

Протокол испытания и оценки

12.09.2008

Версия 1.0
12 сентября 2008 г.

Металлодетекторы

Директор
службы Организации Объединенных Наций
по вопросам противоминной деятельности (UNMAS)
380 Madison Avenue, M11023,
New York, NY 10017, USA (США)

Электронная почта: mineaction@un.org
Телефон: (+ 1 212) 963 1875
Факс: (+ 1 212) 963 2498

Внимание!

Документ является действующим с даты его актуализации, указанной на титульном листе. Как и в случае с серией международных стандартов противоминной деятельности (IMAS) эти документы подвергаются регулярному пересмотру и редактированию; пользователям следует сверяться с данными о статусе каждого документа на веб-сайте проекта IMAS по адресу <http://www.mineactionstandards.org/> или на веб-сайте службы UNMAS по адресу <http://www.mineaction.org>

Уведомление об авторских правах

Данный документ ООН лицензирован и имеет лицензию международного образца Creative Commons Attribution-Non-commercial 4.0. Запросы для получения разрешения на его применение вне условий, указанных в этой лицензии, могут направляться в UNMAS.

Пользователям предоставляются следующие возможности без ограничений.

- Обмениваться данной информацией: копировать и распространять материал на любых носителях и в любом формате
- Адаптировать: комбинировать, трансформировать и создавать новые материалы на основе этой информации

При этом требуется соблюдение перечисленных ниже условий.

- Ссылка на первоисточник: необходимо надлежащим образом отдать должное авторам, предоставить ссылку на эту лицензию и указать на изменения, если таковые были внесены. Пользователь может сделать это любым приемлемым способом, но при этом никоим образом не должно подразумеваться получение одобрения от лицензиара в отношении этого пользователя либо выполняемой им работы.
- Некоммерческое использование: пользователь не может использовать данный материал в коммерческих целях.
- Отсутствие каких-либо ограничений: пользователь не может налагать какие бы то ни было условия юридического или технологического характера, которые на законодательном уровне ограничивали бы других лиц в отношении выполнения действий, разрешенных лицензией.

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1 НАЗНАЧЕНИЕ	8
2 НОРМАТИВНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ.....	10
3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	11
4 ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	13
4.1 ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОГРАММЫ	13
4.2 ДРУГИЕ	13
5 ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ГРУНТОВ В ХОДЕ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ НА ПОЛЕВЫХ ОБЪЕКТАХ	14
5.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	14
5.2 МЕТАЛЛОДЕТЕКТОРЫ. ИСПЫТАНИЕ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ НА ФИКСИРОВАННОЙ ГЛУБИНЕ	14
5.3 МЕТАЛЛОДЕТЕКТОРЫ. ИСПЫТАНИЕ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ НА ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ГЛУБИНЕ	14
5.3.1 Принцип.....	14
5.3.2 Оборудование и участок для проведения испытаний	15
5.3.3 Процедура.....	15
5.3.4 Результаты испытаний и отчетность	16
5.4 МЕТАЛЛОДЕТЕКТОРЫ. ЭТАЛОННАЯ ВЫСОТА НАД УРОВНЕМ ГРУНТА	16
5.4.1 Принцип.....	16
5.4.2 Оборудование и участок для проведения испытаний	16
5.4.3 Процедура.....	16
5.4.4 Результаты испытаний и отчетность	17
5.4.5 Пример. Величины, полученные для металлодетекторов определенной марки и модели	17
5.5 КОМБИНИРОВАННЫЕ ПОДПОВЕРХНОСТНЫЕ ОБНАРУЖИТЕЛИ. ИСПЫТАНИЕ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ НА ФИКСИРОВАННОЙ ГЛУБИНЕ.....	17
5.5.1 Принцип.....	17
5.5.2 Оборудование и участок для проведения испытаний	17
5.5.3 Процедура.....	18
5.5.4 Результаты испытаний и отчетность	18
5.6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСПОЗНАВАНИЮ СЛОЖНЫХ ДЛЯ МЕТАЛЛОДЕТЕКТОРОВ ТИПОВ ГРУНТОВ.....	18
5.6.1 Введение	18
5.6.2 Выявление высокомагнитных грунтов.....	18
5.6.3 Выявление солончаковых грунтов на полевых объектах.....	19
5.7 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСПОЗНАВАНИЮ СЛОЖНЫХ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПОДПОВЕРХНОСТНЫХ ОБНАРУЖИТЕЛЕЙ ТИПОВ ГРУНТОВ	19
6 ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ГРУНТОВ В ПРОЦЕССЕ ИСПЫТАНИЯ И ОЦЕНКИ	20
6.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	20
6.2 СПИСОК СВОЙСТВ ГРУНТА	20
6.3 КЛАССИФИКАЦИИ ГРУНТОВ, НА КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ МЕТАЛЛОДЕТЕКТОРЫ	21
6.3.1 Общие положения.....	21
6.3.2 Классификация грунтов в зависимости от эталонной высоты над уровнем грунта	21
6.3.3 Классификация грунтов на основе низкочастотной магнитной восприимчивости.....	21
6.3.4 Классификация грунтов, основанная на частотной вариации при измерении магнитной восприимчивости	22
6.4 ПРАВИЛА СОПОСТАВЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ ДЛЯ МЕТАЛЛОДЕТЕКТОРОВ.....	22
6.5 ПРАВИЛА СОПОСТАВЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ ДЛЯ РАДИОЛОКАТОРОВ ПОДПОВЕРХНОСТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.....	24
ПРИЛОЖЕНИЕ А (ИНФОРМАТИВНОЕ) ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВ НА МЕТАЛЛОДЕТЕКТОРЫ И РАДИОЛОКАТОРЫ ПОДПОВЕРХНОСТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	25
A.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	25
A.1.1 Введение	25
A.1.2 Описание электромагнитных свойств грунта	25
A.1.3 Различия между металлодетекторами и радиолокаторами подповерхностного зондирования.....	25
A.2 ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВ НА МЕТАЛЛОДЕТЕКТОРЫ	26

A.3	Влияние грунтов на радиолокаторы подповерхностного зондирования	26
ПРИЛОЖЕНИЕ В (НОРМАТИВНОЕ) ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ ГРУНТА		29
B.1	Общие положения	29
B.2	Общие процедуры измерений	29
B.2.1	Принцип	29
B.2.2	Процедура измерения средних значений	29
B.2.3	Процедура отбора образцов для лабораторных измерений	30
B.2.4	Процедура оценивания пространственной изменчивости свойств грунта	31
B.3	МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ	33
B.3.1	Принцип	33
B.3.2	Оборудование	33
B.3.3	Процедура	33
B.3.4	Отчетность	33
B.4	ЭФФЕКТИВНАЯ ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ	34
B.4.1	Принцип	34
B.4.2	Оборудование	34
B.4.3	Процедура	34
B.4.4	Отчетность	34
B.5	ЭФФЕКТИВНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ	34
B.5.1	Принцип	34
B.5.2	Оборудование	34
B.5.3	Процедура	34
B.5.4	Отчетность	35
B.6	КОЭФФИЦИЕНТ ЗАТУХАНИЯ	35
B.7	ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЕ ВОЛНОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГРУНТА	36
B.8	РАЗМЕР ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	37
B.9	ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ	37
B.9.1	Принцип	37
B.9.2	Оборудование	38
B.9.3	Процедура	39
B.9.4	Отчетность	40
B.10	СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ В ГРУНТЕ	40
B.10.1	Принцип	40
B.10.2	Измерение содержания воды в грунте в полевых условиях	40
B.10.3	Оценивание неоднородности содержания воды	41
B.10.4	Измерение содержания воды в грунте в лабораторных условиях	41
B.11	ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ	43
B.12	ТЕКСТУРА ГРУНТА	44
B.12.1	Общие положения	44
B.12.2	Оценивание текстуры грунта в полевых условиях	44
B.12.3	Оценивание текстуры грунта в лабораторных условиях	46
B.13	ОПИСАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА	47
B.14	ОПИСАНИЕ КОРНЕЙ	48
B.15	ОПИСАНИЕ НАЛИЧИЯ СКАЛЬНЫХ ПОРОД	48
B.16	ОЦЕНИВАНИЕ НАЛИЧИЯ ТРЕЩИН НА ПОВЕРХНОСТИ	49
ПРИЛОЖЕНИЕ С (НОРМАТИВНОЕ) ПОДГОТОВКА ПРОТОКОЛОВ. ОПИСАНИЕ ГРУНТОВ		50
C.1	Общие положения	50
C.2	Идентификация объекта	50
C.3	Общее описание	50
C.4	Состояние поверхности	51
C.5	Подповерхностные условия	51
C.6	Снимки	51
C.7	Другие наблюдения	52
ПРИЛОЖЕНИЕ D (НОРМАТИВНОЕ) ИЗМЕРЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРУНТА НА ОПРЕДЕЛЕННЫЙ МЕТАЛЛОДЕТЕКТОР ..		53
D.1	Общие положения	53
D.2	Допущение о симметричности	53
D.2.1	Обоснование	53
D.2.2	Определение	53
D.2.3	Справедливость допущения о симметричности	53

D.2.4	Испытание на справедливость допущения о симметричности.....	54
D.3	ДОПУЩЕНИЕ ОБ ОТСУТСТВИИ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ.....	54
D.3.1	Обоснование.....	54
D.3.2	Определение.....	54
D.3.3	Справедливость допущения об отсутствии взаимного влияния.....	55
D.3.4	Обоснование.....	55
D.3.5	Истинные испытательные мишени.....	55
D.3.6	Подготовка испытательного участка.....	55
D.3.7	Процедура испытания.....	55
D.3.8	Протоколирование результатов испытания.....	56
D.4	СОПОСТАВЛЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК С РЕЗУЛЬТАТАМИ ДЛЯ НЕЙТРАЛЬНОГО ГРУНТА.....	56
D.4.1	Обоснование.....	56
D.4.2	Истинные испытательные мишени и глубина их закладки.....	57
D.4.3	Процедура испытания.....	57
D.4.4	Протоколирование результатов испытания.....	57
D.4.5	Количество ячеек.....	57
D.5	СОПОСТАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК С ВЕЛИЧИНАМИ, ПОЛУЧЕННЫМИ ДЛЯ НЕЙТРАЛЬНОГО ГРУНТА (ОГРАНИЧЕНО ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ЛОЖНЫХ СРАБАТЫВАНИЙ СИГНАЛА ТРЕВОГИ).....	58
D.6	ИЗМЕРЕНИЕ ГЛУБИНЫ ОБНАРУЖЕНИЯ.....	58
D.6.1	Обоснование.....	58
D.6.2	Истинные испытательные мишени.....	58
D.6.3	Дисперсия результатов испытания.....	59
D.6.4	Протоколирование результатов испытания.....	60

ПРИЛОЖЕНИЕ Е (НОРМАТИВНОЕ) ИЗМЕРЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРУНТА НА ОПРЕДЕЛЕННЫЙ КОМБИНИРОВАННЫЙ ПОДПОВЕРХНОСТНЫЙ ОБНАРУЖИТЕЛЬ..... 61

E.1	ОБОСНОВАНИЕ.....	61
E.2	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	61
E.3	ИСТИННЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ МИШЕНИ.....	61
E.4	ЛОЖНЫЕ ОБЪЕКТЫ ИСПЫТАНИЯ.....	61
E.5	ЯЧЕЙКИ БЕЗ ОБЪЕКТОВ ИСПЫТАНИЯ.....	62
E.6	КОЛИЧЕСТВО ОБЪЕКТОВ ИСПЫТАНИЯ.....	62
E.7	ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	62

ПРИЛОЖЕНИЕ F (ИНФОРМАТИВНОЕ) МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ ДОВЕРИТЕЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА..... 63

F.1	ДОВЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРВАЛ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ.....	63
F.1.1	Используемая модель.....	63
F.1.2	Основопологающее допущение.....	63
F.1.3	Уравнение.....	63
F.1.4	Таблицы.....	64
F.2	ДОВЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРВАЛ ДЛЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛОЖНЫХ СРАБАТЫВАНИЙ СИГНАЛА ТРЕВОГИ.....	64
F.2.1	Используемая модель.....	64
F.2.2	Основопологающее допущение.....	64
F.2.3	Уравнение.....	65
F.2.4	Таблицы.....	65

Предисловие

Документ CWA 14747 состоит из перечисленных ниже частей под одним общим заголовком «Противоминная деятельность. Испытание и оценка».

- Часть 1. Металлодетекторы (CWA 147471)
- Часть 2. Характеризация грунтов для выбора эксплуатационных показателей металлодетекторов и радиолокаторов подповерхностного зондирования (CWA 147472)

Первая часть документа, отражающего договоренности, достигнутые в рамках рабочей группы CEN (CWA) 14747, была утверждена рабочей группой CEN № 7 6 мая 2003 г. [4]. Председательство и членство в техническом секретариате было обеспечено Объединенным исследовательским центром (JRC) Европейской комиссии в г. Испра (Италия). Поддержка в отношении подготовки профессиональных стандартов была предоставлена организацией UNI (Итальянский институт стандартизации, член CEN).

Настоящая вторая часть документа, отражающего договоренности, достигнутые в рамках рабочей группы CEN, была утверждена представителями заинтересованных сторон в рамках возобновившейся деятельности рабочей группы CEN № 7 29 мая 2008 г. Председательство и членство в техническом секретариате было обеспечено Королевским военным училищем (RMS) в Брюсселе (Бельгия). Поддержка в отношении подготовки профессиональных стандартов была предоставлена организацией AFNOR (член CEN от Франции). Процесс утверждения и подписания данной части документа CWA 14747 начался 15 июня 2008 г. и был успешно завершен 4 сентября 2008 г.

Данному проекту была предоставлена поддержка со стороны следующих международных организаций и программ:

- Международная программа по проведению испытания и оценки (ITEP) в области гуманитарного разминирования;
- Служба Организации Объединенных Наций по вопросам противоминной деятельности (UNMAS);
- Женевский международный центр по гуманитарному разминированию (GICHD).

Разработка настоящего документа CWA 14747 получила финансовую поддержку Европейской комиссии и EFTA, которая была предоставлена на основании мандата Европейской комиссии M/306.

Физические и юридические лица, оказавшие поддержку в достижении технического консенсуса, нашедшего отражение в договоренности, достигнутой в рамках рабочей группы CEN, являются представителями таких секторов экономики: производители металлодетекторов и радиолокаторов подповерхностного зондирования; научно-исследовательские и проектно-конструкторские организации, обладающие знаниями в почвоведении, опытом в проведении испытаний и оценивания металлодетекторов и радиолокаторов подповерхностного зондирования; инженеры, участвующие в противоминной деятельности; негосударственные организации, осуществляющие разминирование с использованием металлодетекторов. Участники являются представителями одиннадцати различных стран, а также представителями Организации Объединенных Наций.

Необходимо отметить, что в этой части документа CWA 14747 представлены данные по состоянию на момент его выпуска. Тем не менее его содержание может подвергаться критическому анализу по прошествии определенного времени в целях дополнения уточненной информацией.

Комментарии и рекомендации пользователей настоящего документа, отражающего договоренность, достигнутую в рамках рабочей группы CEN, будут приветствоваться. Их следует направлять в адрес CEN Management Centre.

Настоящий документ, отражающий договоренность, достигнутую в рамках рабочей группы CEN, доступен в открытых источниках информации в качестве справочного документа для стран-членов CEN: AENOR, AFNOR, ASRO, BDS, BSI, CSNI, CYS, DIN, DS, ELOT, EVS, IBN, IPQ, IST, LVS, LST, MSA, MSZT, NEN, NSAI, ON, PKN, SEE, SIS, SIST, SFS, SN, SNV, SUTN и UNI.

Введение

Согласно мандату, предоставленному Европейской комиссией, под эгидой CEN в январе 2001 г. была создана рабочая группа Технического совета CEN VT/WG 126 в целях обеспечения координации и формирования специальной инициативы в отношении стандартизации для гуманитарной противоминной деятельности.

В отличие от других рабочих групп CEN, созданных в данной области, рабочая группа CEN № 7 ставила перед собой цель проведения испытаний и оценки металлодетекторов. В результате ее деятельности был разработан документ CWA 147471.

Документ CWA 147471 широко применялся и прошел проверку в рамках многочисленных мероприятий, проведенных участниками Международной программы испытания и оценки (ITEP) в области гуманитарного разминирования. Результаты таких испытаний были опубликованы. Документ CWA 147471 упоминается в Международном стандарте противоминной деятельности IMAS 3.40.

Опыт, приобретенный в процессе использования документа CWA 147471, показал большую ценность такой возможности, как характеристика грунтов в отношении их влияния на эксплуатационные характеристики металлодетекторов.

Характеризация грунтов может предоставить ряд существенных преимуществ:

- операторы полевых объектов могут получать указания в отношении того, какие трудности может создавать грунт при работе их металлодетекторов;
- люди, осуществляющие испытание и оценку миноискателей, смогут получить возможность точнее учесть влияние грунтов в ходе разработки пробных испытаний и анализа их результатов.

Более того, недавно появилось несколько новых комбинированных обнаружителей, в которых сочетаются функции металлодетекторов и радиолокаторов подповерхностного зондирования (GPR) [10]. Радиолокатор подповерхностного зондирования представляет собой прибор, предназначенный для обнаружения скачков в электромагнитных свойствах, которые могут иметь место между минами и грунтом. Поскольку влияние характеристик грунта на функционирование радиолокатора подповерхностного зондирования отличается от их влияния на эксплуатационные характеристики металлодетектора, возможность выполнить характеристику грунтов также для целей, связанных с использованием радиолокаторов подповерхностного зондирования, будет полезной с точки зрения оказания помощи в выборе и документировании грунтов, используемых в ходе испытания комбинированных подповерхностных обнаружителей, а затем и непосредственно в выборе комбинированных подповерхностных обнаружителей заказчиками.

Настоящая часть документа CWA 14747 была подготовлена возобновившей свою деятельность рабочей группой CEN № 7 «Гуманитарная противоминная деятельность. Испытание и оценка» (CW07). Рабочая группа CW07 была вновь учреждена для разработки и согласования протоколов по характеристике влияния грунтов на эксплуатационные характеристики металлодетекторов и комбинированных подповерхностных обнаружителей, сочетающих функции металлодетекторов и радиолокаторов подповерхностного зондирования.

Настоящая часть документа CWA 14747 была подготовлена в рамках мандата, выданного CEN Европейской комиссией. Помимо этого, была получена поддержка со стороны CEN VT/WG 126, службы Организации Объединенных Наций по вопросам противоминной деятельности (UNMAS), а также Женевского международного центра по гуманитарному разминированию (GICHD). Было налажено тесное сотрудничество с GICHD и UNMAS в целях включения этого документа в систему IMAS на последующих этапах.

Деятельность CW07 была возобновлена 15 ноября 2006 г. в CEN Management Centre (CMC) в Брюсселе после утверждения Брюссельского плана. Во главе процесса деятельности рабочей группы стояла организация Royal Military School (RMS). Пленарные заседания рабочей группы проходили на территории Royal Military School в Брюсселе или CMC в мае и октябре 2007 г., а также в январе и мае 2008 г.

Данный документ был составлен с максимальным соблюдением правил, приведенных во *внутренних правилах и процедурах CEN/CENELEC. Часть 3. Правила разработки структуры и составления проектов публикаций CEN/CENELEC*. Сюда входит следующее:

- Основным элементом документа является статья, а не глава; ссылка на нее осуществляется по номеру. Например, ссылка на статью «Обозначения и сокращения» в документе указывается как статья 4.
- Библиографические ссылки представлены в виде чисел в квадратных скобках. Например, ссылка на документ «*Внутренние правила и процедуры CEN/CENELEC. Часть 3. Правила разработки структуры и составления проектов публикаций CEN/CENELEC*» представлена в данном документе как [5].
- В качестве десятичного разделителя применяется запятая.

1 Назначение

Настоящий документ, отражающий договоренность, достигнутую в рамках рабочей группы CEN, предоставляет **программам противоминной деятельности, компаниям, осуществляющим разминирование, и операторам полевых объектов** следующее:

- простые процедуры для оценивания влияния грунтов на характеристики металлодетекторов и комбинированных подповерхностных обнаружителей (см. статью 5);
- рекомендации по распознаванию тех типов грунта, которые могут осложнять работу с металлодетекторами (см. статью 5.6) и комбинированными подповерхностными обнаружителями (см. статью 5.7).

