, лабораторное испытание должно 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, по методикам, описанным в документах, перечисленных в подразделе X.4.1.4.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Примеры методик определения плотности частиц грунтов приводятся в документах, перечисленных в подразделе 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 частиц песчаной размерности. Для смешанных грунтов (содержащих частицы всех размерностей) применяется как процедура просеивания, так и осаждения.
- (2) Особую осторожность и тщательность следует проявлять при испытании глинистых и органикосодержащих грунтов. Например, частички глины могут оказывать цементирующее действие, которое может стать необратимым во время сушки при температуре 105°C, 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, предложенным в (2).

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Примеры методик гранулометрического анализа грунтов приводятся в документах, перечисленных в подразделе X.4.1.5.

#### **М.6 Испытание индекса плотности несвязных грунтов**

- (1) Рекомендуемое минимальное количество проб грунта, подлежащих испытаниям для одного пласта грунта, составляет: два по определению максимальной плотности и три по определению минимальной плотности.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Примеры методик определения индекса плотности несвязных грунтов приводятся в документах, перечисленных в подразделе X.4.1.7.

## **М.7 Определение диспергируемости грунта**

### **М.7.1 Общие сведения**

(1) Некоторые естественные глинистые грунты диспергируются быстро в быстротекущей воде за счет коллоидной эрозии вдоль трещин или других поточных каналов. Такой грунт сильно подвержен эрозии и разрушению гидродинамическим давлением. Тенденция к дисперсивной 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 диспергируемость не применяются по отношению к грунтам с содержанием глины менее 10% и с числом пластичности менее или равным 4%.

(2) Рекомендуемое минимальное количество проб грунта, подлежащих испытаниям по одному пласту грунта, составляет: два для испытания пропусканием воды под давлением через точечные проколы, два для испытания двойным гидрометром, два для испытания на растворимые соли во внутрипрорывной воде, и три для испытания на реакцию крошек грунта в растворе каустической соды. Спецификация количества испытаний, подлежащих проведению, должна основываться на инженерной оценке.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Примеры методик испытания диспергируемости грунтов приводятся в документах, перечисленных в подразделе X.4.1.8.

### **М.7.3 Испытание пропусканием воды через точечное отверстие**

(1) Рекомендуется ознакомиться с литературой, перечисленной в подразделе X.4.1.8, за исключением того, что:

- образец должен быть уплотнен в пресс-форме малогабаритного прибора для компактирования Naqvard, с водосодержанием, близким к пределу пластичности;
- следует использовать пять слоев, чтобы общая высота образца составляла  $(38 \pm 2)$  мм;
- на каждый слой должно быть приложено постоянное прессующее усилие, такое, чтобы полученная в результате сухая плотность образца составляла 95% максимальной сухой плотности, определенной в ходе стандартного лабораторного компрессионного испытания.

(2) Оформление результатов должно включать следующее:

- результаты классификационных испытаний;
- плотность испытуемого образца;
- использованное гидростатическое давление напоры воды и время испытания 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 стандарту.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Примеры методик для испытания прокачкой жидкости через точечные проколы образца грунта приводятся в документах, перечисленных в подразделе X.4.1.8.

### **М.7.4 Испытание двойным гидрометром (ареометром)**

(1) Отчет по результатам должен включать кривые гранулометрического состава, полученные с диспергирующим раствором и без него, с механическим встряхиванием/размешиванием, а также степень дисперсности в процентах.

**М.7.5 Испытание на реакцию крошек грунта в растворе каустической соды**

- (1) Оформление результатов испытания должно включать классификацию грунта как дисперсного или недисперсного, а также подробные данные об использованном реагенте.

ПРИМЕЧАНИЕ: Примеры таких классификаций даются в документах, перечисленных в подразделе X.4.1.8.

**М.7.6 Натрий и растворенные соли в насыщенной вытяжке**

- (1) В отчете должны быть представлен полученный процент обменного натрия.

ПРИМЕЧАНИЕ: Примеры порядка определения количества растворимых солей в поровой воде приводятся в документах, перечисленных в подразделе X.4.1.8.

**М.8 Определение подверженности замерзанию (морозочувствительности)****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 испытания, 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 пять раз больше максимального размера частиц и не менее 75 мм. Для воссозданного образца должен применяться минимальный диаметр в 100 мм.
- (4) Как естественные образцы, так и воссозданные образцы, могут быть насыщены давлением набухания перед испытанием на пучение грунта при замерзании.
- (5) Если необходимо испытание CBR (определение несущей способности грунта калифорнийским методом), то это испытание должно проводиться на образце, уплотненном при водосодержании близком к оптимальному содержанию воды, как следует из кривой уплотнения, полученной при испытании на уплотнение.
- (6) Обычно проводится по одному испытанию CBR на каждый образец. Однако, следует провести несколько испытаний, чтобы оценить влияние, например, изменений водосодержания и уплотняющего усилия.

ПРИМЕЧАНИЕ: Примеры порядка испытаний по определению подверженности грунтов замерзанию (морозочувствительности) и оценки, основанные на определении свойств грунтов, приводятся в документах, перечисленных в подразделах X.4.1.9 и X.5.

**М.8.2 Оценка результатов испытаний**

- (1) Грунт считается морозочувствительным, если в ходе лабораторного испытания 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 (Справочное)

### 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 ста граммов 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 методы, 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 подразделе X.4.2. Соответствующие аналогичные методики также имеются 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 широко различаться даже в пределах одного геологического пласта. Для определения диапазона локальной вариативности может понадобиться проведение большого количества испытаний над взятыми из одной небольшой области пробными образцами.

#### N.2 Определение содержания органических веществ

##### N.2.1 Порядок испытаний

(1) Потеря при прокаливании обычно определяется на репрезентативном образце грунта, имеющим фракции 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 масса теряется только за счет выгорания органического вещества.

(2) Потеря при прокаливании обычно относится к содержанию органических веществ в грунте, содержащем малое или нулевое количество глины и карбонатов. Для грунтов с более высоким процентным содержанием глины и/или карбонатов большая часть потери 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 обычные  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ . В примерах, приведенных в подразделе X.4.2.2, указана температура сушки  $(50 \pm 2,5)^\circ\text{C}$ , при которой может не произойти удаление всей вода. Для определения подходящей температуры сушки может понадобиться проведение пробных экспериментов.

(4) Температура прокаливании, указанная в примерах, упомянутых в (1), составляет  $(440 \pm 25)^\circ\text{C}$ , но в других стандартах указываются температуры до  $900^\circ\text{C}$ . При задании температуры прокаливании следует соблюдать осторожность, принимая во внимание следующее:

- некоторые глинистые минералы могут начать распадаться при температурах около  $550^\circ\text{C}$ ;
- химически связанная вода может исчезнуть при более низких температурах испытания; например, в некоторых глинистых минералах этот процесс может начаться при  $200^\circ\text{C}$ , а гипс разлагается при температурах примерно от  $65^\circ\text{C}$ ;
- сульфид может окисляться, а карбонаты разлагаться в пределах температур от  $650^\circ\text{C}$  до  $900^\circ\text{C}$ .

Для большинства случаев следует применять температуру прокаливании, равную  $500^\circ\text{C}$  или  $520^\circ\text{C}$ .

(5) Время сушки и прокаливании должны быть достаточными для обеспечения равновесия. Если период прокаливании составляет менее 3-х часов, 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 X.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 испытания**

(1) Примеры испытательных методик определения содержания карбонатов приводятся в документах, перечисленных в подразделе X.4.2.3. В контексте данного стандарта 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 X.4.2.3, определяют содержание карбонатов путем измерения количества высвобожденной двуокиси углерода ( $\text{CO}_2$ ) в газометре при контролируемых температуре и атмосферном давлении.

### Н.3.2 Оценка результатов испытаний

(1) Содержание карбонатов в формате процентного содержания карбонатов в пробе выражается в виде количества  $\text{CO}_2$ . Формально это правильно, но конструктивно не осуществимо. Результаты можно выразить в виде эквивалентного количества карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$ , что и представляет карбонатный состав для большинства типов грунта. Эквивалентное количество  $\text{CaCO}_3$  определяется по количеству  $\text{CO}_2$  посредством следующего уравнения:

$$\text{CaCO}_3 = 2,273 \cdot \text{CO}_2$$

где

$\text{CaCO}_3$  - это содержание  $\text{CaCO}_3$  в виде процента сухого веса;

$\text{CO}_2$  - это содержание  $\text{CO}_2$  в виде процента сухого веса.

## Н.4 Определение содержания сульфатов

### Н.4.1 Методика испытания

(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 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), должна быть высушена при температуре  $50^\circ\text{C}$ . Пробные образцы, содержащие гипс, начинают терять свою кристаллизационную воду при температурах выше, чем примерно  $65^\circ\text{C}$ , что может стать причиной ошибочно высокого замеренного содержания воды.

(3) Соотношение между  $\text{SO}_3^{2-}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  получается из  $\text{SO}_4^{2-} = 1,2 \text{SO}_3^{2-}$ , где  $\text{SO}_3^{2-}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  выражены в процентах.

ПРИМЕЧАНИЕ: Примеры испытательных методик определения содержания сульфатов приводятся в документах, перечисленных в подразделе X.4.2.4.

### Н.4.2 Оценка результатов испытаний

(1) При интерпретации результатов испытаний следует учитывать, что растворимость сульфата кальция в воде низкая, но за геологическое время заметные количества могут, 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 показателя рН (кислотность и щелочность)**

### **N.5.1 Методика испытания**

(1) Для определения значений рН существует несколько методик. Как определяющая методика, для этой цели рекомендуется электрометрический метод, который выдает непосредственное показание рН либо в приготовленной суспензии грунта, или в грунтовых водах.

### **N.5.2 Оценка результатов испытаний**

(1) Причиной ошибочных результатов испытания может стать следующее:

- не проведенная или неправильная калибровка прибора для измерения рН 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 пробного образца вследствие некачественной промывки контейнеров для забора образцов грунтовой воды.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Примеры испытательных методик определения значения показателя рН приводятся в документах, перечисленных в подразделе X.4.2.5.

## **N.6 Определение содержания хлоридов**

### **N.6.1 Методика испытания**

(1) Порядок испытания по определению содержания хлоридов включает:

- проверку по методу Мора для водорастворимых хлоридов;
- испытание по методу Фольгарда для растворимых в кислотах или растворимых в воде хлоридов;
- электрометрические измерения.

(2) В обоих 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 (рН 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 п. 7.2 (хлориды, растворимые в воде) и п.7.3 (хлориды, растворимые в кислотах) стандарта 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 тестовый раствор и холостая проба для сравнения титруются посредством 0,02 нормали 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 подразделе 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 (Справочное)

### Подробная информация об испытаниях показателей прочности грунта

(1) В Таблице О.1 предлагается краткий контрольный перечень операций, используемых для проведения испытаний показателей прочности грунта, включенных в данный стандарт.