Он также предоставляет **специалистам, разрабатывающим процедуры испытаний по оценке металлодетекторов или комбинированных подповерхностных обнаружителей**, следующие возможности:

- использование при регистрации грунта списка его свойств, которые могут влиять на эксплуатационные характеристики рассматриваемых металлодетекторов (см. статью 6.2);
- процедуры определения таких свойств (см. приложение В);
- использование соответствующих правил сопоставления характеристик и выбора грунтов для проведения испытаний (см. статьи 6.4 и 6.5);
- использование классификации грунтов в зависимости от их влияния на эксплуатационные характеристики металлодетекторов (см. статью 6.3); для комбинированных подповерхностных обнаружителей аналогичная классификация на данный момент отсутствует.

ПРИМЕЧАНИЕ. Документ, отражающий договоренность, достигнутую в рамках рабочей группы CEN, — это соглашение, выработанное рабочей группой и отражающее согласие указанных лиц и организаций, ответственных за его содержание [5]. В связи с вышесказанным настоящий документ *не* является стандартом, а представляет собой соглашение, в котором отражены передовые практические методы и уровень знаний, доступный на момент написания этого документа.

Эта часть документа CWA 14747 выступает в качестве дополнения к его первой части, где представлены руководящие указания в отношении принципов и процедур испытания и оценки металлодетекторов. В данной части представлены дополнительные руководящие указания по проведению характеристики грунтов для оценивания их влияния на функционирование металлодетекторов и радиолокаторов подповерхностного зондирования.

Вводное представление о методах **характеризации грунтов в ходе проведения операций на полевых объектах** с использованием металлодетекторов представлено в статье 5. Эти методы не нуждаются в дополнительных приборах для измерения характеристик грунтов.

Затем в статье 6 приводится порядок проведения **характеризации грунтов для целей испытания и оценки** металлодетекторов или комбинированных подповерхностных обнаружителей. В приложении В приводится список свойств, которые могут использоваться для таких целей, а также представлены методы их измерения или вычисления.

В таблице 1 представлены наиболее важные статьи документа:

Таблица 1. Информация, представленная в документе

Кому адресуется	Предоставляемая информация	Статьи
Программы противоминной деятельности, компании, осуществляющие разминирование, и операторы полевых объектов	Процедуры оценивания влияния грунтов на металлодетекторы	5.2 (Испытание по обнаружению на фиксированной глубине) 5.3 (Испытание по обнаружению на эквивалентной глубине) 5.4 (Эталонная высота над уровнем грунта)
	Процедуры оценивания влияния грунтов на эксплуатационные характеристики комбинированных подповерхностных обнаружителей	5.5 (Испытание по обнаружению на фиксированной глубине)
	Рекомендации по распознаванию тех типов грунта, которые могут осложнять работу с металлодетекторами	5.6 (Рекомендации по распознаванию сложных для металлодетекторов типов грунтов)
	Рекомендации по распознаванию тех типов грунта, которые могут осложнять работу с комбинированными подповерхностными обнаружителями	5.7 (Рекомендации по распознаванию сложных для комбинированных подповерхностных обнаружителей типов грунтов)
Специалисты, разрабатывающие процедуры испытаний по оценке металлодетекторов или комбинированных подповерхностных обнаружителей	Список свойств грунта, которые могут влиять на эксплуатационные характеристики рассматриваемых металлодетекторов и комбинированных подповерхностных обнаружителей	6.2 (Список свойств грунта)
	Процедуры определения указанных выше свойств	Приложение В (Порядок определения свойств грунта)
	Характеризация грунта на основе его влияния на эксплуатационные характеристики металлодетектора	6.3.2 (В зависимости от эталонной высоты над уровнем грунта) 6.3.3 (В зависимости от низкочастотной магнитной восприимчивости) 6.3.4 (основанная на частотной вариации при измерении магнитной восприимчивости)
	Правила сопоставления относительных характеристик грунтов	6.4 (Для металлодетекторов) 6.5 (Для радиолокаторов подповерхностного зондирования)

Настоящий документ, отражающий договоренность, достигнутую в рамках рабочей группы CEN, применим ко всем типам ручных металлодетекторов, радиолокаторов подповерхностного зондирования и комбинированных подповерхностных обнаружителей, сочетающих возможности металлодетекторов и комбинированных подповерхностных обнаружителей при выполнении работ по гуманитарному разминированию. Предполагается, что данный документ, отражающий договоренность, будет применен в отношении «готовых и доступных на коммерческом рынке» (COTS) металлодетекторов с четко описанной процедурой обнаружения мин, но при этом некоторые из приведенных в нем испытаний могут применяться и к приборам, находящимся на стадии разработки.

2 Нормативные справочные документы

Эта часть документа CWA 14747 включает в себя датированные и недатированные нормативные справочные документы, то есть другие публикации, положения которых рассматриваются в качестве его неотъемлемой части. Такие нормативные справочные документы цитируются в соответствующих местах данного документа, а сами публикации перечисляются в конце. В отношении датированных справочных документов внесенные в них впоследствии корректировки и изменения будут применимы к данной части документа CWA 14747 только после проведения его пересмотра или внесения поправок. Что касается недатированных справочных документов, то они указывают на применение самого последнего издания публикации, на которую сделана ссылка.

IMAS 04.10 «Глоссарий терминов и определений по противоминной деятельности», издание 2, 1 января 2003 г., UNMAS, Нью-Йорк. Материал можно получить по адресу <http://www.mineactionstandards.org/imas.htm>

International Electrotechnical Vocabulary (Словарь международных электротехнических терминов). Материал можно получить по адресу <http://www.electropedia.org/>, 2007 г.

Metal detector handbook for humanitarian demining, Guelle D., Smith A., Lewis A., Bloodworth T. (Справочник по металлодетекторам для гуманитарного разминирования. Д. Гюлле, Э. Смит, А. Льюис, Т. Бладворт): http://www.itep.ws/pdf/metal_detector_handbook.pdf

3 Термины и определения

Для целей настоящего документа применяются термины и документы, представленные в CWA 147471, а также перечисленные ниже.

3.1

alarm indication (индикация сигнала тревоги)

Сигнал, предупреждающий об обнаружении металлического объекта; индикация может быть визуальной и/или звуковой. Положительная индикация сигнала тревоги воспроизводима в аналогичных условиях и не является неустойчивой.

ПРИМЕЧАНИЕ. Данное определение взято из статьи 3.1 документа CWA 14747-1.

3.2

attenuation (затухание)

Постепенное снижение амплитуды электромагнитного сигнала вследствие взаимодействия (поглощения и рассеивания) с окружающим материалом, посредством которого осуществляется передача такого сигнала

3.3

conductivity (effective electrical) (проводимость эффективная электрическая)

См. effective electrical conductivity (эффективная электрическая проводимость)

3.4

dual sensor (комбинированный подповерхностный обнаружитель)

Интегрированная система датчиков на основе сочетания возможностей металлодетектора и радиолокатора подповерхностного зондирования

3.5

effective electrical conductivity (эффективная электрическая проводимость)

Параметр, определяющий в численном виде способность материала проводить электрический ток; «эффективная» означает, что учитывается вклад от эффекта диэлектрической проницаемости. Выражается в сименсах на метр ($\text{См}\cdot\text{м}^{-1}$)

3.6

effective relative electric permittivity (эффективная относительная диэлектрическая проницаемость)

Величина диэлектрической проницаемости выражает в численном виде склонность материала к поляризации под воздействием электрического поля. «Относительная» означает, что данная величина нормализована по значению диэлектрической проницаемости вакуума, а «эффективная» — что в ней учтен вклад от эффекта проводимости, а также то, что данная величина представляет собой фактический результат измерения. В системе СИ данный параметр является безразмерной величиной

3.7

false alarm (ложный сигнал тревоги)

Индикация сигнала тревоги, причиной срабатывания которой не было обнаружение истинной испытательной мишени или непредусмотренного металлического фрагмента

3.8

false alarm rate (интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги)

Количество ложных срабатываний сигнала тревоги на участке, деленное на площадь участка, либо среднее количество ложных срабатываний сигнала тревоги на квадратный метр. Площадь рассчитывается как разность между площадью испытательной полосы и площадью всех колец обнаружения. Единица измерения: м^{-2} .

3.9

false test object (ложный объект испытания)

Объект, не предназначенный для обнаружения, или возмущенное состояние грунта, намеренно созданное на испытательной площадке, которые способны стать причиной срабатывания индикации сигнала тревоги. Это объект, который может быть репрезентативным образцом, отличным от мины, предположительно генерирующим сигнал тревоги в металлодетекторе

3.10

magnetic susceptibility (магнитная восприимчивость)

Параметр, определяющий склонность материала к намагничиванию при нахождении под воздействием магнитного поля; в системе СИ данный параметр является безразмерной величиной

3.11

measuring instrument (измерительный прибор)

Прибор, используемый для измерения свойств грунта

3.12

permittivity (Effective relative electric) (проницаемость эффективная относительная диэлектрическая)

См. effective relative electric permittivity (эффективная относительная диэлектрическая проницаемость)

3.13

probability of detection (вероятность обнаружения)

Вероятность обнаружения истинной испытательной мишени, которую можно оценить в виде отношения количества обнаруженных истинных испытательных мишеней к суммарному количеству истинных испытательных мишеней, которые могли быть обнаружены. Вероятность обнаружения зависит от многих параметров, таких как действия оператора, использование металлодетектора или комбинированного подповерхностного обнаружителя, используемые типы истинных испытательных мишеней и тип грунта

3.14

reflection (отражение)

Физический процесс, в ходе которого происходит взаимодействие распространяющегося импульса радиолокатора с материалом, находящимся на границе между грунтом, миной, воздухом или другими материалами, обладающими резко отличающимися электромагнитными свойствами. Данный импульс частично излучается в обратном направлении через материал, с которым произошло взаимодействие, после чего он обнаруживается приемной антенной.

3.15

scattering (рассеивание)

Процесс, в ходе которого энергия, переносимая импульсом радиолокатора или полем другой электромагнитной волны, повторно излучается в некотором количестве во всех направлениях после взаимодействия с локальной неоднородностью (такой, как обломок породы, мина и т. д.), называемой рассеивающим элементом, или неоднородной границей (такой, как неровная или поросшая растительностью поверхность грунта). Схема углового распределения рассеянной энергии зависит от геометрии рассеивающего элемента, угла падения, спектрального состава падающего импульса и различия в электромагнитных свойствах на границе рассеивающего элемента и материала, в котором он находится.

3.16

susceptibility (magnetic) (восприимчивость магнитная)

См. magnetic susceptibility (магнитная восприимчивость)

3.17

test object (объект испытания)

Объект, преднамеренно заложенный в грунт в целях проведения испытания. Существует два вида объектов испытания: истинные испытательные мишени и ложные объекты испытания.

3.18

true test target (истинная испытательная мишень)

Объект, который преднамеренно заложен в грунт испытательной площадки в целях испытания показателей обнаружения металлодетектора. Это объект, который может быть выбран в качестве репрезентативного образца мины или ее компонента, но также может быть и упрощенным объектом, который используется для измерения чувствительности

3.19

unintentional metal fragment (непредусмотренный металлический фрагмент)

Металлический фрагмент, находящийся в грунте, который не был заложен туда в испытательных целях

4 Обозначения и сокращения

4.1 Организации и программы

4.1.1

AFNOR

Association française de normalisation (Французская ассоциация по стандартизации), член CEN от Франции

4.1.2

CEN

European Committee for Standardization – Comité européen de normalisation – Europäisches Komitee für Normung (Европейский комитет по стандартизации)

4.1.3

GICHD

Geneva International Centre for Humanitarian Demining (Женевский международный центр по гуманитарному разминированию)

4.1.4

ITEP

International Test and Evaluation Program for Humanitarian Demining (Международная программа по проведению испытания и оценки в области гуманитарного разминирования)

4.1.5

RMS

Royal Military School (Королевское военное училище)

4.1.6

UNMAS

United Nations Mine Action Service (служба Организации Объединенных Наций по вопросам противоминной деятельности)

4.2 Другие

4.2.1

CWA

CEN Workshop Agreement (документ, отражающий договоренность, достигнутую в рамках рабочей группы CEN); CWA представляет собой соглашение, выработанное рабочей группой и отражающее согласие указанных лиц и организаций, ответственных за его содержание.

Источник: *CEN/CENELEC Internal Regulations, Part 3: Rules for the structure and drafting of CEN/CENELEC Publications* (Внутренние правила и процедуры CEN/CENELEC. Часть 3. Правила разработки структуры и составления проектов публикаций CEN/CENELEC), 3.14.1, [5].

4.2.2

GPR

ground penetrating radar (радиолокатор подповерхностного зондирования)

4.2.3

IMAS

International Mine Action Standard (Международный стандарт противоминной деятельности)

5 Характеризация грунтов в ходе проведения операций на полевых объектах

5.1 Общие положения

Данная статья предназначена для программ противоминной деятельности, компаний, осуществляющих разминирование, и операторов полевых объектов. В ней описывается порядок проведения характеризации влияния грунтов на металлодетекторы и комбинированные подповерхностные обнаружители.

Здесь представлены два метода определения влияния грунта на показатели обнаружения металлодетекторов: один из них описан в статье 5.2, посвященной закладке истинных испытательных мишеней, а другой — в статье 5.3 об установке истинных испытательных мишеней в воздухе. Этот метод является более быстрым, более точным, но не может быть однозначным для всех типов грунта. Использование эталонной высоты над уровнем грунта, позволяющей получить грубую оценку того, насколько сложным является грунт, описывается в статье 5.4.

В статье 5.5 описывается метод определения способности к обнаружению истинных испытательных мишеней, заложенных в грунт заданного типа на фиксированной глубине, с использованием комбинированных подповерхностных обнаружителей.

Чтобы лучше понять, каким образом грунты влияют на эксплуатационные характеристики металлодетекторов и радиолокаторов подповерхностного зондирования, а также для ознакомления с определениями классов грунтов для работы с металлодетекторами см. приложение А.

Поскольку свойства грунта могут меняться в зависимости от участка, важно повторять такие испытания в случаях обнаружения изменчивости свойств грунта. Показатели изменчивости свойств грунта:

- различия в рельефе или в расположении склона;
- различия в цвете грунта на поверхности;
- различия в текстуре грунта;
- различия в содержании камней и количестве точек выступания скальных пород;
- различия в землепользовании и наличии растительного покрова.

ПРИМЕЧАНИЕ. При наличии склона свойства грунта имеют тенденцию к большей изменчивости в направлении склона.

5.2 Металлодетекторы. Испытание по обнаружению на фиксированной глубине

Целевой задачей данного испытания является характеризация влияния грунта путем определения способности металлодетектора к обнаружению с использованием истинных испытательных мишеней, заложенных на фиксированную глубину в грунт с заданными характеристиками. Таким образом, способность к обнаружению выражается просто как обнаружение или необнаружение истинной испытательной мишени на заданной глубине. Испытание является информированным, то есть местоположение истинной испытательной мишени промаркировано на поверхности грунта над ней с использованием неметаллических маркеров (*например*, пластмассовых дисков).

Испытание описано в CWA 14747-1, 8.4.

ПРИМЕЧАНИЕ. В данном испытании предполагается, что обнаружение истинной испытательной мишени с использованием металлодетектора является детерминированным; то есть для любого испытания, проводимого с заданной истинной испытательной мишенью на заданной глубине в заданном грунте с использованием заданного металлодетектора, результат будет всегда одним и тем же: либо истинная испытательная мишень будет всегда обнаруживаться, либо она будет всегда пропускаться. Однако при работе с некоторыми типами грунтов заданная истинная испытательная мишень на заданной глубине может иногда обнаруживаться, а иногда пропускаться при использовании одного и того же металлодетектора. Кроме того, истинная испытательная мишень может обнаруживаться на большей глубине, но пропускаться на меньшей. Если происходит такое событие, тогда вместо описанного испытания следует проводить испытание, представленное в приложении D, где рассматривается недетерминистический характер обнаружения.

5.3 Металлодетекторы. Испытание по обнаружению на эквивалентной глубине

5.3.1 Принцип

Целевой задачей данного испытания является характеризация влияния грунта за счет получения оценочных значений максимальной глубины обнаружения заданной истинной испытательной мишени без ее закладки в грунт. Способность к обнаружению выражается в виде эквивалентной глубины обнаружения.

Испытание основано на допущении о том, что величина сигнала, отраженного от истинной испытательной мишени в воздухе над уровнем грунта, будет такой же, как и для заложенной в грунт истинной испытательной мишени, при условии, что проводка металлодетектором выполняется на той же высоте над уровнем грунта, как показано на рис. 1. Предполагается, что такое допущение будет справедливым для большинства грунтов и большинства металлодетекторов. См. статью D.3, где представлена более подробная информация, а также испытание для подтверждения справедливости такого допущения для заданного грунта и заданного металлодетектора.

Данное испытание проще, чем испытание по обнаружению на фиксированной глубине: нет необходимости в закладке в грунт истинных испытательных мишеней. Оно также обеспечивает более высокую точность, поскольку при его проведении проще использовать небольшую величину шага изменения расстояния между истинной испытательной мишенью и головкой датчика. При всем этом требуется обеспечить справедливость приведенного выше допущения.

5.3.2 Оборудование и участок для проведения испытаний

Следует проследить, чтобы испытательный участок представлял собой репрезентативный образец участка, на котором будет осуществляться реальная эксплуатация металлодетектора. Это может быть очищенный от мин участок, либо следует обеспечить его схожесть с очищенным участком, а также удалить весь растительный покров и металлические фрагменты.

Для данного испытания может использоваться любая интересующая истинная испытательная мишень, но при этом результаты измерения будут зависеть от выбора такой истинной испытательной мишени. Таким образом, чтобы иметь возможность сравнивать результаты, программы по разминированию могут получить пользу от внедрения стандартизации выполняемых измерений за счет выбора эталонной истинной испытательной мишени.

5.3.3 Процедура

Металлодетектор должен быть настроен на нормальный режим работы при максимальном уровне чувствительности к грунту. Таким образом, он не будет выдавать индикацию сигнала тревоги во время проводки на нормальной высоте в соответствии с положениями руководства пользователя и принятыми на данном объекте стандартными рабочими процедурами. Если данное требование не будет выполнено, будет невозможно компенсировать влияние грунта на этот металлодетектор и испытание будет остановлено.

Металлодетектор может задействоваться в различных режимах; должны пройти испытания те режимы, которые используются в ходе реальных операций. Сообразно обстоятельствам могут также быть испытаны и другие режимы.

Истинные испытательные мишени должны быть размещены на фиксированной высоте над уровнем грунта. В целях выяснения факта обнаружения истинной испытательной мишени должны выполняться проводки металлодетектором над грунтом. Считается, что истинная испытательная мишень обнаружена, если в ходе не менее чем 5 (пяти) последовательных проводок неизменно срабатывала индикация сигнала тревоги. Необходимо принять меры, чтобы обеспечить неподвижное состояние истинной испытательной мишени и сохранение высоты проводки на постоянном уровне. Для этого может использоваться испытательный стенд из неметаллических материалов.

Первоначальная высота истинной испытательной мишени над уровнем грунта должна выбираться таким образом, чтобы обеспечивалось ее обнаружение. Высота истинной испытательной мишени над уровнем грунта должна увеличиваться пошагово не более чем на 10 мм до тех пор, пока не прекратится обнаружение. Для вычисления эквивалентной глубины обнаружения согласно рис. 1 используется предыдущее значение высоты, то есть то значение, при котором имело место обнаружение.

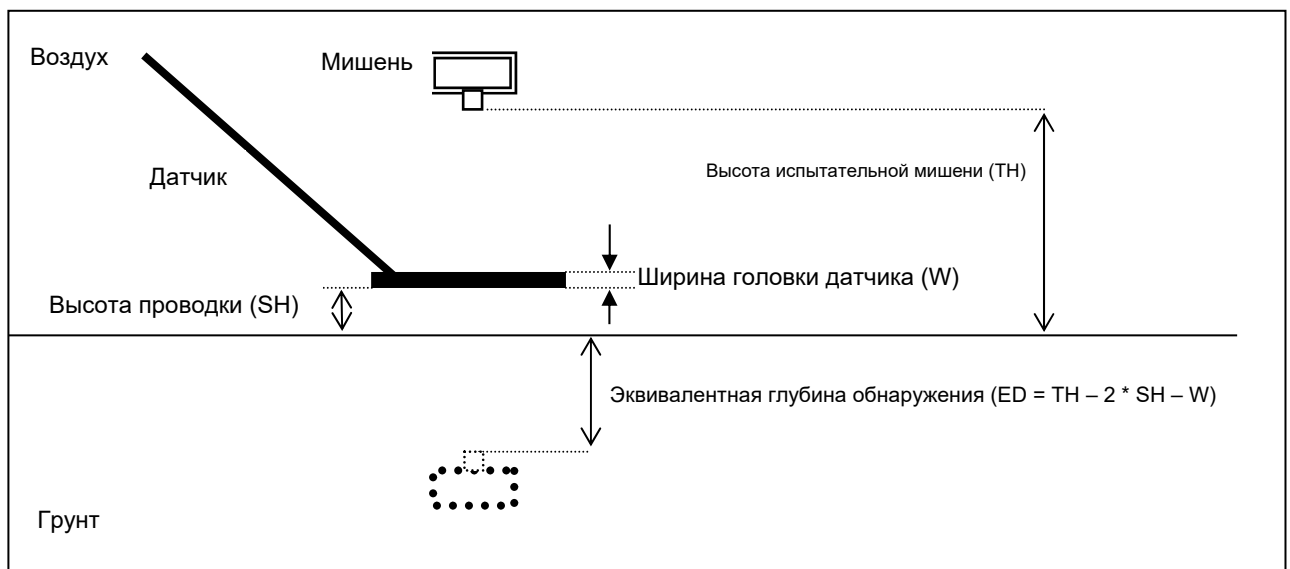


Рис. 1. Геометрические параметры для проведения испытания по определению влияния грунта на дальность обнаружения, а также для определения эквивалентной глубины обнаружения

Должна быть выполнена оценка точности, с которой может быть измерена максимальная высота обнаружения. В эту оценку должна быть включена погрешность, привносимая принятием решения в отношении предела обнаружения, а также погрешность измерения. Должна быть зарегистрирована точность выполненной оценки.

5.3.4 Результаты испытаний и отчетность

Должны быть зарегистрированы такие данные: эквивалентная глубина обнаружения, точность, высота проводки, марка, модель и настройки металлодетектора, а также использованные истинные испытательные мишени.

5.4 Металлодетекторы. Эталонная высота над уровнем грунта

5.4.1 Принцип

Эталонная высота над уровнем грунта представляет собой уровень, с которого проявляется влияние грунта на металлодетектор. Чем больше эта величина, тем сильнее влияние. Эталонная высота над уровнем грунта может рассматриваться как эмпирическая величина, показывающая, в какой степени грунт является источником искажения сигнала или насколько он является сложным в работе.

Метод весьма прост в применении в ходе операций на полевом объекте, поскольку такое применение не вызывает трудностей и не требует приобретения специального измерительного прибора, если используется металлодетектор, доступный на коммерческом рынке.

ПРИМЕЧАНИЕ. Организации по разминированию могут использовать эталонную высоту над уровнем грунта для планирования использования своих металлодетекторов.

5.4.2 Оборудование и участок для проведения испытаний

Металлодетекторы, используемые для измерения эталонной высоты над уровнем грунта, должны быть снабжены средствами плавной регулировки чувствительности. Следует отдавать предпочтение металлодетекторам, которые могут работать в статическом режиме и без использования компенсации грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ. Такие функции, как динамический режим и компенсация грунта, предназначены для снижения уровня сигнала, отраженного от грунта, что приводит к снижению чувствительности к сигналу, отраженному от грунта, и, следовательно, к снижению эталонной высоты над уровнем грунта; при этом ее измерение происходит с меньшей точностью. Более того, измерение упрощается, а его точность повышается, если используется статический режим, поскольку при этом не требуется перемещение головки металлодетектора.

Результаты измерения в значительной степени зависят от используемого металлодетектора. Чтобы иметь возможность сравнивать результаты, программы по разминированию могут получить пользу от внедрения стандартизации выполняемых измерений за счет выбора эталонных металлодетекторов, которые доступны для широкого круга потребителей и отвечают приведенным выше требованиям.

Специалисты, заинтересованные в измерении эталонных высот над уровнем грунта, которые можно сравнивать с результатами для других грунтов, могли бы, вероятно, изъявить желание выбрать модель металлодетектора, которая использовалась в предыдущих контрольно-измерительных мероприятиях, таких как [11], [12], [12] и [17].

Настройка металлодетектора на измерение эталонной высоты над уровнем грунта важна с точки зрения получения возможности сравнивать результаты. Настройка металлодетектора выполняется следующим образом.

- Шарик диаметром 10 мм из хромистой стали (Ø 10 мм, UNI 100 Cr 6) помещается на расстоянии 140 мм от головки датчика в воздухе. Истинная испытательная мишень и головка датчика совмещаются в соответствии с описанием, приведенным в CWA 14747-1, 6.3.2.
- После этого чувствительность повышается до уровня, при котором появляется индикация сигнала тревоги. Если металлодетектор работает в динамическом режиме, должны выполняться проводки головкой датчика. Обнаружение должно определяться в соответствии с положениями CWA 14747-1, 5.5.

Следует проследить, чтобы испытательный участок представлял собой репрезентативный образец участка, на котором будет осуществляться реальная эксплуатация металлодетектора. Он должен быть достаточно плоским, однородным, с незначительным растительным покровом и содержать как можно меньше металлических фрагментов.

Для обеспечения подтверждения эта операция должна повторяться несколько раз и в нескольких точках, если это уместно. См. В.2.4, где приведена процедура измерения пространственной изменчивости.

5.4.3 Процедура

Эталонная высота над уровнем грунта определяется как расстояние между поверхностью грунта и металлодетектором в момент срабатывания индикации сигнала тревоги при его приближении к поверхности грунта сверху.

Расстояние, начиная с которого металлодетектор начинает выдавать четкую индикацию сигнала тревоги в ходе измерения эталонной высоты над уровнем грунта, является в некоторой степени субъективной величиной, но если точка выбирается таким же образом, как и в ходе выполнения процедуры настройки, результаты должны быть воспроизводимыми.

5.4.4 Результаты испытаний и отчетность

Результаты измерения эталонной высоты над уровнем грунта должны регистрироваться. Также должны регистрироваться марка и модель используемого металлодетектора.

5.4.5 Пример. Величины, полученные для металлодетекторов определенной марки и модели

В табл. 2 приведены значения эталонной высоты над уровнем грунта, измеренные с помощью Schiebel AN19 модель 7 для четырех классов грунта, которые были определены в статье А.2. Влияние грунта на определенный металлодетектор зависит от конкретной конструкции металлодетектора. В связи с этим приведенные величины должны рассматриваться как ориентировочные.

Таблица 2. Ориентировочные величины эталонных высот над уровнем грунта по результатам измерений, выполненных с помощью металлодетектора Schiebel AN 19 модель 7 и представленных в работе [3]; классы грунтов определены в статье А.2.

Класс влияния грунта (согласно статье А.2)	Эталонная высота над уровнем грунта, см
	(Измерительный прибор: Schiebel AN 19 модель 7)
Нейтральный	Менее 1
Умеренный	От 1 до 10
Серьезный	От 10 до 20
Весьма серьезный	Более 20

ПРИМЕЧАНИЕ. Эти значения являются лишь ориентировочными, поскольку влияние грунта на металлодетектор, используемый при проведении очистки от мин, зависит от самого металлодетектора, а измеренное значение эталонной высоты над уровнем грунта зависит от измерительного прибора, в качестве которого в данном случае выступает Schiebel AN 19 модель 7.

ПРИМЕЧАНИЕ. Прибор Schiebel AN 19 модель 7 может быть настроен в соответствии с описанием, приведенным в статье 5.4.2, либо в качестве альтернативного варианта — с использованием образца для испытания Schiebel на расстоянии 100 мм. Процедура настройки должна быть внесена в протокол испытания.

Организации по разминированию может принести пользу создание похожей таблицы для выбранного для этой цели металлодетектора. Это возможно в том случае, если результаты испытания по обнаружению на фиксированной глубине и испытания по обнаружению на эквивалентной глубине могут быть проведены в различных грунтах. Для этой цели в табл. А.1 приводятся классы грунтов.

5.5 Комбинированные подповерхностные обнаружители. Испытание по обнаружению на фиксированной глубине

5.5.1 Принцип

Целевой задачей данного испытания является определение способности комбинированных подповерхностных обнаружителей к обнаружению с использованием истинных испытательных мишеней, заложенных на фиксированную глубину в грунт с заданными характеристиками. Таким образом, способность к обнаружению выражается просто как обнаружение или необнаружение истинной испытательной мишени на заданной глубине. Испытание является информированным, то есть местоположение истинной испытательной мишени промаркировано на поверхности грунта над нею с использованием неметаллических маркеров (*например*, пластмассовых дисков). Этот вариант аналогичен изложенному в статье 5.2 с учетом изменений, касающихся комбинированных подповерхностных обнаружителей.

ПРИМЕЧАНИЕ. В данном испытании предполагается, что обнаружение истинной испытательной мишени с использованием комбинированного подповерхностного обнаружителя является детерминированным; то есть для любого испытания, проводимого с заданной миной на заданной глубине с использованием заданного комбинированного подповерхностного обнаружителя, результат будет всегда одним и тем же: либо мина будет всегда обнаруживаться, либо она будет всегда пропускаться. Однако при работе с некоторыми типами грунтов заданная мина на заданной глубине может иногда обнаруживаться, а иногда пропускаться при использовании одного и того же комбинированного подповерхностного обнаружителя. Кроме того, мина может обнаруживаться на большей глубине, но пропускаться на меньшей. Если происходит такое событие, тогда вместо описанного испытания следует проводить испытание, представленное в приложении Е.

5.5.2 Оборудование и участок для проведения испытаний

Следует проследить, чтобы испытательный участок представлял собой репрезентативный образец участка, на котором будет осуществляться реальная эксплуатация комбинированного подповерхностного обнаружителя. Он должен быть достаточно плоским, однородным, с незначительным растительным покровом и содержать как можно меньше металлических фрагментов, корней растений, обломков скальных пород или трещин. Дополнительные требования определяются в документе CWA 14747-1, 8.1.2.

Истинные испытательные мишени, используемые в этом испытании:

- истинные испытательные мишени, специально разработанные для имитации мины в целях обнаружения с использованием металлодетекторов и радиолокаторов подповерхностного зондирования;
- любые другие интересующие истинные испытательные мишени.

Имитация мины для испытания комбинированных подповерхностных обнаружителей может достигаться путем снаряжения корпусов из сополимеров АБС или ПВХ, размером и формой повторяющих мину, имитатором взрывчатого вещества, например пчелиным воском, микрокристаллическим парафином или силиконом с сохранением воздушного зазора внутри. Взрыватель следует поместить в нужном месте внутри корпуса. Корпус следует герметично закупорить во избежание проникновения воды.

5.5.3 Процедура

Закладку истинных испытательных мишеней следует, как правило, осуществлять на расстоянии 1 м друг от друга, но не менее 50 см; на глубине от 0 мм (на уровне поверхности грунта) до 150 мм (не менее) с шагом не более 50 мм (желательно 30 мм). Их следует закладывать в точках, где от комбинированного подповерхностного обнаружителя не поступает никакой индикации срабатывания сигнала тревоги.

Измерения должны выполняться только после того, как грунт вернется в состояние, как можно более близкое к состоянию грунта в реальном заминированном районе. Продолжительность этого периода времени трудно установить, но, следуя консервативному подходу, необходимо дождаться момента, когда радиолокатор подповерхностного зондирования будет больше не в состоянии обнаруживать возмущенное состояние грунта. Этого можно добиться за счет использования контрольной точки, как объяснено ниже. В контрольной точке привести грунт в возмущенное состояние по примеру того, как это могло бы иметь место, если бы выполнялась закладка истинной испытательной мишени на максимальной глубине, но без закладки самой мишени. После этого контрольную точку можно проверить на регулярной основе с помощью радиолокатора подповерхностного зондирования. Измерения в точках закладки истинных испытательных мишеней должны начинаться после того, как в контрольной точке перестанет срабатывать индикация сигнала тревоги.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Если используется комбинированный подповерхностный обнаружитель, который не выдает отдельной индикации сигналов тревоги по срабатыванию металлодетектора и радиолокатора подповерхностного зондирования, в контрольной точке на дне углубления следует выполнить закладку металлического фрагмента небольшого размера, который можно без труда обнаружить с использованием металлодетектора.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Для некоторых грунтов время усадки может оказаться недопустимо продолжительным, в связи с чем следует выбрать другое целесообразное время ожидания.

Для сокращения периода ожидания начала проведения измерения можно прибегнуть к применению воды. Если используются и вода, и контрольная точка, тогда воду следует применять одинаковым образом как для контрольной точки, так и для точек закладки истинных испытательных мишеней. Распыление следует выполнять равномерно, а участок орошения следует выбрать достаточно большим, чтобы он включал зону охвата комбинированного подповерхностного обнаружителя.

Металлодетектор должен быть настроен в соответствии с процедурой, предписанной производителем. Если применимо, используемые настройки должны быть зарегистрированы.

Процедуру обнаружения следует повторить не менее чем в двух (желательно в трех) точках с аналогичными условиями.

При отсутствии конфликтов в отношении сказанного выше, должна выполняться процедура, приведенная в документе CWA 14747-1, 8.4.3.

5.5.4 Результаты испытаний и отчетность

Результат обнаружения по каждой из истинных испытательных мишеней должен быть зарегистрирован вместе с типом истинной испытательной мишени и глубиной закладки.

5.6 Рекомендации по распознаванию сложных для металлодетекторов типов грунтов

5.6.1 Введение

Рекомендуется выполнить измерения эталонной высоты над уровнем грунта, чтобы определить вероятное влияние грунта на металлодетектор. См. статью 5.4.

Кроме того, можно дать рекомендации в отношении выявления двух типов грунта, которые оказывают влияние на металлодетекторы: это магнитные и солончаковые грунты. Использование в металлодетекторах функции компенсации грунта может смягчить влияние грунта, но при этом может снизиться чувствительность металлодетектора.

5.6.2 Выявление высокомагнитных грунтов

Не существует специальных диагностических средств для выявления магнитных грунтов в полевых условиях. Часто магнитные грунты обладают красноватым цветом, но при этом не все грунты красноватого цвета будут иметь высокие магнитные свойства.

Грунты с высоким содержанием магнитных частиц можно выявить по результатам приведенных ниже испытаний.

Испытание. Выявление высокомагнитных грунтов

Возьмите образец грунта; дождитесь, пока он высохнет; измельчите его до максимально возможной степени; поместите на лист бумаги; проведите магнитом под листом бумаги. Если частицы грунта перемещаются, это означает, что он является высокомагнитным.

Грунты, которые в результате этого испытания были выявлены как высокомагнитные, могут оказывать сильное отрицательное влияние на характеристики металлодетекторов (повышенное количество ложных сигналов тревоги и/или пониженная глубина обнаружения). Вместе с тем грунты, не реагирующие на описанное выше испытание, могут все же оказывать такое отрицательное влияние.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Данное испытание не является особо чувствительным. В его ходе выявляются лишь высокомагнитные грунты.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Данное испытание чувствительно только к интенсивности магнитных свойств грунта. Оно может не быть применимым к импульсным металлодетекторам индукционного типа, для которых характерна чувствительность к частотной вариации при измерении магнитной восприимчивости.

5.6.3 Выявление солончаковых грунтов на полевых объектах

Грунты с высоким содержанием солей могут обладать высокой эффективной электрической проводимостью **во влажном состоянии**; в некоторых случаях они могут оказывать негативное влияние на металлодетекторы. Такие грунты встречаются как на суше, так и на побережье. Такие солончаковые грунты могут быть распознаны по следующим признакам.

- Окружающие условия на побережье
- Корка солевых отложений появляется на поверхности грунта только в периоды засухи
- Если корка поверхностных отложений сухая, она вспучивается
- В таких условиях произрастает солевыносливая растительность.

ПРИМЕЧАНИЕ. Такие грунты в сухом состоянии не оказывают влияния на эксплуатационные характеристики металлодетектора.

5.7 Рекомендации по распознаванию сложных для комбинированных подповерхностных обнаружителей типов грунтов

Для комбинированного подповерхностного обнаружителя характерно сочетание возможностей металлодетектора и радиолокатора подповерхностного зондирования. В связи с этим применяются положения статьи 5.6.

Кроме того, к сложным для комбинированных подповерхностных обнаружителей типам грунтов относятся:

- грунт с шероховатой поверхностью;
- сырые грунты в тех случаях, когда в незначительных масштабах имеет место пространственная вариация содержания воды в почве;
- грунты, содержащие неоднородности, корни, камни, пустоты и т. д.

При использовании комбинированных подповерхностных обнаружителей на таких грунтах возникают проблемы.

6 Характеризация грунтов в процессе испытания и оценки

6.1 Общие положения

Данная статья предназначена для специалистов, разрабатывающих процедуры испытаний по оценке металлодетекторов или комбинированных подповерхностных обнаружителей. В ней представлен список свойств, влияющих на эксплуатационные характеристики указанных металлодетекторов, а также некоторые руководящие указания в отношении характеризации грунтов.

Список свойств грунта, влияющих на эксплуатационные характеристики, представлен в статье 6.2. Методы их измерения и расчета представлены в приложении В.

Хотя на данный момент невозможно установить точную связь между такими свойствами и эксплуатационными характеристиками, некоторые варианты ориентировочной классификации грунтов на основе их некоторых свойств с точки зрения использования металлодетекторов представлены в статье 6.3. Исходя из современного уровня знаний, невозможно предоставить даже ориентировочную классификацию с точки зрения использования радиолокаторов подповерхностного зондирования.

Тем не менее можно описать в общих чертах ожидаемую изменчивость эксплуатационных характеристик при изменении свойств грунта. Данный вопрос касательно металлодетекторов освещается в статье 6.4, а касательно радиолокаторов подповерхностного зондирования — в статье 6.5.

6.2 Список свойств грунта

В табл. 3 показано, какие свойства грунта подлежат измерению в целях характеризации грунта в ходе испытания и оценки металлодетекторов или комбинированных подповерхностных обнаружителей.

Таблица 3. Свойства грунта, подлежащие измерению в целях характеризации грунта в процессе проведения пробных испытаний. Символом ● обозначаются принципиально важные свойства грунта, которые должны быть измерены; символом ○ обозначаются свойства грунта, измерение которых следует рассматривать как желательное.

Статья	Свойства грунтов	Пространственная изменчивость (см. статью В.2.4)	Металлодетектор	Радиолокатор подповерхностного зондирования
В.3	Низкочастотная магнитная восприимчивость	●	●	
В.3	Значения магнитной восприимчивости на двух частотах	●	●	
5.4	Эталонная высота над уровнем грунта	○	○	
В.4	Эффективная относительная диэлектрическая проницаемость	●		●
В.5	Эффективная электрическая проводимость	●	○	●
В.6	Коэффициент затухания ^а	○		○
В.7	Характеристическое волновое сопротивление ^а	○		○
В.8	Размер электрического объекта ^а			○
В.9	Шероховатость поверхности	○	○	○
В.10	Содержание воды в грунте	○		○
В.11	Погодные условия		○	○
В.12	Текстура грунта	○		○
В.13	Растительный покров	○		○
В.14	Корни	○		○
В.15	Скальные породы	○	○	○
В.16	Поверхностные трещины	○		○

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Для импульсных металлодетекторов индукционного типа и, возможно, для большинства металлодетекторов с непрерывной генерацией электромагнитного поля необходимо измерение магнитной восприимчивости на двух частотах.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Такие факторы, как шероховатость поверхности и пространственная изменчивость, являются важными для металлодетектора только в тех случаях, когда грунт генерирует отраженный сигнал значительного уровня.

^а Значение свойства, измеренное не напрямую, а выведенное через величину эффективной диэлектрической проницаемости и эффективной электрической проводимости.