**Таблица О.1 – Контрольный перечень испытаний показателей прочности глинистых грунтов**

Испытание показателей прочности	Контрольный перечень операций
Любое испытание показателей прочности	<p>В ходе испытаний определяются приблизительные показатели прочности на сдвиг.</p> <p>В измерениях присутствует большая вероятность неточности. Результаты испытаний неоднородных и составных/со скользкой поверхностью грунтов следует использовать с большой осторожностью.</p> <p>На все результаты оказывает влияние скорость проведения испытаний.</p> <p>Необходимо проверять воспроизводимость результатов испытаний.</p>
Лабораторный зонд-крыльчатка	<p>Испытание позволяет определить дополнительно степень чувствительности и прочности на сдвиг переформованного грунта.</p> <p>Проверьте режим вращения (вручную по сравнению с моторизованным).</p> <p>Испытания можно проводить над экструдированными образцами или в пробоотборной трубке.</p>
Падающий конус	<p>Испытание можно проводить с экструдированными образцами или в пробоотборной трубке с ненарушенным (неповрежденным) материалом. Его можно дополнить также испытанием над переформованным материалом, чтобы установить чувствительность, т.е., соотношение между данными прочности ненарушенного и переформованного материала.</p> <p>Дополнительно такое испытание позволяет получить степень чувствительности на переформованных образцах.</p> <p>Проверяется износ на конце конуса.</p> <p>Проверяется угол острия конуса.</p>

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Примеры порядка проведения испытаний показателей прочности посредством лабораторного зонда-крыльчатки и падающего конуса приводятся в документах, перечисленных в подразделе Х.4.3.

## Приложение Р (Справочное)

### Подробная информация по испытаниям грунта на прочность

#### Q.1 Трехосное испытание на сжатие (компрессионное испытание)

##### Q.1.1 Количество испытаний

(1) В Таблице Р.1 даны методические указания относительно минимального количества необходимых испытаний, которое зависит от изменчивости грунта и имеющегося аналогичного сопоставимого опыта с данным типом грунта. Если требуется только один набор испытаний, 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 данные напряжения сдвига, полученные в ходе других проведенных испытаний, например, полевых испытаний.  
ПРИМЕЧАНИЕ: Примеры процедуры испытаний для трехосных компрессионных испытаний приводятся в подразделе X.4.4.

**Таблица Р.1 -- Трехосные компрессионные испытания (испытания на сжатие).  
Рекомендуемое минимальное количество испытаний для одного слоя грунта**

<b>Рекомендуемое количество испытаний для определения эффективного угла сопротивления сдвигу<sup>a</sup></b>			
Изменчивость прочности грунтовой оболочки Коэффициент корреляции $r$ на кривой регрессии	<b>Сопоставимый опыт</b>		
	<b>Отсутствует</b>	<b>Средний</b>	<b>Широкий</b>
$r \leq 0,95$	4	3	2
$0,95 << r \leq 0,98$	3	2	1
$r \geq 0,98$	2	1	1
<b>Рекомендуемое количество недренированных компрессионных испытаний грунта на сдвиг<sup>a</sup></b>			
Изменчивость прочности при проведении недренированных компрессионных испытаний грунта на сдвиг (для некоторых компрессионных напряжений)	<b>Сопоставимый опыт</b>		
	<b>Отсутствует</b>	<b>Средний</b>	<b>Широкий</b>
Соотношение макс./мин. значений $> 2$	6	4	3
$1,25 <$ соотношение макс./мин. значений $\leq 2$	4	3	2
Соотношение макс./мин. значений $\leq 1,25$	3	2	1
<sup>a</sup> Одно рекомендуемое испытание означает набор из трех отдельных образцов, испытываемых при различных давлениях в камере.			

##### Р.1.2 Оценка результатов испытаний

- (1) В дополнение к фактической оценке, недренированная прочность на сдвиг должна проверяться с учетом тип грунта, числом пластичности, и т.д. Оценки недренированной прочности на сдвиг должны соотноситься с типом испытаний, результаты которого анализируются.
- (2) Угол сопротивления сдвигу следует определять в соотношении с типом грунта, пластичностью, показателем 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 сопротивления сдвигу. Следует также включить сюда взаимосвязи, например, с

результатами испытаний коническим зондом и существующие корреляции с углом сопротивления сдвигу.

## Р.2 Объединенные испытания на прямой сдвиг посредством сдвиговых приборов

### Р.2.1 Порядок испытаний

- (1) Испытания на прямой сдвиг (прямоугольный или кольцевой сдвиговый прибор) проводятся преимущественно для грунтов и условий устойчивости, где предполагается образование отчетливой плоскости разрыва, или когда требуется определить прочностные характеристики раздела.
- (2) Сравнительные исследования показывают, что результаты испытаний прибором прямого (с параллельным переносом) сдвига и кольцевого прибора для измерения сдвига хорошо согласуются друг с другом. Подготовка опытных образцов проще при испытании прибором сдвига с параллельным переносом. Напряжения более однородны при испытании 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 переносом.
- (3) Из пласта следует отобрать вдвое больше материала, чем требуется для количества образцов, подлежащих испытанию.

ПРИМЕЧАНИЕ: Примеры процедуры испытаний на прямой сдвиг приводятся в документах, перечисленных в подразделе Х.4.4.4.

### Р.2.2 Количество испытаний

(1) В Таблице Р.2 приводятся указания по рекомендуемому минимуму испытаний, который 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**

Рекомендуемое количество испытаний <sup>а</sup>			
Изменчивость прочности грунтовой оболочки Коэффициент корреляции на кривой регрессии	Сопоставимый опыт		
	Отсутствует	Средний	Широкий
Коэффициент корреляции < 0,95	4	3	2
0,95 ≤ Коэффициент корреляции < 0,98	3	2	2
Коэффициент корреляции ≥ 0,98	2	2	1 <sup>б</sup>

<sup>а</sup> Одно рекомендуемое испытание означает испытание набора из трех отдельных образцов, испытываемых при различных нормальных напряжениях.

<sup>б</sup> 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 (Справочное)

### Подробная информация по испытаниям грунта на сжимаемость

#### Q.1 Количество испытаний

(1) Для пласта грунта, который значительно влияет на осадку строения, в Таблице Q.1 приводятся рекомендации относительно минимального количества необходимых одометрических тестов, зависящего от изменчивости грунта и имеющегося сопоставимого опыта с данным типом грунта.

(2) Количество опытных образцов, подлежащих испытанию, следует увеличить, если строение 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 -- Одометрическое испытание тест с нарастанием (инкрементальное).  
Рекомендуемое минимальное количество испытаний для одного слоя грунта**

Изменчивость одометрического модуля $E_{oed}$ (в диапазоне соответствующих напряжений)	Сопоставимый опыт		
	Отсутствует	Средний	Широкий
Диапазон значений $E_{oed} \geq 50\%$	4	3	2
$\approx 20\% <$ Диапазон значений $E_{oed} < \approx 50\%$	3	2	2
Диапазон значений $E_{oed} < \approx 20\%$	2	2	1 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Одно одометрическое испытание и классификационные испытания 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 тестирование сопротивления грунта посредством зондирования пенетрометром;
- Измерения в процессе испытаний на месте образования, таких как испытания нагружением плиты и прессиомером;
- 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 зондированию при помощи пенетрометра: 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-го класса качества.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Примеры процедуры испытаний приводятся в документах, перечисленных в подразделе X.4.5.

## Приложение R (Справочное)

### Подробная информация об испытаниях уплотнения грунта

#### R.1 Методика проведения испытаний, применимая к обоим испытываемым типам

- (1) Минимальное количество образцов грунта для испытания одного слоя грунта – 3. Количество установленных испытаний должно основываться на инженерной оценке.
- (2) Количество испытаний, которые необходимо выполнить, должно быть определено с учетом разнообразия гранулометрического состава, пределов консистенции и количества материала, который будет уплотняться. Количество необходимых испытаний для дамб, дорожных конструкций и т.д. обычно приводится в соответствующих стандартах (технических требованиях).

ПРИМЕЧАНИЕ Примеры методики проведения испытаний уплотнения грунта содержатся в текстах в разделе X.4.6.

#### R.2 Требования, характерные для испытаний по определению степени уплотнения

- (1) Наиболее часто проводятся следующие испытания для определения степени уплотнения - типовой и модифицированный (определение плотности по Проктору) тесты.
- (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 оптимального влагосодержания может представлять сложности.
- (3) Для твердого мелкозернистого грунта предлагаются методы, предполагающие измельчение грунта до размеров, когда он может пройти сквозь 5-мм тестовое сито, либо дробление его на частички, которые проходят сквозь 20-мм сито.
- (4) Результаты испытаний по определению степени уплотнения твердого мелкозернистого грунта, который необходимо измельчать либо дробить, зависят от величины получаемых в результате частиц. Уровни плотности, полученные в ходе испытания, 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 испытания 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 иным содержанием воды.

#### R.3 Требования, характерные для испытания по определению несущей способности грунта калифорнийским методом (испытание CBR)

- (1) Можно проводить испытания на месте первоначального залегания грунта, но определяющим методом является лабораторное испытание.
- (2) Испытания могут проводиться как на необработанном, так и на уплотненном материале.

- (3) Необходимо выбрать такое влагосодержание грунта, которое бы соответствовало расчетным условиям, для которых требуются результаты испытаний.
- (4) Испытание CBR нужно 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 испытательного образца. В случае, если масса части материала, осевшей на 20-мм сите, превышает прошедшую сквозь сито на 25% и более, испытание CBR не проводится.
- (5) В случае, когда необходимо провести исследования для диапазона возможных значений содержания воды, в природный грунт после его дезагрегации добавляют воду, либо воду извлекают из него. Важно не допускать высыхания образца.

ПРИМЕЧАНИЕ Примеры методики проведения испытаний см. в X.4.2.

## Приложение S (Справочное)

### Подробная информация об испытаниях проницаемости грунта

#### S.1 Методика проведения испытаний

- (1) Из слоя грунта производится забор такого объема материала, который в два раза превышает объем, необходимый для испытательных образцов.
- (2) Необходимо произвести такой отбор испытательных образцов, который позволил бы смоделировать предельные значения соответствующих характеристик грунтов, например, состава, относительной плотности, коэффициента пустотности и т.д.
- (3) Согласно нормативам, градиент гидравлического давления в глинистых и илистых грунтах не должен быть меньше 30, в песке – не меньше 10.
- (4) Необходимо учитывать нужную степень насыщенности грунта в зависимости от типа грунта и заданной точности коэффициента проницаемости.