ПРИМЕЧАНИЕ. Пустоты, имеющиеся в грунте, оказывают сильное воздействие на эксплуатационные характеристики радиолокатора подповерхностного зондирования, но отсутствует метод, который позволил бы измерить их влияние.

6.3 Классификации грунтов, на которых используются металлодетекторы

6.3.1 Общие положения

Представлены три ориентировочных классификации грунтов для металлодетекторов: одна из них основана на эталонной высоте над уровнем грунта, другая — на магнитной восприимчивости, а третья — на частотной вариации при измерении магнитной восприимчивости. Эти классификации являются лишь ориентировочными, потому что в них учтены доминантные факторы, оказывающие влияние на эксплуатационные характеристики металлодетектора, хотя и не все.

В табл. 4 резюмируются преимущества и недостатки каждого из методов, а также их рекомендованное применение.

Таблица 4. Преимущества и недостатки методов классификации грунтов

Классификация грунтов на основе...	Преимущества	Недостатки	Рекомендации
...эталонной высоты над уровнем грунта (см. статью 6.3.2)	Не требуются никакие измерительные приборы. Может применяться для классификации магнитных и электропроводных грунтов	Разбиение на классы зависит от металлодетектора, используемого для выполнения измерений	Для быстрой и несложной классификации грунтов
...низкочастотной магнитной восприимчивости (см. статью 6.3.3)	Не зависит от конкретного металлодетектора.	Требуется измерительный прибор. Не учитывается частотная вариация при измерении магнитной восприимчивости, к которой, как представляется, чувствительно большинство металлодетекторов.	Может оказаться актуальным только для металлодетекторов с непрерывной генерацией электромагнитного поля, использующих единственную частоту.
...частотной вариации при измерении магнитной восприимчивости (см. статью 6.3.4)	Не зависит от конкретного металлодетектора.	Требуется измерительный прибор. Может потребоваться проведение лабораторных измерений.	Может быть актуально для импульсных металлодетекторов индукционного типа и большинства металлодетекторов с непрерывной генерацией электромагнитного поля

6.3.2 Классификация грунтов в зависимости от эталонной высоты над уровнем грунта

Ориентировочная классификация грунтов в зависимости от эталонной высоты над уровнем грунта представлена в табл. 2.

6.3.3 Классификация грунтов на основе низкочастотной магнитной восприимчивости

Табл. 5 представляет ожидаемые значения магнитной восприимчивости для четырех факторов влияния грунта. Следует заметить, что влияние грунта на конкретный металлодетектор зависит от особенностей конструкции этого металлодетектора и точных значений восприимчивости, зависящих от используемого измерительного прибора (применяемых частот, объема исследованного грунта). В связи с этим приведенные величины являются лишь ориентировочными.

Таблица 5. Ориентировочные значения восприимчивости, которые могут ожидать для воздействия на металлодетекторы с непрерывной генерацией электромагнитного поля, работающие на единственной частоте (из документа CWA 14747-1, A3)

Класс воздействия грунта (определен в статье A.2)	Ориентировочные значения магнитной восприимчивости 10^{-5} ед. СИ
Нейтральный	Менее 50
Умеренный	От 50 до 500
Серьезный	От 500 до 2000
Весьма серьезный	Более 2000

ПРИМЕЧАНИЕ. Эти значения являются лишь ориентировочными, поскольку воздействие грунта на металлодетектор зависит от самого металлодетектора, а измеренные значения восприимчивости зависят от измерительного прибора.

ПРИМЕЧАНИЕ. Порядок измерения низкочастотной магнитной восприимчивости описывается в статье В.3.

6.3.4 Классификация грунтов, основанная на частотной вариации при измерении магнитной восприимчивости

Таблица 6 представляет ожидаемые ориентировочные значения частотной вариации при измерении магнитной восприимчивости для четырех факторов влияния грунта. Следует заметить, что влияние грунта на конкретный металлодетектор зависит от особенностей конструкции этого металлодетектора и точных значений восприимчивости, зависящих от используемого измерительного прибора (применяемых частот, объема исследованного грунта).

Таблица 6. Ориентировочные значения частотной вариации при измерении магнитной восприимчивости, которые могут ожидать при определении влияния грунта на импульсные металлодетекторы индукционного типа и на большинство металлодетекторов с непрерывной генерацией электромагнитного поля (из документа [1])

Класс воздействия грунта (определен в статье А.2)	Ориентировочные значения частотной вариации при измерении магнитной восприимчивости (465 Гц и 4650 Гц) 10 ⁻⁵ ед. СИ
Нейтральный	Менее 5
Умеренный	От 5 до 15
Серьезный	От 15 до 25
Весьма серьезный	Более 25
ПРИМЕЧАНИЕ. Эти значения являются лишь ориентировочными, поскольку воздействие грунта на металлодетектор зависит от самого металлодетектора, а измеренные значения восприимчивости зависят от измерительного прибора.	

ПРИМЕЧАНИЕ. Порядок измерения частотной вариации при измерении магнитной восприимчивости описывается в статье В.3.

6.4 Правила сопоставления относительных характеристик грунтов для металлодетекторов

Приведенные ниже правила в количественном выражении описывают влияние некоторых свойств грунта на эксплуатационные характеристики металлодетекторов. Предполагается, что данная информация будет полезна при выборе грунтов для сооружения испытательных полос.

В табл. 7 описывается влияние увеличения значений некоторых свойств грунтов на эксплуатационные характеристики металлодетекторов. Поскольку для импульсных металлодетекторов индукционного типа и металлодетекторов с непрерывной генерацией электромагнитного поля такое влияние может отличаться, для каждой технологии, определяющей функционирование металлодетекторов, используется отдельный столбец. В каждом случае статья, где представлено описание процедуры измерения свойств грунта, указана в последнем столбце.

Таблица 7. Сводная информация по ожидаемому влиянию повышения значений свойств грунта на эксплуатационные характеристики металлодетектора

Свойство грунта	Влияние на металлодетекторы с непрерывной генерацией электромагнитного поля, работающие на единственной частоте	Влияние на импульсные металлодетекторы индукционного типа	Статья
Низкочастотная магнитная восприимчивость	Сильное снижение	Небольшое снижение или его отсутствие	В.3
Частотная вариация при измерении магнитной восприимчивости	Отсутствии влияния	Сильное снижение	В.3
Пространственная дисперсия низкочастотной магнитной восприимчивости	Сильное снижение, в случае если низкочастотная магнитная восприимчивость является достаточно высокой, чтобы оказывать влияние на металлодетектор	Небольшое снижение или его отсутствие	В.2.4
Пространственная дисперсия частотной вариации при измерении магнитной восприимчивости	Отсутствии влияния	Сильное снижение, в случае если частотная вариация при измерении магнитной восприимчивости является достаточно высокой, чтобы оказывать влияние на металлодетектор	В.2.4
Эффективная электрическая проводимость	Незначительное влияние, за исключением грунтов с высокой проводимостью	Незначительное влияние, за исключением грунтов с высокой проводимостью	В.5
Частотная вариация при измерении эффективной электрической проводимости	Отсутствии влияния	Снижение	В.5
Пространственная дисперсия эффективной электрической проводимости	Сильное снижение, в случае если эффективная электрическая проводимость является достаточно высокой, чтобы оказывать влияние на металлодетектор	Сильное снижение, в случае если эффективная электрическая проводимость является достаточно высокой, чтобы оказывать влияние на металлодетектор	В.2.4
Пространственная дисперсия частотной вариации при измерении эффективной электрической проводимости	Отсутствии влияния	Сильное снижение, в случае если частотная вариация при измерении эффективной электрической проводимости является достаточно высокой, чтобы оказывать влияние на металлодетектор	В.2.4
Вариация шероховатости поверхности	Сильное влияние, в случае если эффективная электрическая проводимость или магнитная восприимчивость оказывает влияние на металлодетектор	Сильное влияние, в случае если эффективная электрическая проводимость или магнитная восприимчивость оказывают влияние на металлодетектор	В.9
Эталонная высота над уровнем грунта	Сильное снижение	Сильное снижение	5.4
Пространственная дисперсия эталонной высоты над уровнем грунта	Сильное снижение на малой эталонной высоте над уровнем грунта	Сильное снижение на малой эталонной высоте над уровнем грунта	В.2.4
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. Если в металлодетекторе с непрерывной генерацией электромагнитного поля используется несколько частот, см. столбец, относящийся к импульсным металлодетекторам индукционного типа, поскольку частотная вариация при измерении свойств грунта может оказать влияние на эксплуатационные характеристики этого металлодетектора.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. Соответствующие частоты для электромагнитных свойств, указанных в таблице, это диапазон частот металлодетектора.</p>			

6.5 Правила сопоставления относительных характеристик грунтов для радиолокаторов подповерхностного зондирования

Приведенные ниже правила описывают в количественном выражении влияние некоторых свойств грунта на эксплуатационные характеристики радиолокаторов подповерхностного зондирования. Предполагается, что данная информация будет более полезна при выборе грунтов для сооружения испытательных полос.

Таблица 8. Единые правила для эксплуатационных характеристик радиолокаторов подповерхностного зондирования

Если значение данного свойства грунта возрастает...	Эксплуатационные характеристики радиолокатора подповерхностного зондирования имеют тенденцию...	
Коэффициент затухания	...к снижению.	См. статью В.6
Различие в значениях характеристического волнового сопротивления между миной и грунтом	...к повышению.	См. статью В.7
Различие в значениях характеристического волнового сопротивления между воздухом и грунтом	...к снижению.	См. статью В.7
Размеры электрического объекта в грунте	...к повышению.	См. статью В.8
Шероховатость поверхности	...к снижению.	См. статью В.9
Пространственная дисперсия свойств грунта	...к снижению.	См. В.2.4 ^а

а В статье В.2.4 используется расстояние для опроса датчиков, равное 100 см. Вариация при использовании такого масштаба может привести к изменению отраженного от границы «воздух-грунт» сигнала, в связи с чем оказывается влияние на возможности радиолокатора подповерхностного зондирования отказаться реагировать. Изменчивость при меньшем масштабе может также оказать влияние на эксплуатационные характеристики GPR, но на данный момент отсутствует признанный метод их измерения.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Растительность на поверхности может оказывать частичное влияние на эксплуатационные характеристики радиолокатора подповерхностного зондирования, поскольку она изменяет электромагнитные свойства, а также в связи с тем, что может быть оказано влияние на высоту проводки.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Корни, фрагменты скальных пород, трещины и пустоты в грунте могут повысить количество ложных сигналов тревоги.

Приложение А (Информативное)

Влияние грунтов на металлодетекторы и радиолокаторы подповерхностного зондирования

А.1 Общие положения

А.1.1 Введение

Эксплуатационные характеристики металлодетекторов и радиолокаторов подповерхностного зондирования могут зависеть от электромагнитных свойств грунта и от характера изменения этих свойств от одной точки к другой. Грунт может снижать чувствительность металлодетектора и формировать ложную индикацию сигнала тревоги.

В любой заданной точке электромагнитные свойства грунта зависят от большого количества факторов, включая локальное геологическое строение, рельеф местности, вариацию минералогического и химического состава и текстуры грунта, содержание влаги и температуру.

А.1.2 Описание электромагнитных свойств грунта

Характер вторичного электромагнитного поля в заданном грунте описывается тремя собственными параметрами: электрической проводимостью, диэлектрической проницаемостью (в совокупности они часто именуются как электрические параметры) и магнитной восприимчивостью.

В общем случае вышеуказанные параметры материала являются дисперсивными, то есть их значения и влияние зависят от частоты.

Совместное влияние электрических параметров таково, что на практике с помощью измерительного прибора можно получить перечисленные ниже связанные частотно-зависимые композитные параметры:

- эффективная электрическая проводимость;
- эффективная диэлектрическая проницаемость;
- магнитная восприимчивость.

В противоположность электрическим свойствам, которые преимущественно контролируются через содержание воды, содержание и минералогический состав глины, на магнитную восприимчивость грунта содержание воды влияния не оказывает, но зато она в значительной степени зависит от минералогического состава и температуры. Как на электрические, так и на магнитные свойства существенным образом влияет текстура грунта, тогда как на частотную зависимость магнитной восприимчивости влияет распределение зерен согласно их размеру в нанометрическом диапазоне. Свойства грунта могут меняться в пространстве и времени. Изменчивость грунта в меньших масштабах является источником помех, снижения соотношения «сигнал-помеха» и соответствующих эксплуатационных характеристик. В связи с этим для эффективной характеристики требуется, чтобы были проведены соответствующие измерения на правильно подобранных образцах. Правильный подбор образцов необходим для характеристики природы и степени распространения изменчивости меньшего масштаба, связанной с локальными неоднородностями, в том числе со щебнем, валунами и аномальными уровнями содержания воды.

Необходимо признать, что электромагнитные свойства грунта и их изменчивость являются не единственными факторами, ограничивающими фактические эксплуатационные характеристики определенного металлодетектора. Например, рассеяние излучения радиолокатора под влиянием рельефа поверхности грунта и произрастающей на нем растительности является весьма важным фактором для эксплуатационных характеристик радиолокатора подповерхностного зондирования.

Наконец, подчеркивается, что способность прогнозировать эксплуатационные характеристики на основании измерений, проведенных на грунте, является ограниченной в связи со сложностью данного явления.

А.1.3 Различия между металлодетекторами и радиолокаторами подповерхностного зондирования

С самого начала принципиально важно уяснить, что номинальная рабочая частота обычного металлодетектора на несколько порядков ниже, чем у радиолокаторов подповерхностного зондирования, встроенных в комбинированный подповерхностный обнаружитель. В связи с этим соответствующее влияние грунта на каждый из этих приборов будет различным. Фактически именно метод распространения в грунте сигналов, излучаемых металлодетектором и радиолокатором подповерхностного зондирования, отличается на фундаментальном уровне. По существу, эти противоположные по физическому принципу режимы электромагнитного зондирования, положенные в основу технологии комбинированного подповерхностного обнаружителя, являются взаимодополняющими.

На металлодетекторы преимущественное влияние оказывает магнитная восприимчивость грунта (и частотная вариация при ее измерении), а на радиолокаторы подповерхностного зондирования — электрическая проводимость и диэлектрическая проницаемость. Влияние и на тот, и на другой прибор оказывает неоднородность грунта.

А.2 Влияние грунтов на металлодетекторы

Некоторые грунты могут оказывать значительное влияние на эксплуатационные характеристики металлодетекторов. Влияние грунта на металлодетектор может определяться как одно из перечисленных ниже:

Таблица А.1. Определение классов влияния грунтов на металлодетекторы

Нейтральное	Грунт оказывает нейтральное влияние на металлодетектор, если им не оказывается влияние на эксплуатационные характеристики даже без использования функции компенсации грунта. Для металлодетектора такой грунт будет равноценен воздуху.
Умеренное	Грунт оказывает умеренное влияние на металлодетектор, если его влияние на эксплуатационные характеристики заметно, но металлодетектор может использоваться без функции компенсации грунта.
Серьезное	Грунт оказывает серьезное влияние на металлодетектор, если в связи с ним использование функции компенсации грунта является необходимым.
Весьма серьезное	Грунт оказывает весьма серьезное влияние на металлодетектор, если прибор не может использоваться даже с функцией компенсации грунта.

Магнитная восприимчивость представляет собой свойство грунта, оказывающее важнейшее влияние на металлодетекторы. Эффективная электрическая проводимость также может оказывать влияние на эксплуатационные характеристики металлодетектора, но при этом ожидается, что такое воздействие будет достаточно редким и сведется к отдельным мокрым участкам, влияние на которые оказывает соленая вода, например вблизи берега и в зонах затопления соленой водой во время высоких приливов.

ПРИМЕЧАНИЕ. Источником проблемы является не столько соль сама по себе, сколько соль вместе с водой. Имеется информация в отношении повышения электрической проводимости под влиянием удобрений и мочи домашнего скота.

ПРИМЕР. Содержание соленой воды — это одна из причин высокой эффективной электрической проводимости грунта. Что касается песка, его эффективная электрическая проводимость может изменяться в диапазоне от $0,001 \text{ См}^{-1}$, когда он находится в сухом состоянии, до $0,2 \text{ См}^{-1}$ в состоянии насыщения соленой водой, что равносильно множителю, равному 200.

На эксплуатационные характеристики приборов могут влиять как низкочастотная магнитная восприимчивость, так и частотная вариация при измерении магнитной восприимчивости, а также эффективная электрическая проводимость. Преобладающий эффект зависит от технологии, положенной в основу функционирования прибора. Металлодетекторы могут быть разделены на две группы: металлодетекторы с непрерывной генерацией электромагнитного поля (также известные как металлодетекторы с обработкой сигналов в частотной области) и импульсные металлодетекторы индукционного типа (известные также как металлодетекторы с обработкой сигналов во временной области). Низкочастотные электромагнитные свойства влияют на них различным образом. В частности, для металлодетекторов с непрерывной генерацией электромагнитного поля, функционирующих на единственной частоте, это просто значения электромагнитных свойств при определенной рабочей частоте, влияющей на эксплуатационные характеристики. И наоборот, для импульсных металлодетекторов индукционного типа, эффективно работающих в широком диапазоне частот, на эксплуатационные характеристики будут влиять как значения электромагнитных свойств грунта, так и их зависимость от частоты. На металлодетекторы с непрерывной генерацией электромагнитного поля, функционирующие на нескольких частотах, влияют электромагнитные свойства, присущие для этих частот. Результирующее влияние может заставить эти металлодетекторы вести себя скорее как импульсные металлодетекторы индукционного типа, чем как металлодетекторы с непрерывной генерацией электромагнитного поля, работающие на единственной частоте.

Такие свойства грунтов могут меняться от точки к точке, и в результате такой пространственной вариации в сочетании с тем, что поверхность грунта не всегда является плоской (имеет место шероховатость поверхности), отраженный от грунта сигнал будет также изменяться от точки к точке.

Вариация отраженного от грунта сигнала может оказывать существенное влияние на эксплуатационные характеристики металлодетектора. Таким образом, рассмотрение средних значений магнитной восприимчивости и эффективной электрической проводимости даст лишь первую грубую оценку эксплуатационных характеристик металлодетектора. Чтобы в полном объеме оценить эксплуатационные характеристики металлодетектора, следует также учитывать по всей площади пространственную вариацию магнитной восприимчивости и шероховатости поверхности. Если определенное снижение эксплуатационных характеристик невозможно объяснить магнитной восприимчивостью, тогда можно будет провести исследование эффективной электрической проводимости.

Вариацию уровня сигнала, отраженного от грунта, в связи с шероховатостью поверхности и неоднородностью грунта, необходимо учитывать лишь в том случае, если имеется возможность измерить сигнал, отраженный от грунта.

А.3 Влияние грунтов на радиолокаторы подповерхностного зондирования

Радиолокатор подповерхностного зондирования представляет собой прибор, в состав которого входят передающая и приемная антенны, позволяющие излучать и улавливать электромагнитные волны заданной частоты, также его конструкция позволяет обнаруживать в грунте скачки электромагнитных свойств. В ходе проведения операций по очистке от мин передающая антенна излучает волну, которая распространяется в грунте. В случае, когда на пути волны встречается область, в которой наблюдается вариация электромагнитных свойств, часть волны отражается обратно в направ-

лении поверхности (отраженная волна), а остальная часть продолжает распространяться в грунте (излученная волна). Когда волна достигает мины и отражается, именно эту отраженную волну улавливает приемная антенна радиолокатора подповерхностного зондирования.