ПРИМЕЧАНИЕ Примеры методики проведения испытаний проницаемости грунта см. в 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 проницаемости грунта. Рекомендуемое минимальное количество испытательных образцов грунта для исследования одного слоя грунта**

Изменчивость измеренного коэффициента проницаемости ( $k$ )	Аналогичный опыт		
	Нет	Средний	Экстенсивный
$k_{max}/k_{min} > 100$	5	4	3
$10 < k_{max}/k_{min} \leq 100$	5	3	2
$k_{max}/k_{min} \leq 10$	3	2	1 <sup>a</sup>
<sup>a</sup> - Единичное испытание и классификационные испытания для проверки соответствия существующим данным			

- (2) В таблице S.1 характеристика только одного испытания подтверждает обоснованность существующих данных. Если результаты испытания не согласуются с существующими данными, требуется проведение дополнительного испытания.

#### S.3 Оценка результатов испытаний

- (1). Существуют четыре широко распространенных метода для определения коэффициента проницаемости грунта (влагопроницаемости):
  - методы полевых испытаний, такие как определение проницаемости путем опытной откачки и скважинным способом;
  - метод эмпирической связи с гранулометрическим распределением;
  - метод получения оценочных показателей в испытании с использованием компрессионного прибора (одометра);
  - метод определения проницаемости грунта на испытательных образцах в лабораторных условиях.

Можно оптимизировать оценку коэффициента проницаемости, если использовать несколько вышеназванных методов в сочетании друг с другом.

- (2). Даже если слой грунта однороден по составу, коэффициент проницаемости грунта может значительно варьироваться ввиду небольших изменений удельной нагрузки, коэффициента пустотности, структуры, размера частиц и слоистости. Самым достоверным методом для получения величины коэффициента проницаемости является полевой метод испытаний.
- (3). Даже если слой грунта однороден по составу, необходимо описывать коэффициент проницаемости грунта с указанием величин минимального и максимального предельного уровней.
- (4). При использовании результатов одометрических испытаний для расчета коэффициента проницаемости глинистых и илистых грунтов получается лишь приблизительная оценка. Одометрические испытания с постоянной скоростью обеспечивают более точный замер проницаемости.
- (5). Определение коэффициента проницаемости однородного по составу песка можно произвести достаточно точно, используя взаимосвязь с гранулометрическим распределением.
- (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 испытательных образцов.
- (7). Степень насыщенности некоторых типов грунтов может оказать влияние на коэффициент проницаемости вплоть до трех порядков величины.
- (8). Химический состав проникающего вещества может изменить коэффициент проницаемости на несколько порядков величины.

## Приложение Т

### (Справочное)

#### Приготовление образцов для испытаний натип породу (скального грунта)

- (1) Рекомендуются методы *ISRM* по характеристике, испытаниям и мониторингу пород не содержат определенных требований к приготовлению образцов породы. Однако в большинстве испытательных методов имеется 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. в X.4.8. Пункты, приведенные ниже, содержат фрагменты из указанной части раздела X и комментарии к ним.
- (3) Не всегда является возможным получить либо приготовить образцы керна, которые удовлетворяли бы требуемым критериям, приведенным в рекомендуемых методах *ISRM*, что касается, например, более мягких и пористых, слабоцементируемых типов пород и типов пород, 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 не нарушенных трещинами образцов керна, забор которых производился одна-, двух- и трехтрубными цилиндрами для захвата грунта (пробоотборниками) с применением техники роторного бурения, могут быть использованы с повторным взятием 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 взятия проб для испытательных 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 готовятся образцы породы для серии классификационных испытаний, испытаний по определению прочности и деформации.
- (7) Нужно количество образцов крена (колонок грунта) во многом зависит от природного и искусственного образования трещин в материале породы. Исходное описание образцов крена (колонок грунта) должно включать оценку степени образования трещин и однородности. Это описание должно использоваться при отборе частей образцов крена (колонок грунта) для испытаний.
- (8) Отбор испытательных образцов из таких зон образцов крена (колонок грунта), где нет трещин, может отрицательно повлиять на репрезентативность испытательных 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 для захвата грунта. Даже непродолжительное воздействие может изменить содержание воды и внутренние характеристики породы.

## Приложение U (Справочное)

### Классификационные испытания породы

#### U.1 Общая информация

(1) Классификация породных масс, которая проводится при использовании керна, требует максимально аккуратного извлечения керна для того, чтобы определять 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 подходит керн и образцы роторного бурения с минимальным диаметром 50 мм. Для большинства испытаний с целью исследования элемента подходит не имеющий трещин керн (колонка) длиной 50 мм на 200 мм.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Примеры испытаний для классификации пород см. в 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 получисленном методе, нужны для инженерных целей, что описано Бенявским (Bieniawski) в *Инженерной классификации породных масс* (1989) (см. 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 выполняется 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 методик дополнительного описания см. в X.4.9.1.

#### U.3 Содержание воды

##### U.3 Методика исследования

(1) Если указано, что нужно проводить проверки погрешности, то они выполняются путем сравнения с результатами образцов, взятых одновременно из той же формации.

ПРИМЕЧАНИЕ: Примеры методики испытаний см. в X.4.9.2.

### **U.3.2 Количество испытаний**

(1) В большинстве случаев замер содержания воды нужно 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. в X.4.9.3.