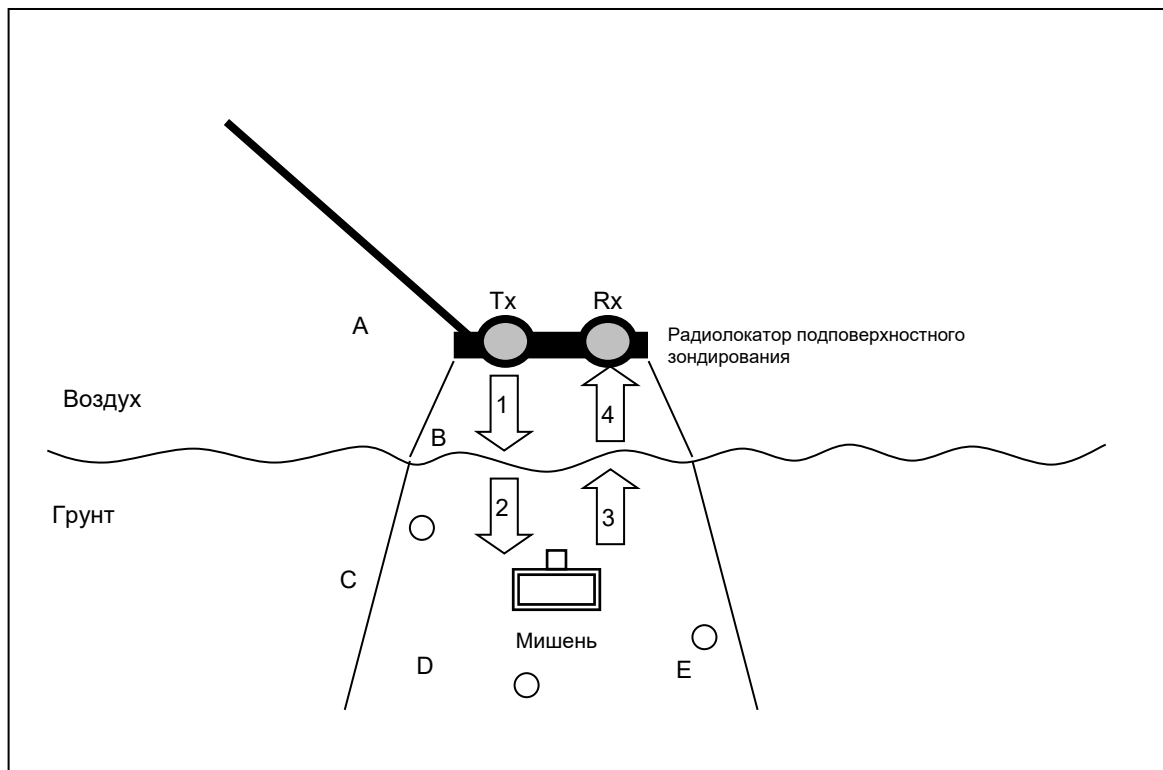


Рисунок А.1. Основные принципы функционирования радиолокатора подповерхностного зондирования: представленные числа отображают распространение волны, а буквы — источники потерь (более подробную информацию см. в тексте).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Это упрощенное описание порядка работы радиолокатора подповерхностного зондирования. На практике может иметь место более сложная модель поведения.

Грунт может оказывать различные воздействия на способность радиолокатора подповерхностного зондирования к обнаружению. Во-первых, он отражает большую часть волны на уровне своей поверхности. Во-вторых, если электромагнитные свойства являются близкими к тем, которыми обладает мина, волна по достижении мины может давать сниженный уровень отраженного сигнала, в связи с чем обнаружение станет затруднительным. В-третьих, грунт может способствовать затуханию волны. Все эти воздействия принципиальным образом снижают интенсивность излученной волны и отраженного в обратном направлении сигнала, что затрудняет обнаружение. Поскольку с увеличением глубины затухание нарастает, оно может ограничивать глубину обнаружения мины. Наличие незначительных неоднородностей электромагнитных характеристик, таких как камни или пустоты, также может создавать помехи сигналу радиолокатора.

Эти явления описаны в **Ошибка! Источник ссылки не найден.**:

- Передающая антенна радиолокатора (Tx) излучает волну в направлении грунта (1), которая сначала достигает поверхности. Поскольку у воздуха и грунта электромагнитные свойства существенно различаются, часть волны отражается в обратном направлении к радиолокатору подповерхностного зондирования, а другая часть продолжает движение в грунте (2). Какая часть волны отразится в обратном направлении, будет зависеть от электромагнитных свойств грунта, шероховатости поверхности и частоты волны. Отражение волны радиолокатора на границе «воздух-грунт» зависит от угла падения, а также от значений характеристического волнового сопротивления воздуха и грунта. Характеристическое волновое сопротивление среды — это свойство, величина которого может быть вычислена через основные электромагнитные свойства этой среды: эффективную относительную диэлектрическую проницаемость, эффективную электрическую проводимость и магнитную проницаемость. Чем больше величина контраста волнового сопротивления между воздухом и грунтом, тем выше коэффициент отражения и тем больше величина отраженного сигнала. Мощный отраженный сигнал на границе воздуха и грунта является препятствием при проведении обнаружения.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. На практике магнитной проницаемостью можно в общем случае пренебречь, поскольку ее влияние на эксплуатационные характеристики радиолокатора подповерхностного зондирования значительно меньше, чем влияние эффективной относительной диэлектрической проницаемости грунта и его эффективной электрической проводимости. Если радиолокатор подповерхностного зондирования используется надлежащим образом, влиянием угла падения также можно пренебречь.

- После встречи с миной часть волны отражается. Доля отраженной волны зависит в основном от коэффициента отражения между грунтом и миной, а также от геометрических свойств мины. Обнаружение упрощается, когда между

грунтом и миной имеет место отраженный сигнал большого уровня, то есть в случае, если значения характеристического волнового сопротивления грунта и мины весьма различны.

- После этого отраженная волна движется сквозь грунт в обратном направлении (3).
- В конечном итоге она достигает поверхности грунта и часть этой волны распространяется в воздухе, достигая приемной антенны (Rx) радиолокатора (4).

Лучшие показатели обнаружения достигаются в тех случаях, когда сигнал, который отражается от мины и достигает приемной антенны, будет иметь максимально возможный уровень. Таким образом, потери, которые претерпевает волна на пути от передающей антенны до мины и обратно к приемной антенне, затрудняют обнаружение.

В работе **Ошибка! Источник ссылки не найден.** также описываются источники потерь:

- A) Если оператор увеличивает высоту головки датчика над уровнем грунта, волна от радиолокатора распространяется на более широкой области поверхности, в связи с чем снижается количество энергии, приходящееся на единицу площади. Такие потери иногда называются потерями на расходимость пучка, или сферическим затуханием. Следует рассчитывать на то, что правильное использование радиолокатора подповерхностного зондирования ограничит потери такого рода.
- B) Если поверхность грунта не является плоской, характер отражения волны меняется. Такая шероховатость поверхности оказывает воздействие на ту часть волны, которая проходит сквозь поверхность грунта. Помимо этого, шероховатость поверхности может добавить пространственной вариации, что станет причиной формирования помех, связанных с отражением от местных предметов, и снижения эксплуатационных характеристик радиолокатора подповерхностного зондирования.
- C) Энергия волны не распределяется равномерно во всех направлениях, а концентрируется в пучке. Когда пучок входит в грунт, он преломляется и сужается в связи с различием в электромагнитных свойствах воздуха и грунта. В связи с этим энергия волны, приходящаяся на единицу поверхности, увеличивается, что может привести к улучшению обнаружения и сокращению зоны охвата. В работе **Ошибка! Источник ссылки не найден.** представлена упрощенная иллюстрация данного явления.
- D) Если волна распространяется в грунте с определенным уровнем эффективной электрической проводимости, это приводит к ее постепенному затуханию. Чем глубже залегает мина, тем значительнее будет такой эффект. Если затухание имеет место, оно будет связано функциональной зависимостью с эффективной относительной диэлектрической проницаемостью. Подобное затухание в воздухе отсутствует, поскольку воздух не обладает эффективной электрической проводимостью.
- E) Наличие локальных участков с электромагнитными свойствами, отличными от свойств окружающего грунта (камней, корней, скальных пород или трещин), может стать причиной формирования такого же количества отраженных сигналов. Это является причиной эффектов двух видов: формирования отраженных сигналов, которые могут быть ошибочно восприняты как сигналы от мин, а также уменьшения амплитуды волны при ее встрече с мишенью, что снижает возможность обнаружения мины.

Следовательно, отраженный сигнал от наземной мины, полученный приемной антенной, зависит от перечисленных ниже свойств:

- характеристическое волновое сопротивление грунта;
- затухание в грунте;
- электромагнитные свойства наземной мины (характеристическое волновое сопротивление);
- геометрические характеристики наземной мины, влияющие весьма сложным образом на отражение волны, излучаемой радиолокатором.

Электромагнитные свойства грунта могут изменяться во времени в качестве реакции на преобладающие погодные условия. Поскольку эффективная относительная диэлектрическая проницаемость зависит в основном от содержания воды в грунте, ее значение может возрасти после дождя и снизиться по мере высыхания грунта. Такое изменение во времени зависит от текстуры грунта. Например, глина может удерживать большее количество воды в течение более длительного времени, чем песок.

Такие эффекты, как скачок сопротивления передаче сигнала и затухание в грунте, могут выступать как противостоящие друг другу. Например, если грунт сырой, его эффективная относительная диэлектрическая проницаемость высока, что упрощает обнаружение мины, но при этом может снизить глубину обнаружения. В зависимости от того, какой из этих эффектов будет преобладающим, обнаружение может упрощаться либо усложняться.

Приложение В (Нормативное) Порядок определения свойств грунта

В.1 Общие положения

В данном приложении описывается порядок определения свойств грунта, перечисленных в статье 6. Некоторые из них представляют собой физические или электромагнитные свойства, которые можно измерить с помощью соответствующего оборудования. Другие могут быть получены расчетным путем или выведены, исходя из физических и электромагнитных свойств.

В.2 Общие процедуры измерений

В.2.1 Принцип

Описываются общие процедуры измерения свойств грунта. Чтобы измерить среднее значение свойства грунта, изменяющегося в пространстве, необходимо использовать процедуру, представленную в статье В.2.2. Для отбора образцов грунта в целях проведения лабораторного анализа должна использоваться процедура, приведенная в статье В.2.3. Для описания пространственной изменчивости свойства грунта должна использоваться процедура, описанная в статье В.2.4.

Чтобы провести отбор образцов или измерения на недоступном участке, необходимо выбрать образцы из той части местного грунта, которая является аналогичной (то есть с аналогичным рельефом или положением склона, сходным цветом грунта на поверхности, с аналогичной текстурой, подобным содержанием камней, таким же землепользованием и растительным покровом).

ПРИМЕЧАНИЕ. При наличии склона свойства грунта имеют тенденцию к большей изменчивости в направлении склона.

Свойства грунта следует измерять вплоть до максимальной глубины закладки объектов испытания на испытательном участке либо до большей глубины. Большая глубина может потребоваться в связи с тем, что грунт, находящийся под объектом испытания, может воздействовать на металлодетектор.

В.2.2 Процедура измерения средних значений

В.2.2.1 Принцип

Данная процедура должна применяться для измерения среднего значения свойства грунта, которое может изменяться в пространстве.

В.2.2.2 Оборудование

Должен использоваться измерительный прибор, специально предназначенный для измерения свойств грунта.

В.2.2.3 Процедура

Необходимо соблюдать следующую процедуру.

- a) Выберите участок площадью не более 5 м² с тем же цветом грунта, текстурой и содержанием камней.
- b) Выберите точки отбора образцов.
- c) Выполните девять измерений в соответствии со схемой, изображенной на рис. В.1.

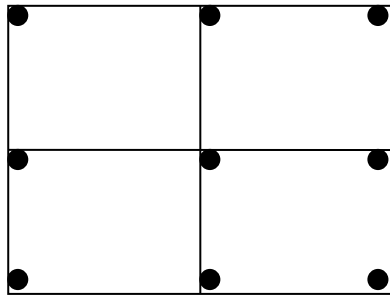


Рисунок В.1. Разбивка участка для отбора образцов

В.2.2.4 Отчетность

Должно быть зарегистрировано среднее значение по результатам девяти измерений.

В.2.3 Процедура отбора образцов для лабораторных измерений

В.2.3.1 Принцип

Данная процедура должна применяться для отбора образцов грунта перед проведением лабораторного анализа.

С увеличением глубины могут наблюдаться резкие изменения свойств грунта, поскольку их формирование происходит слоями. Образцы из таких слоев должны отбираться отдельно.

На рис. В.2 представлена иллюстрация типичного профиля грунта с часто встречающимися сочетаниями слоев и глубинами их залегания. Следует заметить, что отдельные слои, такие как почвенный органический слой и пахотный слой, могут отсутствовать. Таким образом, профиль грунта может оказаться более коротким, а отдельные слои могут пропорционально увеличиться.

ПРИМЕЧАНИЕ. В контексте данного документа слои также могут называться горизонтами.

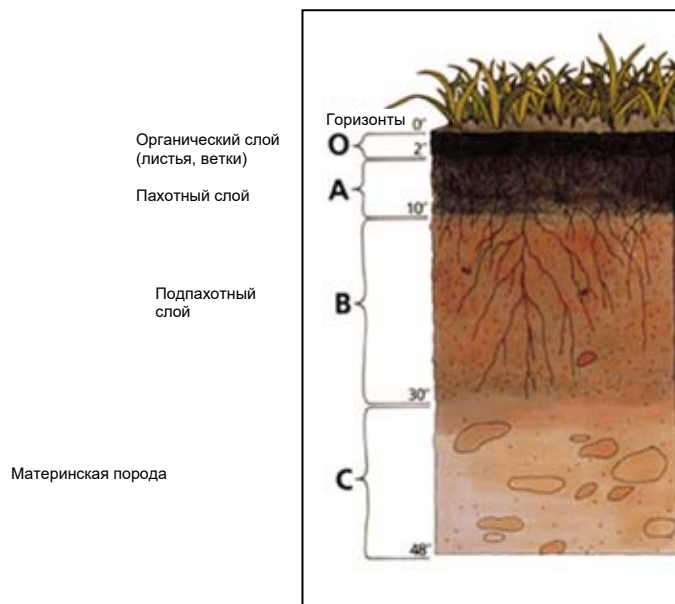


Рисунок В.2. Типичный профиль почвы: органический слой (О-горизонт), пахотный слой (А-горизонт), подпахотный слой (В-горизонт) и материнская порода (С-горизонт) (по материалам документа [23])

Слои обычно различаются при обнаружении изменений в цвете и/или текстуре грунта с увеличением глубины. Для некоторых грунтов, которые встречаются в лесистой местности и на территориях с травянистым покровом, характерен поверхностный органический слой. Его толщина, как правило, не превышает 10 см. Этот слой можно опознать по темно-серому или черному цвету, а также по отсутствию либо очень низкому содержанию частиц минеральных веществ в таком грунте.

Расположенный под органическим слоем пахотный слой грунта состоит преимущественно из песка, ила и глины, а также мелких частиц минералов. Пахотный слой характеризуется определенным содержанием гумуса, который можно распознать по серому цвету. При отсутствии органического слоя пахотный слой формирует поверхность грунта. Глубина пахотного слоя зависит от ряда природных факторов и сельскохозяйственного применения; обычно он имеет толщину от 5 до 30 см.

Подпахотный слой расположен ниже пахотного слоя; он характеризуется более низким содержанием гумуса либо даже полным отсутствием органического материала. Он часто имеет коричневый, красный, желтый или светло-серый цвет.

В.2.3.2 Оборудование

Для измерения некоторых свойств грунта подойдут образцы, взятые из нарушенного грунта с помощью небольшого совка или ножа.

ПРИМЕР. Для измерения магнитной восприимчивости допускается использование образцов, взятых из нарушенного грунта.

Если физические свойства надлежит определить по образцам, взятым из ненарушенного грунта, должен использоваться, например, ручной инструмент для отбора образцов методом их вырезания из толщи грунта.

ПРИМЕР. Определение эффективной относительной диэлектрической проницаемости требует использования образцов, отобранных из ненарушенного грунта.

В.2.3.3 Процедура

Необходимо соблюдать следующую процедуру.

- a) Выберите участок площадью не более 5 м² с тем же цветом грунта, текстурой и содержанием камней.
- b) Выберите точки отбора образцов.
- c) Удалите растения и их остатки на выбранном участке.
- d) Отберите из каждого слоя девять образцов размером с яблоко (из органического слоя (если имеется), из пахотного и подпахотного слоев) в соответствии со схемой, показанной на рис. В.1.
 - 1) Снимите органический слой, если имеется, чтобы таким образом материал не мог быть смешан с расположенными ниже слоями, содержащими минералы, после чего выполните отдельный отбор образца.
 - 2) Если имеется второй слой в пределах 40 см от поверхности, отберите с верхней части образец пахотного слоя (нижняя граница органического слоя) вплоть до его нижней границы, но не глубже 40 см от поверхности грунта.
 - 3) Отберите образец подпахотного слоя с верхней его части вплоть до глубины 40 см от поверхности.
- e) Если грунт содержит скальные породы или их фрагменты, отберите образцы этих компонентов отдельно. Общий вес отобранного образца должен составлять 500 г.
- f) Смешайте девять проб каждого слоя, чтобы подготовить композиционный образец, и поместите его в пластиковый пакет или в лабораторный стеклянный стакан с навинчивающейся крышкой, на который должны быть нанесены метки с наименованием объекта, глубиной отбора образца и наименованием слоя. По возможности добавьте координаты места отбора образца.

После этого образцы готовы к хранению и отправке в лабораторию.

В.2.3.4 Отчетность

Значения свойств грунта, подлежащих измерению, должны регистрироваться в соответствии с глубиной отбора или названием слоя.

В.2.4 Процедура оценивания пространственной изменчивости свойств грунта

В.2.4.1 Принцип

Данная процедура должна применяться в целях исследования пространственной изменчивости свойств грунта на местности путем проведения измерения заданных свойств в различных точках.

ПРИМЕЧАНИЕ. В данной процедуре используется расстояние для опроса датчиков, равное 10 см. Вариация при использовании такого масштаба может привести к изменению отраженного от границы «воздух-грунт» сигнала, в связи с чем оказывается влияние на возможности металлодетектора отказаться реагировать. Вариация при меньшем масштабе может оказать влияние на эксплуатационные характеристики радиолокаторов подповерхностного зондирования, но на данный момент отсутствует признанный метод их измерения.

В.2.4.2 Процедура

Должен быть выбран участок, на котором грунт не претерпевает существенных изменений. Если имеются наблюдаемые признаки существенного изменения свойств грунта, такие как изменение его цвета, текстуры, содержания камней или густоты растительного покрова на территории участка, подлежащего исследованию, процедуру следует выполнять для каждого типа грунта и измерения проводить по каждому отдельному типу.

Должен быть выбран участок размером 10 x 10 м. Следует проследить, чтобы расстояние между двумя точками измерения составляло примерно 10 см и соответствовало измерительному диапазону прибора, который используется в процессе измерения свойств грунта. Свойства грунта должны измеряться вдоль по крайней мере двух взаимно перпендикулярных линий длиной 10 м на территории участка.

На рис. В.3 показана сетка, рекомендованная для более сложного анализа.

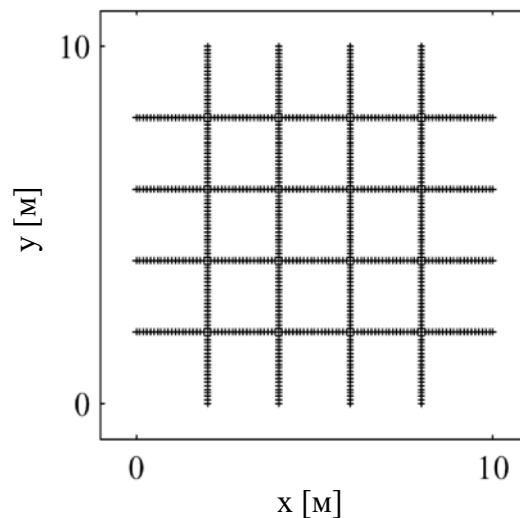


Рисунок В.3. Измерительная сетка, рекомендованная для тщательного определения пространственной изменчивости физических свойств грунта по шкале в несколько метров. Расстояние между точками отбора образцов в профиле составляет 10 см. (По материалам документа [15])

В.2.4.3 Отчетность

Пространственная изменчивость свойств грунта должна регистрироваться с учетом дисперсии измерений согласно формуле:

$$V = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (m_i - \bar{m})^2 \quad \text{при} \quad \bar{m} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N m_i$$

где

V — пространственная изменчивость, выраженная через дисперсию;

N — количество измерений;

m_i — i -е измерение.

Для подготовки более подробной отчетности изменчивость следует выразить через корреляционный интервал измерения. Если расстояние между двумя точками больше корреляционного интервала, свойства этих грунтов, вероятнее всего, будут независимы друг от друга.

Результаты измерения физических свойств грунта можно также выразить в виде 2-мерного графика, иллюстрирующего, как свойства грунта меняются в пространстве. Таким образом будет определяться наиболее вероятное значение физического свойства грунта на участке, а также насколько сильно данное свойство может меняться. Для описания пространственной схемы, а также ожидаемой скорости изменения в пределах поля может использоваться геостатистический анализ с применением расчета вариограмм [18].

В.3 Магнитная восприимчивость

В.3.1 Принцип

Магнитная восприимчивость грунта и частотная вариация при ее измерении оказывают сильное влияние на эксплуатационные характеристики металлодетекторов. В данном разделе описывается процедура измерения таких свойств.

В.3.2 Оборудование

Магнитную восприимчивость грунта и частотную вариацию при ее измерении можно измерить с помощью прибора, основанного на принципе электромагнитной индукции.

Чтобы получить результат измерения, который отражает исследование в таком же объеме грунта, как и у металлодетектора, подлежащего использованию, следует обеспечить одинаковость размеров катушки измерительного прибора и прибора, подлежащего использованию.

Следует проследить, чтобы измерительный прибор измерял величину магнитной восприимчивости на двух частотах (в диапазоне частот металлодетектора), которые бы существенно отличались. Более высокая частота должна не менее чем в 10 раз превышать значение более низкой частоты.

В.3.3 Процедура

Перед использованием следует выполнить калибровку измерительного прибора в соответствии с описанием, приведенным в руководстве пользователя.

Должна соблюдаться процедура, приведенная в руководстве пользователя соответствующего измерительного прибора.

По возможности следует измерить магнитную восприимчивость не менее чем на двух частотах.

Для лабораторных измерений могут использоваться образцы нарушенного грунта.

В.3.4 Отчетность

В протокол должна быть внесена величина объемной магнитной восприимчивости. Также в протокол должны вноситься значения объема и массы.

Магнитную восприимчивость и частотную вариацию при ее измерении следует выражать в единицах измерения СИ.

Если большее значение частоты, используемое измерительным прибором, превышает меньшее в десять раз, тогда частотная вариация рассчитывается по разности между двумя измеренными значениями восприимчивости. Такое изменение также известно как «частотно-зависимая восприимчивость».

В противном случае должно использоваться следующее уравнение:

$$d\kappa = -\frac{\kappa_2 - \kappa_1}{\log_{10}\left(\frac{f_2}{f_1}\right)}$$

где

$d\kappa$ — частотная вариация при измерении магнитной восприимчивости;

f_1 — меньшее из используемых измерительным прибором значений частоты;

f_2 — большее из используемых измерительным прибором значений частоты;

κ_1 — значение магнитной восприимчивости (объемной), измеренное на частоте f_1 ;

κ_2 — значение магнитной восприимчивости (объемной), измеренное на частоте f_2 .

ПРИМЕЧАНИЕ. \log_{10} представляет собой логарифм по основанию 10.

Должны быть зарегистрированы марка и модель измерительного прибора, поскольку может иметь место существенное различие между измерительными приборами, выраженное в различных объемах исследуемого грунта, полях возбуждения и частотах.

В.4 Эффективная относительная диэлектрическая проницаемость

В.4.1 Принцип

Эффективная относительная диэлектрическая проницаемость грунта оказывает сильное влияние на эксплуатационные характеристики радиолокаторов подповерхностного зондирования. В данном разделе описывается процедура измерения.

В.4.2 Оборудование

Может использоваться рефлектометр для наблюдения за формой отраженного сигнала (TDR).

ПРИМЕЧАНИЕ. TDR — это простой в использовании и широко распространенный прибор для проведения таких измерений [6], [19]. Однако ему свойственны определенные ограничения. В работах [1], [16] были предложены другие методы.

В.4.3 Процедура

Должна соблюдаться процедура, приведенная в руководстве пользователя соответствующего измерительного прибора. Поскольку эффективная относительная диэлектрическая проницаемость может изменяться во времени, должны проводиться регулярные измерения, по меньшей мере ежедневно, в начале и в конце каждого испытания.

Следует проследить, чтобы грунт не был сырым, поскольку это может привести к изменению диэлектрической проницаемости.

Для лабораторных измерений должны отбираться образцы ненарушенного грунта.

В.4.4 Отчетность

Эффективная относительная диэлектрическая проницаемость должна быть выражена в единицах измерения СИ.

Также должны регистрироваться марка и модель измерительного прибора.

В.5 Эффективная электрическая проводимость

В.5.1 Принцип

Эффективная электрическая проводимость грунта оказывает влияние на эксплуатационные характеристики радиолокаторов подповерхностного зондирования и (в меньшей степени) металлодетекторов.

Следует также принимать во внимание частотную вариацию при измерении эффективной электрической проводимости. Таким образом, эффективную электрическую проводимость следует измерять для двух и более значений частоты в частотном диапазоне, который используется металлодетектором.

Следует также принимать во внимание пространственную вариацию эффективной электрической проводимости, поскольку и она может оказывать существенное влияние на эксплуатационные характеристики металлодетекторов. Оценку такой вариации можно получить, используя процедуру, описанную в статье В.2.4.

ПРИМЕЧАНИЕ. В связи с недостатком экспериментальных данных в настоящем документе не была предпринята попытка разработать абсолютную классификацию влияния (нейтрального, умеренного, серьезного и весьма серьезного) на основе эффективной электрической проводимости грунта.

В.5.2 Оборудование

Эффективную электрическую проводимость можно измерить с помощью рефлектометра для наблюдения за формой отраженного сигнала (TDR) или измерительного прибора с контактными зондами. Также можно провести измерения в лабораторных условиях с помощью коаксиальной линии в диапазоне частот, близком к рабочей частоте металлодетектора.

ПРИМЕЧАНИЕ. В качестве альтернативы контактными измерениям с помощью квадрупольного электрода для целей полевых исследований могут использоваться приборы, основанные на принципе электромагнитной индукции. Вместе с тем эти приборы требуют относительно точной калибровки и подвержены значительному дрейфу под воздействием температуры.

Перед использованием следует выполнить калибровку прибора в соответствии с описанием, приведенным в руководстве пользователя.

В.5.3 Процедура

Эффективную электрическую проводимость следует измерять на месте.

Должна соблюдаться процедура, приведенная в руководстве пользователя соответствующего измерительного прибора. Поскольку эффективная электрическая проводимость может изменяться во времени, должны проводиться регулярные измерения, по меньшей мере ежедневно, в начале и в конце каждого испытания.

По возможности следует измерять эффективную электрическую проводимость на двух частотах.

В.5.4 Отчетность

Эффективная электрическая проводимость должна выражаться в сименсах на метр (См·м⁻¹).

Должны быть зарегистрированы марка и модель измерительного прибора, поскольку может иметь место существенное различие между измерительными приборами, выраженное в различных объемах исследуемого грунта или используемых частотах.

В.6 Коэффициент затухания

Коэффициент затухания оказывает влияние на эксплуатационные характеристики радиолокаторов подповерхностного зондирования. Его расчет должен выполняться с использованием следующего уравнения:

$$\alpha = 2\pi f \sqrt{\frac{\mu \varepsilon_0 \varepsilon_s}{2} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{2\pi f \varepsilon_0 \varepsilon_s} \right)^2} - 1 \right)}$$

где

α — коэффициент затухания, выраженный в неперах на метр (Нп·м⁻¹);

ε_0 — абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума; ее величина равна $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф·м⁻¹;

ε_s — эффективная относительная диэлектрическая проницаемость грунта; используется значение, измеренное согласно описанию, приведенному в статье В.4;

σ — эффективная электрическая проводимость грунта; используется значение, измеренное согласно описанию, приведенному в статье В.5;

f — частота, на которой проводилось измерение характеристик грунта;

μ — эффективная магнитная проницаемость грунта; можно использовать значение $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Гн·м⁻¹, соответствующее вакууму.

ПРИМЕЧАНИЕ. Если абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума выражена в Ф·м⁻¹, эффективная относительная диэлектрическая проницаемость грунта — в единицах СИ, эффективная электрическая проводимость грунта — в См·м⁻¹, частота — в Гц, а эффективная магнитная проницаемость грунта — в Гн·м⁻¹, указанное выше уравнение предоставляет значение коэффициента затухания, выраженное в Нп·м⁻¹.

Коэффициент затухания следует выражать в неперах на метр (Нп·м⁻¹). Кроме того, он может быть выражен в децибелах на метр (дБ·м⁻¹). Значение коэффициента затухания, выраженное в дБ·м⁻¹ соотносится со значением, выраженным в Нп·м⁻¹ следующим образом:

$$\alpha_B = 8,686 \alpha_N$$

где

α_B — численное значение коэффициента затухания, выраженное в децибелах на метр (дБ·м⁻¹);

α_N — численное значение коэффициента затухания, выраженное в неперах на метр (Нп·м⁻¹).

ПРИМЕР. На рис. В.4 показано, как изменяется коэффициент затухания в зависимости от эффективной относительной диэлектрической проницаемости и эффективной электрической проводимости на двух частотах: 500 МГц и 1 ГГц.

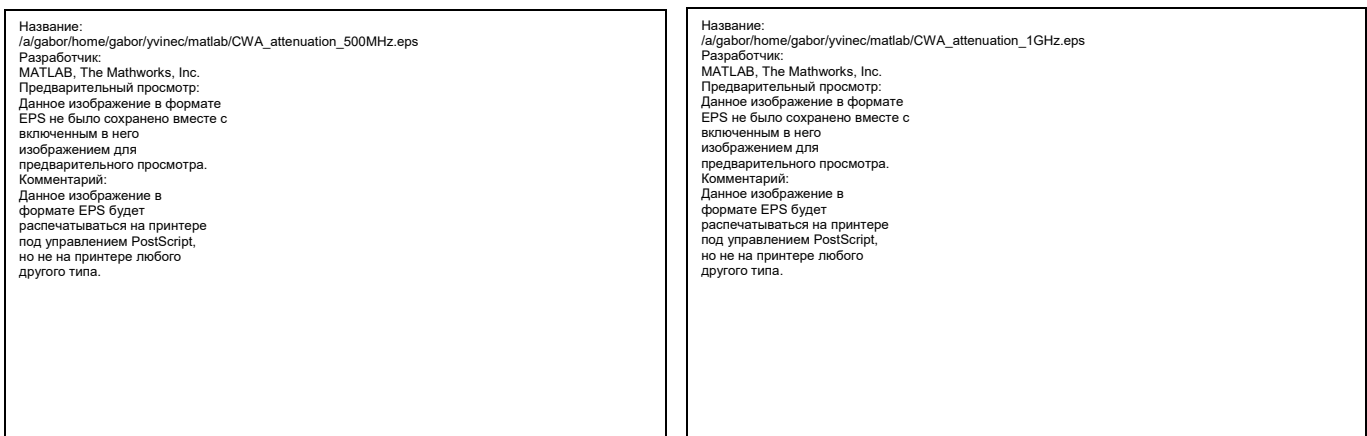


Рисунок В.4. Зависимость коэффициента затухания эффективной относительной диэлектрической проницаемости и эффективной электрической проводимости при 500 МГц (слева) и 1 ГГц (справа). На кривой представлены значения коэффициента затухания (выраженные в Нп·м⁻¹).

В.7 Характеристическое волновое сопротивление грунта

Характеристическое волновое сопротивление грунта оказывает влияние на радиолокаторы подповерхностного зондирования и рассчитывается в соответствии с уравнением:

$$|Z_s| = \left| \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon_0 \epsilon_S}} (1 + \tan^2 \delta_E)^{-\frac{1}{4}} \right| \text{ при } \tan \delta_E = \frac{\sigma}{2\pi f \epsilon_S}$$

где

μ — магнитная проницаемость грунта; можно использовать значение $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Гн·м⁻¹;

ϵ_0 — диэлектрическая проницаемость вакуума; ее величина равна $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф·м⁻¹;

ϵ_S — эффективная относительная диэлектрическая проницаемость грунта; используется значение, измеренное согласно описанию, приведенному в статье В.4;

σ — эффективная электрическая проводимость грунта; используется значение, измеренное согласно описанию, приведенному в статье В.5;

f — частота, на которой проводилось измерение характеристик грунта.

Характеристическое волновое сопротивление должно быть выражено в омах (Ом).

ПРИМЕЧАНИЕ. Характеристическое волновое сопротивление грунта можно сравнить с сопротивлением передаче звуковых волн в воздухе; оно может быть вычислено по формуле $\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$, а результат будет равен примерно 377 Ом. Эту величину можно

сравнить с характеристическим волновым сопротивлением мины. Характеристическое волновое сопротивление мины можно вычислить, используя уравнение характеристического волнового сопротивления грунта, которое приведено выше при $\tan \delta_E = 0,001$, если изменить ϵ_S на $\epsilon_T = 2,5$; данное значение является типичным для взрывчатых веществ. Это дает результат 238 Ом. Чтобы сопоставить два значения характеристического волнового сопротивления для двух сред (грунта и воздуха либо грунта и мины), можно использовать коэффициент отражения. Аппроксимация осуществляется следующим образом:

$$R = \frac{|Z_2| - |Z_1|}{|Z_2| + |Z_1|}$$

где

$|Z_1|$ — характеристическое волновое сопротивление первой среды, выраженное в омах (Ом);

$|Z_2|$ — характеристическое волновое сопротивление второй среды, выраженное в омах (Ом).

В.8 Размер электрического объекта

Размер электрического объекта в грунте важен с точки зрения эксплуатационных характеристик радиолокатора подповерхностного зондирования. Эта величина может быть вычислена по приведенной ниже формуле:

$$S = Df \sqrt{\mu \epsilon_0 \epsilon_s}$$

где

- D — характеристический размер объекта, выраженный в метрах (м);
- f — частота, на которой работает GPR;
- μ — эффективная магнитная проницаемость грунта; может использоваться значение $4 \cdot 10^{-7}$ Гн·м⁻¹;
- ϵ_0 — диэлектрическая проницаемость вакуума; ее величина равна $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф·м⁻¹;
- ϵ_s — эффективная относительная диэлектрическая проницаемость грунта; используется значение, измеренное согласно описанию, приведенному в статье В.4.

Должен быть зарегистрирован характеристический размер, выбранный для объекта.

В.9 Шероховатость поверхности

В.9.1 Принцип

Шероховатость поверхности — это результат измерения мелкомасштабной вариации профиля поверхности грунта. Если грунт создает трудности в обеспечении нормальной работы металлодетектора, то значительная шероховатость поверхности усугубит эти трудности. В общем случае шероховатость поверхности оказывает на эксплуатационные характеристики радиолокатора подповерхностного зондирования большее влияние, чем на характеристики металлодетектора.

Для достижения высокой точности рекомендуется применение лазерного дальномера.

Ниже описывается метод, который может использоваться по усмотрению пользователя.

ПРИМЕЧАНИЕ. Наряду с термином «шероховатость поверхности» также может употребляться термин «микрорельеф поверхности».

В.9.2 Оборудование

Для выполнения данной процедуры требуется игольчатый профилометр.

В состав игольчатого профилометра входит деревянная доска длиной 1 м с закрепленным в ее основании алюминиевым стержнем. Для обеспечения горизонтального положения профилометра требуются две стойки и пузырьковый уровень. В стержне имеются отверстия, сквозь которые проходят алюминиевые иглы. Расстояние между иглами зависит от частоты (максимальной), на которой работает радиолокатор подповерхностного зондирования:

$$d = \frac{c}{10f} = \frac{\lambda}{10}$$

где

- d — численное значение расстояния между отверстиями, выраженное в метрах (м);
- f — численное значение частоты (максимальной) радиолокатора подповерхностного зондирования, выраженное в герцах (Гц);
- λ — численное значение длины волны (минимальной) радиолокатора подповерхностного зондирования, выраженное в метрах (м).



Рисунок В.5. Игольчатый профилометр

См. рис. В.6 и рис. В.7.

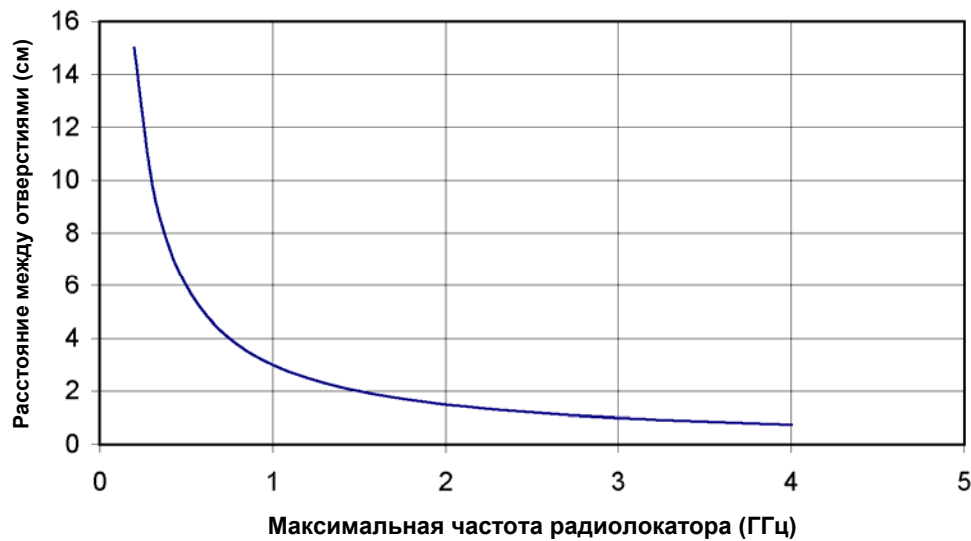


Рисунок В.6. Зависимость расстояния между отверстиями от максимальной частоты GPR



Рисунок В.7. Зависимость количества игл, приходящегося на 1 м длины стержня, от максимальной частоты GPR

ПРИМЕР. Если радиолокатор подповерхностного зондирования работает в диапазоне частот от 1 до 3 ГГц. Максимальная частота $f = 3 \times 10^9$ Гц и, следовательно, $d = 3 \times 10^7 / 3 \times 10^9 = 0,01$ м. Тогда количество игл (отверстий) на 1 м длины стержня, находящихся на расстоянии 1 см друг от друга, будет равно 101.

В.9.3 Процедура

При выполнении установки профилометра:

- Выберите участок шириной 1 м с незначительной растительностью или без нее.
- Поместите профилометр (с установленными иглами) на грунт. Вершины игл будут описывать профиль грунта под доской. Следует заметить, что в случае, если грунт на поверхности рыхлый (порошкообразный, очень сухой) или очень мокрый, нижние концы игл могут проникать вглубь поверхности грунта. Если имеет место такая ситуация, упомяните об этом в протоколе.

- с) Поместите ленту на том же уровне, что и максимальная высота вершин игл.
- д) Поместите ленту на том же уровне, что и минимальная высота вершин игл.
- е) Поместите ленту на уровне, расположенном посередине между максимальной и минимальной высотой вершин игл. Эта лента будет указывать нулевой уровень.

Используя линейку, измерьте, а затем зарегистрируйте все координаты вершин игл относительно нулевого уровня. Те вершины, которые расположены над нулевым уровнем, будут иметь положительные значения координат, а те, которые ниже, — отрицательные.

В.9.4 Отчетность

Шероховатость поверхности должна регистрироваться согласно формуле:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \text{ при } \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i.$$

- Где
- σ — среднеквадратичное значение, характеризующее шероховатость поверхности, выраженное в метрах (м);
 - N — количество игл;
 - x_i — положение вершины i -й иглы, выраженное в метрах (м).

Также может быть представлена кривая, построенная по значениям для соответствующих x_i .

В.10 Содержание воды в грунте

В.10.1 Принцип

Содержание воды в грунте — это фактор, оказывающий наибольшее влияние на эффективную относительную диэлектрическую проницаемость грунта. Поскольку содержание воды в грунте может изменяться во времени, должны проводиться регулярные измерения, по меньшей мере ежедневно, в начале и в конце каждого испытания. В общем случае содержание воды в грунте влияет на эксплуатационные характеристики радиолокаторов подповерхностного зондирования и металлодетекторов в отдельных случаях, например при работах на солончаковых грунтах.