### **U.4.2 Количество испытаний**

(1) Необходимо измерять плотность и пористость по меньшей мере 1 раз на каждых двух метрах 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 (Справочное)

### Испытания набухания пород

#### 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 сращивания и отдельности, 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, нужно провести такое количество испытаний, которое по меньшей мере в два раза превышает указанное в таблице количество испытаний. Испытания более высокого порядка лучше применить для определения характеристик набухания в полевых условиях

ПРИМЕЧАНИЕ: Примеры испытаний набухания пород см. в X.4.10.

**Таблица V.1 – Испытания пород на набухание. Рекомендуемое минимальное количество образцов пород для испытаний одного геологического горизонта.**

<b>Тип испытания</b>	<b>Минимальная плотность</b>	<b>Минимальный диаметр</b>	<b>Минимальное количество испытательных образцов</b>	<b>Примечания</b>
(1) Показатель давления набухания при нулевом изменении объема	15 мм и / или 10-кратная максимальная величина частиц	2,5-кратная плотность	3	Образец должен плотно прилегать к кольцу
(2) Показатель деформации набухания для радиально закрытых образцов с осевой добавочной нагрузкой	15 мм и / или 10-кратная максимальная величина частиц	4-кратная плотность	3 + образцы-дубликаты для содержания воды	Образец должен плотно прилегать к кольцу
(3) Деформация набухания в открытых образцах пород	15 мм и / или 10-кратная максимальная величина частиц	15 мм и / или 10-кратная максимальная величина частиц	3 + образцы-дубликаты для содержания воды	—

### **V.2 Показатель давления набухания при нулевом изменении объема**

(1) В качестве испытательного приспособления может быть использована простая камера одометра для уплотнения грунта. При этом испытательная установка не должна быть слишком жесткой для избежания деформационных воздействий самой камеры.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Пример испытания для определения показателя давления набухания при нулевом изменении объема см. в X.4.10.1.

### **V.3 Показатель деформации набухания для радиально закрытых образцов с осевой добавочной нагрузкой**

(1) В примере указано нагрузочное устройство, способное создать продолжительное по времени давление 5 кПа на заводненный образец. Однако допустимо использование устройства, в большей степени подходящие 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. в X.4.10.2.

#### **V.4 Деформация набухания в открытых образцах пород**

ПРИМЕЧАНИЕ Пример испытаний на деформацию набухания, возникающую в открытых образцах пород, см. в X.4.10.3.

## Приложение W (Справочное)

### Испытания прочности породы

#### W.1 Предел прочности при одноосном сжатии и деформируемость

##### W.1.1 Порядок испытаний

(1) В качестве примеров испытаний при одноосном сжатии и испытаний на деформируемость рекомендуется следовать методикам, изложенным в стандартах ISRM или ASTM. В дополнение к ним можно использовать дополнения, указанные в разделе W.1.

ПРИМЕЧАНИЕ: См. X.4.11.1.

(2) Порядок испытания, описанный в ISRM, предполагает два уровня испытаний:

-- Часть 1: Способ определения одноосной прочности породы на сжатие;

-- Часть 2: Способ определения деформируемости породы при сжатии.

(3) С помощью первого метода определяется предел прочности на сжатие, а второй метод дает вдобавок возможность получить модуль осевой деформации (модуль 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 данном справочном приложении, менее строгая. Хотя методика, рекомендуемая в ISRM, более предпочтительна, в данном документе 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 роликов должен быть в пределах от  $D$  до  $(D + 10)$  мм, где  $D$  – это диаметр пробы (образца). При условии, что можно обеспечить достаточную жесткость плиты, диаметр ролика 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 породы, в случае 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 перпендикулярности к оси образца на более, чем  $0,1^\circ$ .

-- 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 испытанию горной породе.

-- Диаметр и высота испытательного образца должны быть определены до ближайших 0,1 мм или 0,2%, в зависимости от того, какая из величин является большей.

-- Что касается тензометрических измерений радиальных и осевых напряжений, база тензометра 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, таким образом, чтобы разрушение произошло в течение периода от 5 до 15 минут. 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 способно оказывать нагрузку с постоянной интенсивностью. Следует проверить параллельность валиков.

(6) Начальные деформации могут включать прилегание торцов образца к прессующему устройству и/или закрытию микро-трещин в опытном образце. Измерение общих вертикальных деформаций путем использования только расстояния между стальными половинками пресса может привести к неправильным результатам определения характеристик деформации.

### W.1.2 Количество испытаний

(1) Характеристики породы могут широко различаться в зависимости от литологии, диагенеза или отверждения, истории нагружения, выветривания и других естественных процессов, даже в пределах одного геологического пласта. В Таблице W.1 даются указания по минимальному количеству испытаний на одноосное сжатие, которые зависят от изменчивости породы и сопоставимого аналогичного опыта его изучения.

**Таблица W.1 -- Испытания на одноосное сжатие. Рекомендуемое минимальное количество опытных образцов, подлежащих испытанию по одному пласту породы, испытаний по Бразильскому методу и испытаний на трехосное сжатие**

Стандартное отклонение измеренной прочности, (s) % среднего	Сопоставимый аналогичный опыт		
	Отсутствует	Средний	Широкий
$s > 50$	6	4	2
$20 < s < 50$	3	2	1
$s < 20$	2	1	0 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Действительно только для очень однородных типов породы при наличии широкого опыта и знаний по характеристикам локальных грунтов.

## W.2 Испытание точечной нагрузкой

### W.2.1 Порядок испытания

(1) В качестве примера порядка проведения испытания точечной нагрузкой рекомендуется следовать методике из стандарта ISRM.