ПРИМЕЧАНИЕ. Содержание воды в грунте также может называться содержанием влаги в грунте.

В.10.2 Измерение содержания воды в грунте в полевых условиях

- **Рекомендуемый метод:** с использованием зонда с емкостным преобразователем / рефлектометра для наблюдения за формой отраженного сигнала (TDR)

Содержание воды в грунте можно измерить прямо в полевых условиях, используя для этого непосредственные показания измеренной емкости или рефлектометра для наблюдения за формой отраженного сигнала (TDR). Зонд TDR следует использовать в соответствии с процедурами, рекомендованными его производителем.

- **Метод, который может применяться по усмотрению пользователя:** без измерительных приборов

Данный метод может применяться для локальной характеристики содержания воды в грунте на различных глубинах.

- а) Возьмите из поверхностного слоя образец грунта размером с шар диаметром 4 см.
- б) Выполните простые испытания, перечисленные в табл. В.1.

Таблица В.1. Классификация состояния грунтов по содержанию в них воды (источник: [9], табл. 57)

Действия				
	Измельчение	Придание формы (шара)	Увлажнение после добавления ложки воды	Класс содержания воды
Результаты	Порошкообразный или твердый	Невозможно, может потребоваться нагрев	Становится очень темным	Очень сухой
	Не создает пыли	Невозможно, может потребоваться нагрев	Становится темным	Сухой
	Не создает пыли	Возможно (это не песок)	Становится слегка темным	Слегка влажный
	Липкий	Смачивает и охлаждает палец, слабо поблескивает	Не меняет цвет	Влажный
	Содержит воду в свободном состоянии	Капли воды	Не меняет цвет	Сырой
	Содержит воду в свободном состоянии	Капли воды, не измельчается	Не меняет цвет	Очень сырой
ПРИМЕЧАНИЕ. Этот метод оценки жесткости грунта является очень приблизительным; в конкретных случаях жесткость грунта зависит от содержания воды в различных текстурах грунта.				

Процедуру следует повторить для образцов, взятых из подповерхностного слоя (с глубины 10—15 см), с одного и того же квадратного метра и с одного участка (либо с близлежащего) таким же образом, как и при отборе образца с поверхности.

ПРИМЕЧАНИЕ. Такой вариант обеспечивает весьма приблизительную точность результата, и к его применению следует привлекать квалифицированный персонал.

В.10.3 Оценивание неоднородности содержания воды

Содержание воды в грунте должно измеряться на участке площадью один квадратный метр с использованием зонда с емкостным преобразователем / рефлектометра для наблюдения за формой отраженного сигнала (TDR).

Различия в результатах измерения содержания воды в грунте нескольких образцов позволяет получить характеристику изменчивости содержания воды в определенном горизонте, а также изменчивости содержания воды в вертикальном разрезе. Эти параметры очень важны, поскольку грунты с высокой степенью неоднородности (в горизонтальном, вертикальном или обоих направлениях) могут приводить к получению металлодетектором отраженных сигналов, которые могут интерпретироваться как индикация сигнала тревоги.

Горизонтальная изменчивость содержания воды в грунте на его поверхности должна оцениваться путем вычисления разности между самым высоким и самым низким значением содержанием воды в грунте, измеренным на поверхности.

Горизонтальная изменчивость содержания воды в грунте на подповерхностном уровне может оцениваться путем вычисления разности между самым высоким и самым низким значением содержания воды в грунте, измеренным в подповерхностном слое на одной и той же глубине.

Вертикальная изменчивость содержания воды в грунте может оцениваться путем выполнения следующей процедуры:

- a) выкопайте яму глубиной 50 см;
- b) измерьте содержание воды в грунте в поверхностном и подповерхностном слоях, используя для этого TDR;
- c) вычислите абсолютную величину разности между значениями содержания воды в поверхностном и подповерхностном слоях.

ПРИМЕЧАНИЕ. Ожидается, что изменчивость содержания воды в грунте в вертикальном направлении будет относительно постоянной при сопоставлении результатов, полученных в разных точках отбора образцов. В связи с этим достаточным будет оценивание в одной точке.

Пространственная изменчивость содержания воды в грунте должна измеряться согласно указаниям, приведенным в статье В.2.4.

В.10.4 Измерение содержания воды в грунте в лабораторных условиях

В.10.4.1 Общие положения

Содержание воды может быть оценено в лабораторных условиях путем высушивания образцов и определения относительной массы высвободившейся воды [22]. В протокол должны быть внесены результаты измерения как массового, так и объемного содержания воды в грунте.

Специальное оборудование:

- образцы грунта;
- печь, обеспечивающая температуру 105° С (или микроволновая печь);
- весы (точность 0,1 г);
- контейнеры, предназначенные для использования в печи.

Для отбора образцов нарушенного и ненарушенного грунта:

- цилиндрические трубки с крышками, так называемые инструменты для вырезания образцов грунта;
- нож с плоским лезвием или шпатель;
- герметичные пластиковые пакеты;
- маркер.

Процедура измерения содержания воды в грунте в лабораторных условиях:

- а) взятие полевого образца ненарушенного грунта;
- б) измерение массы взятого образца;
- с) сушка образца при температуре 105° С до тех пор, пока масса не перестанет снижаться (см. ниже);
- д) измерение массы сухого грунта на выходе;
- е) оценка содержания воды в грунте (см. ниже).

Для этого измерения требуются весы, обладающие точностью 0,1 г.

В случае отсутствия специальной печи, работающей при температуре 105° С, для выполнения **сушки** можно использовать микроволновую печь:

- I) Измерьте массу взятого образца.
- II) Поместите образец грунта в микроволновую печь и проведите сушку в виде четырехминутных циклов на полной мощности, пока не прекратится снижение массы. В перерыве между циклами открывайте дверцу микроволновой печи на одну минуту, чтобы обеспечить вентиляцию.
- III) Измерьте массу сухого грунта.
- IV) Зарегистрируйте значения массы и разности между массой сухого грунта и массой в состоянии взятой пробы для получения оценочной величины массы воды.
- V) Оцените содержание воды в грунте (см. ниже).

В.10.4.2 Массовое содержание воды в грунте

После этого массовое содержание воды в грунте рассчитывается по формуле:

$$\theta_g = \frac{m_{wet} - m_{dry}}{m_{dry}}$$

где

θ_g — массовое содержание воды в грунте;

m_{dry} — масса грунта, высушенного в печи;

m_{wet} — масса влажного грунта.

Данную процедуру следует повторить для других образцов грунта (отобранных на различных глубинах и в различных точках участка).

В.10.4.3 Объемное содержание воды в грунте

Объемное содержание воды в грунте измеряется по образцу ненарушенного грунта, полученному с помощью ручного инструмента для отбора образцов методом их вырезания из толщи грунта.

Эта величина должна быть рассчитана по формуле:

$$\theta_v = \theta_g \frac{\rho_b}{\rho_w}$$

где

θ_v — объемное содержание воды в грунте;

θ_g — массовое содержание воды в грунте согласно оценке, представленной в статье В.10.4.2; В.10.4.2;

ρ_b — объемная плотность грунта;

ρ_w — плотность воды при определенной температуре.

ПРИМЕЧАНИЕ. Объем воды можно вычислить по ее массе в образце ненарушенного грунта или по образцу нарушенного грунта при известной объемной плотности.

В.11 Документирование погодных условий

Специальное оборудование: не предусмотрено (по усмотрению пользователя: термометр).

Погодные условия в ходе испытаний, а также за несколько дней или недель до испытания по определению влияния содержания воды в грунте. Таким образом, эти данные должны быть внесены в протокол. Помимо этого, следует задокументировать преобладающие общие погодные условия и температуру воздуха во время испытаний, а также в недалеком прошлом (см. табл. В.2).

Таблица В.2. Коды обозначения погодных условий

Текущие погодные условия
Солнечно/ясно
Переменная облачность
Пасмурно
Дождь
Дождь со снегом
Снег
Недавние погодные условия
Отсутствие дождей за прошлый месяц
Отсутствие дождей за прошлую неделю
Отсутствие дождей за прошедшие 24 часа
Дождливая погода без ливня за прошедшие 24 часа
Более сильный дождь в течение нескольких дней или ливневый шторм за прошедшие 24 часа
Чрезвычайно дождливый период или таяние снега

В.12 Текстура грунта

В.12.1 Общие положения

Текстура грунта определяется процентным содержанием глины, ила и песка в грунте. Грунты с преимущественным содержанием зерен глинистых фракций могут обладать более высокой эффективной электрической проводимостью, чем грунты с большим процентным содержанием ила или песка. Они также имеют склонность к большему содержанию воды, что оказывает влияние на их эффективную относительную диэлектрическую проницаемость.

В более общем смысле при характеристике текстуры грунта следует также принимать во внимание материалы с более крупным размером зерен, такие как гравий и щебень, которые потенциально могут быть важным источником помех и шумов, исходящих от грунта в ходе обнаружения мин.

В.12.2 Оценивание текстуры грунта в полевых условиях

Оценивание текстуры грунта в полевых условиях может быть выполнено методом качественной оценки компонентов грунта. Для этой цели необходим образец грунта (размер: 4 см в диаметре) во влажном или мокром состоянии согласно описанию, приведенному в табл. В.1. Гравий и другие компоненты с диаметром зерна более 2 мм должны быть удалены (вручную).

Компоненты имеют следующие признаки сходства.

- **С глиной:** грунты обладают сцеплением (липкие), способны принимать определенную форму, имеют высокую пластичность и блестящую поверхность после продавливания сквозь пальцы.
- **С илом:** грунты не являются липкими, лишь слегка поддаются формованию, имеют грубую, несплошную поверхность после продавливания сквозь пальцы, по ощущениям очень мучнисты (как порошок талька).
- **С песком:** не поддаются формованию и имеют высокую зернистость.

В табл. В.3 описывается метод оценивания процентного содержания глины и характеристики грунта.

Таблица В.3. Классификация текстуры грунта

Испытание	Класс	Процентное содержание глины
1 Невозможно скатать валик диаметром около 7 мм (как карандаш)		
1.1 Не оставляет загрязнений, не мучнист, мелкий материал не забивается в борозды на пальцах	Песок	Менее 5
1.2 Не мучнистый, зернистый, мелкий материал почти не забивается в борозды на пальцах, слабо поддается формованию, слегка прилипает к пальцам	Супесок	Менее 12
1.3 Подобен 1.2, но умеренно мучнистый	Песчанистый суглинок (низкое содержание глины)	Менее 10
2 Поддается скатыванию в валик диаметром от 3 до 7 мм, но ломается при попытке скатать валик диаметром от 2 до 3 см, умеренная способность к сцеплению, прилипает к пальцам		
2.1 Очень мучнистый и не клейкий, а также: Некоторые зерна осязаются	Илистый суглинок (низкое содержание глины)	Менее 10
Зерна не осязаются.....	Ил	Менее 12
2.2 Умеренная способность к сцеплению, прилипает к пальцам, имеет грубую несплошную поверхность после продавливания сквозь пальцы, а также: Весьма зернистый и не липкий	Песчанистый суглинок (высокое содержание глины)	От 10 до 25
Умеренные зерна песка.....	Суглинок	От 8 до 27
Незернистый, но явно мучнистый и слегка липкий	Илистый суглинок (высокое содержание глины)	От 10 до 27
2.3 Шероховатая и умеренно блестящая поверхность после продавливания сквозь пальцы, липкий материал от зернистого до весьма зернистого	Песчанистый тяжелый суглинок	От 20 до 35
3 Можно скатать валик диаметром около 3 мм		
3.1 Весьма зернистый.....	Песчанистая глина	От 35 до 55
3.2 Некоторые зерна заметны визуально и осязаются, скрипят на зубах, а также: Умеренная пластичность, умеренно блестящая поверхность.....	Тяжелый суглинок	От 25 до 40

Высокая пластичность, блестящая поверхность	Глина	От 40 до 60
3.3 Отсутствие зерен, заметных визуально или на ощупь, не скрипит на зубах, а также:		
Низкая пластичность	Илистый тяжелый суглинок	От 25 до 40
Высокая пластичность, умеренно блестящая поверхность.....	Илистая глина	От 40 до 60
Высокая пластичность, блестящая поверхность	Тяжелая глина	Более 60

В.12.3 Оценивание текстуры грунта в лабораторных условиях

Текстура грунта зависит от размера зерна. Могут применяться лабораторные методы для измерения распределения зерен в зависимости от размера [22].

Специальное оборудование: доступ к специализированным лабораториям

Размер частиц может быть измерен в специализированной лаборатории методом осадения, просеивания или микрометрии. Частицы грунта группируются в зависимости от их размера в глину (менее 0,002 мм), ил (от 0,002 до 0,63 мм) и песок (от 0,63 до 2 мм). Результаты градации грунтов выражаются в процентах (%) содержания глины, ила и песка. Текстура может классифицироваться в соответствии с треугольником текстур грунта, который представлен на рис. В.8.

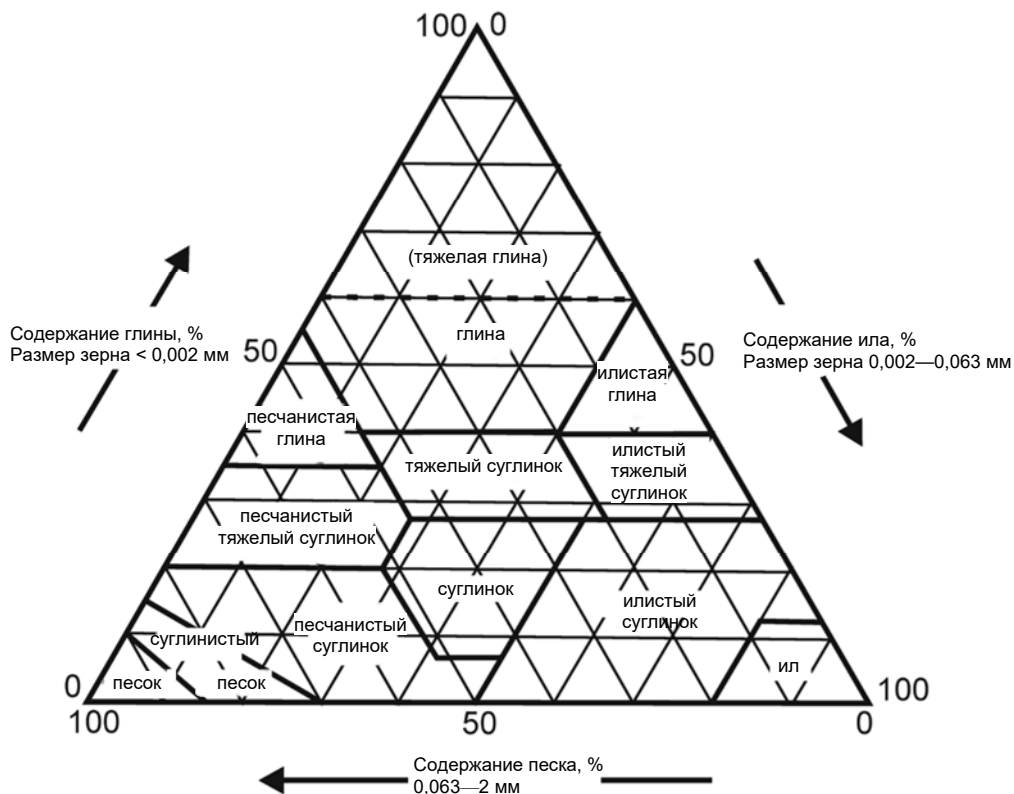


Рисунок В.8. Треугольник текстур грунта (треугольник Ферре) (источник: по материалам работы [24])

ПРИМЕР. Грунт, в котором содержится 20% глины, 30% ила и 50% песка, называется суглинком и показан на рис. В.9.

Название:
texturaltriangle_ex.fig
Разработчик:
fig2dev, версия 3.2, редакция 4
Предварительный просмотр:
Данное изображение в формате EPS не было
сохранено вместе с включенным в него
изображением для предварительного
просмотра.
Комментарий:
Данное изображение в формате EPS будет
распечатываться на принтере под
управлением PostScript, но не на принтере
любого другого типа.

Рисунок В.9. Пример применения треугольника Ферре для грунта с содержанием 20% глины, 30% ила и 50% песка

ПРИМЕЧАНИЕ. Более точные измерения размера частиц грунта (процентное содержание глины, ила и песка) можно провести в лабораторных условиях. Минералогия глин может быть определена по результатам рентгенографии в лабораторных условиях. Емкость катионного обмена можно оценить в лабораторных условиях с применением стандартизованных методов [22]. Применение этих методов не рекомендуется в связи с их дороговизной и большой трудоемкостью.

В.13 Описание растительного покрова

Специальное оборудование: не предусмотрено.

Растительный покров является важным фактором, определяющим эксплуатационные характеристики радиолокатора подповерхностного зондирования, поскольку он может способствовать рассеиванию сигнала радиолокатора и/или приводить к ложным срабатываниям сигналов тревоги. В табл. В.4 предложены коды для описания растительного покрова. В соответствии со стандартными рабочими процедурами очистки от мин может потребоваться срезание кустарника и скашивание травы. Когда это уместно, данную информацию следует привести, а если возможно, следует внести в протокол описание состояний перед удалением растительности и после выполнения этой операции.

Таблица В.4. Список кодов для описания характера растительного покрова

Коды для описания характера растительного покрова
Высокие деревья
Средние деревья
Низкие деревья
Высокий кустарник
Средний кустарник
Низкий кустарник
Высокая трава (выше 15 см)
Средняя трава (от 5 до 15 см)
Низкая трава (ниже 5 см)

Кроме того, следует зарегистрировать другую информацию в отношении растительного покрова, такую как густота растительности (см. табл. В.5).

Таблица В.5. Классификация густоты растительности (площадь поверхности, покрытой растительностью)

Площадь поверхности, покрытой растительностью, %	Класс густоты растительности
0	Отсутствие
От 0 до 5	Незначительная
От 5 до 15	Обычная
От 15 до 40	Значительная
Более 40	Обильная

В.14 Описание корней

Специальное оборудование: не предусмотрено.

В случае выявления среди прочей растительности деревьев и кустарника важным моментом является регистрация размеров корней, а также их распространенности и густоты с использованием классификации «значительная» или «обильная». Классификация представлена в табл. В.6.

Таблица В.6. Классификация в зависимости от диаметра корней

Диаметры корней, см	Наименование
Менее 0,5	Весьма тонкие
От 0,5 до 2,0	Тонкие
От 2,0 до 5,0	Средние
Более 5,0	Крупные

Обилие корней является важным фактором в случае выявления корней средних и крупных размеров. Их можно сравнивать с корнями того же размера и класса; в качестве единиц измерения используется количество корней на квадратный метр. Эта величина может быть определена выкапыванием не менее четырех ям глубиной 10—15 см на площади 1 кв. м.

Таблица В.7. Классификация в зависимости от распространенности корней

Количество корней на квадратный метр...		Классификация в зависимости от распространенности корней
...если диаметр корня находится в диапазоне 2—5 см:	...если диаметр корня превышает 5 см:	
От 1 до 5	От 1 до 2	Незначительная
От 5 до 20	От 2 до 5	Обычная
Более 20	Более 5	Значительная

В.15 Описание наличия скальных пород

Специальное оборудование: не предусмотрено.

Классификация представлена в табл. В.8.

Таблица В.8. Классификация фрагментов скальных пород

Наибольший размер, см	Наименование
От 0,2 до 0,6	Мелкий гравий
От 0,6 до 2,0	Средний гравий
От 2,0 до 6,0	Крупный гравий
Более 6,0	Камень

Процентная доля площади, покрытой фрагментами скальной породы, является важным фактором в случаях, если были выявлены крупный гравий и камни. Процентная доля покрытия поверхности может регистрироваться (см. табл. В.9) по результатам внешнего осмотра поверхности. При этом может быть зарегистрирована дополнительная информация в отношении распространенности камней в подповерхностном слое по результатам выкапывания не менее 4 ям глубиной 10—15 см на площади 1 кв. м.