ПРИМЕЧАНИЕ: См. подраздел X.11.2.

(2) Испытание можно проводить при помощи портативного оборудования или с использованием лабораторного испытательного оборудования, в полевых условиях или в лаборатории.

(3) Для испытания могут быть использованы образцы породы в форме либо колонки (диаметральные или аксиальные испытания), либо в форме вырезанных блоков (блочные испытания), либо в форме глыб неправильной формы (испытание неправильных кусков), при условии, что будут соблюдаться справочные указания (например, из 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 подразделе W.1.2. Обычно требуется провести как минимум по 10 отдельных испытаний по каждому пласту.

## W.3 Испытание на прямой сдвиг

### W.3.1 Порядок испытания

(1) В качестве примера порядка проведения испытания на прямой сдвиг рекомендуется следовать методике из стандарта ISRM.

ПРИМЕЧАНИЕ: См. подраздел 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-минутного периода непосредственно перед снятием показаний. При использовании автоматической регистрации данных необходимость в снижении скорости смещения при сдвиге до 0,1 мм/мин может отпасть.

-- Образец необходимо доуплотнять под каждой новой нормальной нагрузкой 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 отчете об испытании. 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, в анализе равновесия устойчивости откосов или для анализа оснований плотин, туннелей и подземных выработок.

(5) Можно использовать образцы породы либо в форме колонок, либо в виде вырезанных блоков. Испытуемая плоскость должна по возможности иметь минимальную площадь  $2500 \text{ мм}^2$ . В случаях незаполненных сращиваний (кливажа) диаметр кромки опытного образца (в случае, если он имеет квадратное сечение) должен по возможности относиться к размеру самых крупных зерен в скальной породе не менее, чем как 10:1. Рекомендуемое соотношение между длиной сращивания (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-поворотных буров, молотков и зубил, поскольку пробы и образцы должны иметь как можно менее нарушенную структуру.

(7) Направление опытного образца в испытательной машине обычно выбирается такое, чтобы сдвигаемая плоскость совпадала с плоскостью наименьшего сопротивления в горной породе, например с линией кливажа, плоскостью напластования, слоеватости или трещиноватости, или с поверхностью раздела между нескальным и скальным грунтом или монолитным массивом и скальной породой.

### W.3.2 Количество испытаний

(1) Определение прочности на сдвиг желательно должно включать не менее пяти испытаний на одной испытательной формации или на одном семействе сращиваний (кливажа), при этом каждый образец должен испытываться под иной, но постоянной нормальной нагрузкой 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. подраздел X.4.11.4.

(2) Опытные образцы должны быть вырезаны с диаметром ( $D$ ) не менее размера колонки грунта ( $D \approx 54 \text{ мм}$ ), с толщиной примерно равной радиусу образца. Цилиндрическая поверхность не должна иметь видимых следов от инструмента. Какие-либо неровности по всей толщине образца не должны превышать  $0,025 \text{ мм}$ . Поверхности торцов должны быть плоские в пределах  $0,25 \text{ мм}$  и параллельные в пределах  $0,25^\circ$ .

(3) Для сланцев и других анизотропных пород рекомендуется вырезать испытательные 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 знаний. 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 испытания на трехосное сжатие рекомендуется следовать порядку, описанному в стандарте ISRM.

ПРИМЕЧАНИЕ: См. подраздел X.4.11.5.

(2) Опытные образцы должны быть вырезаны с диаметром ( $D$ ) не менее размера керна (колонки грунта) ( $D \approx 54$  мм), и высотой равной 2 - 3-кратному диаметру, как указывается в п.5.4, и с характеристиками в соответствии с указаниями подраздела 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 (Справочное)

### Библиография

#### X.1 Аббревиатуры и обозначения

В данном приложении были использованы следующие обозначения:

ASTM	American Society for Testing and Materials ( <u>Американское общество по испытанию и материалам</u> ),
BS	British Standard (Британский стандарт)
DGF	Dansk Geoteknisk Forening (Датское геотехническое общество),
DIN	Deutsche Industrienorm (Германский промышленный стандарт)
ETC	European Technical Committee (является частью 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 образцы грунта и пород, а так же 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, содержит реферат на английском)

#### X.3 Полевые испытания<sup>73</sup>

##### 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 страницы

---

<sup>3</sup> Следующие перечни содержат в основном документы, в которых приводится дополнительная информация и примеры для определения расчетных значений по результатам испытаний, а так же для использования результатов испытаний непосредственно в проекте. Перечни разделены по типам испытаний.

Biedermann, B.

Comparative investigations with sounding methods in silt.

*Forschungsberichte aus Bodenmechanik und Grundbau Nr. 9* (На немецком).

Aachen: Technische Hochschule, 1984

DIN 1054:2003

Baugrund – □ Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau.

(Subsoil – verification of the safety of earthworks and foundation) (На немецком)

DIN 4094-1:2002

Baugrund – Felduntersuchungen – □ Teil 1: Drucksondierungen

(Subsoil – Field investigations – Part 1: Cone penetration tests) (На немецком).

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 страниц

Melzer, K.J., Bergdahl U.

Geotechnical field investigations.

*Geotechnical Engineering Handbook, Volume 1: Fundamentals.*

Berlin: Ernst & Sohn, 2002

стр. 51–117

NEN 6743-1:2006

*Geotechniek – Berekeningsmethode voor funderingen op palen. Drukpalen.*

(*Geotechnics – Calculation method for bearing capacity of pile foundations. Compression piles*)

Schmertmann, J.H.

Static cone to compute settlement over sand

*Jnl Soil Mech. Fdns Div.*, ASCE, 96, SM3, May, 1970

стр.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

стр.1131-1135

Sanglerat, G.

*The penetrometer and soil exploration*

Amsterdam: Elsevier Publishing Company, 1972

464 страниц

Stenzel, G., Melzer, K.J.

Soil investigations by penetration testing according to DIN 4094. (На немецком)

Tiefbau 20, S., 1978

стр. 155–160, 240–244.

**X.3.2 Испытание прессиомером**

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

Том. 2, 1429–1468

Clarke, B.G.

*Pressuremeters in Geotechnical design.*

Glasgow: Blackie Academic and Professional, 1995

364 страницы

Ministere de l'Equipement du Logement et des Transports (1993)

Regles techniques de conception et de calcul des foundtdations des ouvrages de Genie civil, CCTG,

Fascicule no. 62, Titre V.

**X.3.3 Стандартное испытание 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., 1985

стр. 1325-1381.

*Canadian Foundation Engineering Manual*

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 страниц

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;

стр. 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 страниц.

Biedermann, B.  
*Comparative investigations with sounding methods in silt*  
 Forschungsberichte aus Bodenmechanik und Grundbau Nr. 9 (На немецком)  
 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  
 стр. 383–395.

DIN 4094-3:2002  
*Baugrund – Felduntersuchungen – Teil 3: Rammsondierungen*  
 (Subsoil – Field investigations – Part 3: Dynamic probing) (на немецком).

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).

*Recommendations of the Committee for Waterfront Structures, Harbours and Waterways* (EAU  
 1996).  
 Berlin: W. Ernst & Sohn, 2000  
 599 стр..

Melzer K.J., Bergdahl, U. (2002)  
 Geotechnical field investigations.  
*Geotechnical Engineering Handbook, Volume 1: Fundamentals.*  
 Berlin: Ernst & Sohn, 2002  
 стр. 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), 1978

**Х.3.5 Испытание грунтов статической вдавливающей нагрузкой**

CEN ISO/TS 22476-10, *Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 10: Weight sounding test*

**Х.3.6 Полевое испытание грунта зондированием крыльчаткой**

Aas, G.  
*Vurdering av korttidsstabilitet i leire pa basis av udrenert skjaerfasthet.*

(*Evaluation of short term stability in clays based on undrained shear strength*) (in Norwegian); NGM –79 Helsingfors, 1979; стр. 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 utforelse av vingeboor*  
(*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 Плоское дилатометрическое испытание**

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  
стр.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 стр.

### **X.3.8 Испытание нагрузкой по всей поверхности образца**

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  
 стр.62.

Bergdahl U., Ottosson E., Malmberg B.S.  
*Plattgrundlaggning (Spread foundations)* (in Swedish)  
 Stockholm: AB Svensk Byggtjanst, 1993  
 282 стр..

Marsland, A.  
 Model studies of deep in-situ loading tests in clay.  
 Civ. Eng. and Pub. Wks. Review, Vol 67, No 792, July 1972  
 стр.695,697,698.

#### **X.4 Документы, относящиеся к лабораторным испытаниям**

##### **X.4.1 Испытания для классификации, идентификации и составления характеристики грунта**

###### **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 удельного веса твердой фазы (плотности частиц)**

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 Анализ размера частиц**

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, *Materiaux 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 плотности несвязанного грунта**

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*

**X.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

**X.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

**X.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

**X.4.3 Прочностные показательные испытания грунтов (с определением индекса грунта)****X.4.3.1 Laboratory vane**

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*

**X.4.3.2 Испытание 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*

**X.4.4 Прочностные испытания грунтов****X.4.4.1 Испытание 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*

#### **X.4.4.2 Неконсолидированное недренированное испытание 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 (CU + u) consolide non draine avec mesure de pression interstitielle - Essai (CD) consolide draine.*

#### **X.4.4.3 Консолидированное испытание 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 (CU + u) consolide non draine avec mesure de pression interstitielle - Essai (CD) consolide draine.*

#### **X.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*

**X.4.5 Испытание 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 oedométrique -Partie 1 : Essai de compressibilité sur matériaux fins quasi saturés avec chargement par paliers*

XP P 94-091:1995, *Sols: Reconnaissance et Essais - Essai de gonflement à l'oedomètre - Détermination des déformations par chargement de plusieurs éprouvettes*

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*

**X.4.6 Испытание грунта на уплотнение**

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)*

NOTE ASTM D-698-78, D-1557-78 and AASHTO /99 and T180 might be used for compaction tests and

ASTM D1883-94 and AASHTO T193 might be used for the California Bearing Ratio Determination. However,

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 - Détermination des références de compactage d'un matériau - Essai Proctor normal - Essai Proctor modifié*

**X.4.7 Испытание 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.*

NOTE ISO/DIS 17313 relates to environmental testing and includes some very strict normative clauses not necessary for normal geotechnical purposes.

**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 Испытание породы на разбухание****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 открытом образце**

*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 Испытание 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 Испытание 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, стр. 51-60, 1985

##### **Х.4.11.3 Испытание 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 Испытание 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 трёхосное сжатие**

*ISRM Suggested Method for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression*

#### **Х.5 Книги, статьи и другие публикации, относящиеся к проведениям 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  
стр. 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  
стр.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  
стр.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.  
стр.1465–1468