Таблица В.9. Доля поверхности, покрытой фрагментами скальных пород

Доля поверхности, покрытой фрагментами скальных пород, %	Наименование
От 0 до 5	Незначительная
От 5 до 15	Обычная
От 15 до 40	Значительная
Более 40	Обильная

В.16 Оценивание наличия трещин на поверхности

Специальное оборудование: не предусмотрено.

Трещины на поверхности создают неоднородности в ее смачивании, а также формируют преимущественные течения; таким образом, они могут влиять на изменчивость содержания воды в грунте (см. статью В.10.3). Кроме того, широкие и глубокие трещины могут формировать отличный от стандартного отраженный сигнал радиолокатора подповерхностного зондирования, который может интерпретироваться как сигнал тревоги. Наличие трещин может быть оценено в процессе внешнего осмотра. Вариацию значений ширины и глубины поверхностных трещин, а также расстояний между ними можно классифицировать в соответствии со значениями, приведенными в табл. В.10, В.11 и В.12.

Таблица В.10. Классификация 1 поверхностных трещин: по ширине

Ширина, см	Класс
Менее 1	Тонкие
От 1 до 2	Средние
От 2 до 5	Широкие
Более 5	Весьма широкие

Таблица В.11. Классификация 2 поверхностных трещин: расстояние между трещинами

Расстояние между трещинами, см	Класс
Менее 2	Весьма близкое расположение
От 2 до 5	Близкое расположение
От 5 до 20	Умеренно дальнее расположение
Более 20	Дальнее расположение

Таблица В.12. Классификация 3 поверхностных трещин: по глубине

Глубина см	Класс
Менее 2	Поверхностные
От 2 до 5	Средней глубины
От 5 до 20	Глубокие
Более 20	Весьма глубокие

Приложение С (Нормативное) Подготовка протоколов. Описание грунтов

С.1 Общие положения

При подготовке протоколов измерений характеристик грунта должна быть как можно точнее описана соответствующая процедура. Должно быть приведено описание измерительных приборов, а также их рабочих частот.

В дополнение к информации, приведенной в приложении В, для описания грунтов и указания соответствующей информации в протоколах испытаний могут использоваться представленные ниже формы.

С.2 Идентификация объекта

Наименование объекта:	
Местоположение объекта:	
Координаты	
Дата:	
Фамилия и имя эксперта:	

С.3 Общее описание

Форма рельефа на объекте:	Долина	
	Всхолмленная равнина	
	Крутые склоны	
	Гора	
	Плоскогорье	
	Низменность	
	Другое (укажите)	

Склон:	Пологий (0—2%)	
	Покатый (2—20%)	
	Крутой (более 20%)	

Растительный покров:	Лес	
	Редколесье	
	Кустарник	
	Низкорослый кустарник	
	Травянистый покров	
	Без растительности	
	Являются грунт и растительность мокрыми? Да/нет	
	Другое (укажите)	

С.4 Состояние поверхности

Цвет грунта:	Черный	
	Серый	
	Темно-коричневый	
	Коричневый	
	Светло-коричневый	
	Желтый	
	Светло-желтый	
	Красный	
	Другое (укажите)	

Форма поверхности:	Плоская	
	Плоская с коркой	
	Шероховатая	
	Насыпная	

С.5 Подповерхностные условия

Цвет грунта:	Черный	
	Серый	
	Темно-коричневый	
	Коричневый	
	Светло-коричневый	
	Желтый	
	Светло-желтый	
	Красный	
	Другое (укажите)	

С.6 Снимки

Были сделаны снимки?	Объекта	
	Поверхности	
	Разрез почвы или профиль	

На снимках должны быть представлены:

- общая картина ландшафта;
- снимок участка площадью 1 м², сделанный при солнечном свете с объектом, позволяющим оценить масштаб;
- снимок с указанием масштаба, сделанный при солнечном свете после выкапывания ям;
- снимок образца грунта на белом фоне вместе с объектом, позволяющим оценить масштаб.

ПРИМЕР. Для индикации масштаба снимка могут использоваться линейки, ручки и т. д.

С.7 Другие наблюдения

Другие наблюдения	
Используется карта или схема объекта?	

Приложение D (Нормативное)

Измерение влияния грунта на определенный металлодетектор

D.1 Общие положения

Описываются три испытания.

- Сравнение значений интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги и вероятности обнаружения, полученных для интересующего и нейтрального грунта, — в статье D.4.
- Сравнение только значений интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги, полученных для интересующего и нейтрального грунта, — в статье D.5.
- Оценка глубины обнаружения и ее дисперсии — в статье D.6.

В большинстве случаев испытание, описанное в статье D.6, может быть проведено с истинной испытательной мишенью в воздухе над поверхностью грунта. Это в значительной степени упрощает проведение испытания, поскольку нет нужды в закладке истинной испытательной мишени в грунт. Для этого требуется обеспечение действенности ряда допущений. Первое описание этих допущений представлено в статьях D.2 и D.3 вместе с ожидаемыми пределами, в которых сохраняется их справедливость, и процедурами проверки.

Если допущения не выполняются, можно по-прежнему провести испытание, описанное в статье D.6, но истинные испытательные мишени необходимо закладывать в грунт.

Эти испытания должны проводиться в тех случаях, когда грунт оказывает недетерминированное влияние на обнаружение. В противном случае должно проводиться испытание, описанное в статье 5.2.

D.2 Допущение о симметричности

D.2.1 Обоснование

Если требуется упростить испытание, описанное в статье D.6, за счет установки истинной испытательной мишени в воздухе над поверхностью грунта, должно выполняться допущение о симметричности. Это в значительной степени упрощает проведение испытания, поскольку нет нужды в закладке истинной испытательной мишени в грунт. Если допущение не выполняется, это испытание по-прежнему можно провести, но истинные испытательные мишени необходимо закладывать в грунт.

D.2.2 Определение

Допущение о симметричности требует, чтобы плоскость катушки была плоскостью симметрии для магнитного поля. Если это справедливо, отраженный от мины сигнал под металлодетектором будет идентичным сигналу, отраженному от зеркально расположенной мины над металлодетектором, как показано на рис. D.1.

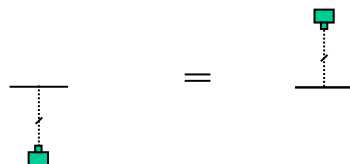


Рисунок D.1. Допущение о симметричности

ПРИМЕЧАНИЕ. С практической точки зрения невозможно в общем случае найти «зеркальную мину», в связи с чем вместо нее будет использоваться исходная мина, перевернутая вверх дном. Это не будет создавать каких-либо различий, поскольку возможности обнаружения «зеркальной мины» и мины, перевернутой вверх дном, следует рассматривать как идентичные.

D.2.3 Справедливость допущения о симметричности

На расстоянии в несколько сантиметров сведения о поведении обмотки катушки утрачивают достоверность, и она формирует такое же поле, как плоская одновитковая катушка. Если реализуется такой случай и материал головки металлодетектора не является магнитным и проводящим, можно показать, что справедливость допущения о симметричности сохраняется, используя для этого соотношение между током и магнитным полем. Таким образом, предполагается, что допущение будет справедливо для всех металлодетекторов. В комбинированных подповерхностных обнаружителях антенны радиолокаторов подповерхностного зондирования выполняются из металла, что может внести искажения в результирующее магнитное поле металлодетектора. Если искажение является значительным, допущение о симметричности применяться не должно.

D.2.4 Испытание на справедливость допущения о симметричности

В случае сомнений можно использовать представленную здесь процедуру для проверки этого допущения. Необходимо заметить, что допущение о симметричности никогда не применяется как единственное. Его применение бывает полезным лишь в случае, если также справедливо допущение об отсутствии взаимного влияния. В процедуре, которая описана в статье D.3, представлено испытание с применением обоих допущений. Таким образом, процедуру испытания на справедливость допущения о симметричности следует применять только в тех случаях, когда имеется уверенность в справедливости допущения об отсутствии взаимного влияния, но есть сомнения в отношении допущения о симметричности.

Испытание в воздухе, которое определено в документе CWA 147471, 6.4.2, должно проводиться с истинной испытательной мишенью ниже уровня поверхности и с перевернутой вверх дном мишенью над уровнем головки металлодетектора. Также могут использоваться другие металлы или специальные истинные испытательные мишени (см. документ CWA 147471, 6.5.3 и 6.6), но при этом в идеальном случае следует проследить, чтобы полученные значения дальности обнаружения охватывали интересующие расстояния для испытания, приведенного в статье D.6.

Если допущение о симметричности справедливо, следует обеспечить совместимость разности между двумя кривыми с погрешностями эксперимента. Значение погрешности должно быть оценено и разъяснено в документе CWA 147471, 6.3.3.

D.3 Допущение об отсутствии взаимного влияния

D.3.1 Обоснование

Если требуется упростить испытание, описанное в статье D.6, за счет установки истинной испытательной мишени в воздухе над поверхностью грунта, должно выполняться допущение об отсутствии взаимного влияния. Это в значительной степени упрощает проведение испытания, поскольку нет нужды в закладке истинной испытательной мишени в грунт. Если допущение не выполняется, это испытание по-прежнему можно провести, но истинные испытательные мишени необходимо закладывать в грунт.

D.3.2 Определение

Если величины эффективной электрической проводимости и магнитной восприимчивости грунта достаточно малы, сигналы, отраженные от грунта и от истинной испытательной мишени, не будут оказывать взаимного влияния друг на друга. Как показано на рис. D.2, это означает, что суммарный отраженный сигнал будет представлять собой сумму следующих величин:

- сигнал, отраженный от истинной испытательной мишени в воздухе;
- сигнал, отраженный от грунта при отсутствии истинной испытательной мишени.

ПРИМЕЧАНИЕ. Рассматриваемый отраженный сигнал представляет собой напряжение, возбуждаемое в приемной катушке. Для отраженного сигнала, прошедшего обработку, а также для аудиосигнала суммарное значение отраженного сигнала не обязательно равно сумме отдельных составляющих, поскольку обработка сигнала может носить нелинейный характер (нелинейность первого усилителя, нелинейность кодирования аудиосигнала и т. д.).

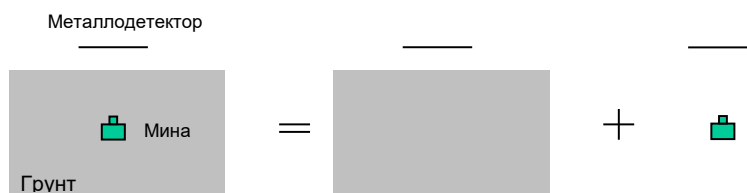


Рисунок D.2. Допущение об отсутствии взаимного влияния

Если допущения о симметричности и об отсутствии взаимного влияния справедливы, испытание с использованием истинной испытательной мишени можно проводить в воздухе, что дает возможность в значительной степени ускорить процедуру в связи с отсутствием необходимости в закладке истинной испытательной мишени в грунт. Сказанное выше проиллюстрировано на рис. D.3.

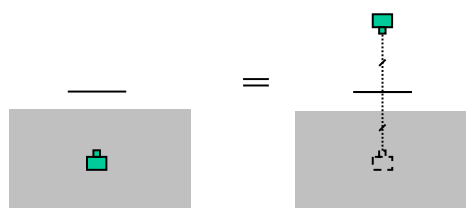


Рисунок D.3. Допущения о симметричности и об отсутствии взаимного влияния

D.3.3 Справедливость допущения об отсутствии взаимного влияния

Теоретические результаты, представленные в работах [8] и [7], наводят на мысль о том, что для большинства грунтов следует обеспечивать достаточно низкие значения магнитной восприимчивости и эффективной электрической проводимости, чтобы было справедливым допущение об отсутствии взаимного влияния. Необходимо заметить, что допущение об отсутствии взаимного влияния всегда используется вместе с допущением о симметричности. Таким образом, если не выполняется допущение о симметричности, не будет иметь смысла и проверка справедливости допущения об отсутствии взаимного влияния.

ПРИМЕЧАНИЕ. Допущение об отсутствии взаимного влияния может оказаться неприменимым к грунтам с весьма высоким значением магнитной восприимчивости или эффективной электрической проводимости. Но ожидается, что такие случаи будут реализовываться редко.

В случае сомнений испытания, описанные здесь, позволяют одновременно проводить испытания на справедливость обоих допущений: об отсутствии взаимного влияния и о симметричности.

D.3.4 Обоснование

Испытания на справедливость допущений о симметричности и об отсутствии взаимного влияния могут проводиться одновременно. Однако это будет более трудоемким, чем испытание, описанное в статье D.2.4. Таким образом, если известно, что допущение об отсутствии взаимного влияния справедливо, и пользователь желает лишь проверить справедливость допущения о симметрии, тогда должно отдаваться предпочтение испытанию, приведенному в статье D.2.4.

D.3.5 Истинные испытательные мишени

Испытание должно проводиться с истинными испытательными мишенями, которые использовались в испытании, описанном в статье D.6. Если испытание ограничено подмножеством истинных испытательных мишеней, использовавшихся в испытании, описанном в статье D.6, в такое подмножество должны входить истинные испытательные мишени, для которых данное предположение, вероятнее всего, не будет справедливо. Следует отдавать предпочтение реальным (инертным) минам или истинным испытательным мишеням, имитирующим мины и соответствующим описанию, приведенному в CWA 147471, 5.6, 3) и 5), по сравнению с истинными испытательными мишенями, которые значительно меньше реальных мин (такими, как параметрические истинные испытательные мишени).

D.3.6 Подготовка испытательного участка

Растительный покров должен быть срезан, чтобы обеспечить возможность выполнения проводки в соответствии с приведенными ниже указаниями. Участок также должен быть очищен от непредусмотренных металлических фрагментов.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Целевая задача заключается в том, чтобы убедиться в подобии сигналов, отраженных от истинной испытательной мишени в воздухе над поверхностью грунта и истинной испытательной мишени в грунте. Таким образом, измерения в первую очередь будут проведены на истинной испытательной мишени в воздухе, после чего она будет заложена в грунт. В идеальном случае следует удалить только объем грунта, вместо которого была заложена истинная испытательная мишень; состояние никакого другого грунта не следует нарушать. Небольшое перемещение металлического объекта, приводящее к значительной реакции со стороны металлодетектора, является значительным возмущением, и его следует избегать. Простейшим способом достижения цели является удаление непредусмотренного металлического фрагмента.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Следует ожидать, что указанные выше требования не приведут к дополнительному повышению трудоемкости, так как более тщательная подрезка растительного покрова и удаление непредусмотренных металлических фрагментов входят в состав общих требований, предъявляемых к испытаниям и приведенных в статье D.6.

D.3.7 Процедура испытания

Испытание проводится в два этапа. Сначала истинная испытательная мишень устанавливается в воздухе над грунтом, а затем она закладывается в грунт. По завершении испытания сопоставляются дальности обнаружения для обеих конфигураций.

Испытание должно быть повторено в 10 выбранных случайным образом точках на испытательном участке, который был определен в статье D.6. Для каждой точки должен быть промаркирован испытательный участок размером 1 на 1 м.

- Этап испытания, выполняемый в воздухе

Должна быть определена максимальная высота над истинной испытательной мишенью, на которой эта мишень еще обнаруживается. Для этой цели истинная испытательная мишень должна быть закреплена на повышенной высоте над центром испытательного участка размером 1 на 1 м, а проводка металлодетектором должна осуществляться на высоте 5 см над уровнем грунта. Если рельеф грунта не плоский, высота проводки должна составлять 50 мм над верхней точкой испытательного участка.

Настройка металлодетектора и проводка должны осуществляться в соответствии с требованиями, приведенными в статье D.6, за исключением высоты проводки над уровнем грунта, которая должна составлять 50 мм. Для закрепления истинной испытательной мишени и в целях обеспечения неизменности высоты металлодетектора над уровнем грунта следует использовать механическую систему, не вносящую возмущения в работу металлодетектора.

Для принятия решения в отношении возможности обнаружения истинных испытательных мишеней должны использоваться критерии, определенные в CWA 147471, 5.5.

- Этап испытания в грунте

Истинная испытательная мишень закладывается в грунт в центре испытательного участка на глубине, которая на 50 мм меньше максимальной высоты над уровнем истинной испытательной мишени, которая была определена на этапе проведения испытания в воздухе. В идеальном случае следует удалить только объем грунта, вместо которого была заложена истинная испытательная мишень; состояние никакого другого грунта не следует нарушать. Для удаления грунта и его возврата на исходное место поверх истинной испытательной мишени следует использовать механическое устройство типа полый трубки.

Для подтверждения процедуры закладки грунт может быть извлечен и возвращен на место без фактической установки истинной испытательной мишени. Этап испытания в воздухе может после этого быть повторен, а дальность обнаружения сопоставлена с результатами первого измерения. Если процедура выполнена надлежащим образом, следует ожидать, что дальность обнаружения, полученная по результатам обоих испытаний, будет сопоставимой.

После этого должна быть выполнена проводка металлодетектором над поверхностью грунта на увеличивающихся высотах и определена максимальная высота, на которой истинная испытательная мишень все еще может обнаруживаться. Для принятия решения в отношении возможности обнаружения истинных испытательных мишеней должны использоваться критерии, определенные в CWA 147471, 5.5. Высоту металлодетектора следует изменять с шагом 1 см, а в целях сохранения постоянства его высоты над уровнем грунта следует использовать механическую систему, которая не вносит возмущения в работу металлодетектора.

D.3.8 Протоколирование результатов испытания

Если допущения об отсутствии взаимного влияния и симметричности справедливы, следует проследить, чтобы максимальная высота проводки, на которой обнаруживается истинная испытательная мишень, составляла 5 см. Должна быть оценена величина экспериментальной погрешности (погрешность определения глубины истинной испытательной мишени, погрешность определения высоты проводки и т. д.). Следует обеспечить совместимость разности между значением максимальной высоты обнаружения и значением 5 см со значением погрешности эксперимента. В противном случае допущение может по-прежнему использоваться, если величина погрешности находится в требуемом диапазоне точности испытания, который задан в статье D.6.

D.4 Сопоставление полученных эксплуатационных характеристик с результатами для нейтрального грунта

D.4.1 Обоснование

Грунт может оказывать существенное влияние на величины вероятности обнаружения и интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги. Сложный грунт может снизить вероятность обнаружения или повысить интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Использование функции компенсации грунта может значительно снизить нормальный уровень чувствительности металлодетектора в зависимости от технического решения, выбранного производителем.

Интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги может повыситься за счет сигнала, отраженного от грунта, который может быть принят за отраженный сигнал, исходящий от мишени, а также в связи с тем, что грунт снижает и искажает сигнал, отраженный от объекта, не являющегося мишенью, что делает обнаружение мишени более сложной задачей. Второе из указанных явлений может играть важную роль для комбинированных подповерхностных обнаружителей, но ожидается, что его воздействие не будет в значительной степени актуально для металлодетекторов, которые не снабжены функцией дискриминации. Следовательно, объекты, являющиеся репрезентативными образцами металлических фрагментов, не требуются для сопоставления с результатами, полученными для нейтрального грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. В общем случае более важный вопрос, который необходимо выяснить по результатам измерения, — это снижение вероятности обнаружения, а не повышение интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. Влияние грунта на интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги следует оценивать только в тех случаях, если его результатом является значительное количество ложных сигналов тревоги.

Влияние грунта на интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги и на вероятность обнаружения может быть оценена путем сравнения результата, полученного в отношении интересующего грунта, с результатом для нейтрального грунта. При отсутствии нейтрального грунта испытание может быть проведено в воздухе над механической установкой, которая позволяет выполнить это испытание «вслепую».

Необходимо, чтобы установка отвечала таким требованиям:

- была выполнена из нейтрального материала, такого как дерево;
- позволяла удерживать металлодетектор на такой высоте над уровнем грунта, которая обеспечивала бы отсутствие влияния на него со стороны грунта;
- обеспечивала плоскую поверхность, над которой можно было бы в нормальном режиме выполнять проводку металлодетектором;
- позволяла скрывать истинные испытательные мишени;
- позволяла закреплять истинные испытательные мишени на нужном расстоянии от поверхности.

Целью такого испытания «вслепую» является оценивание влияния грунта. В процессе его проведения может использоваться ограниченное количество истинных испытательных мишеней и глубин. Для обеспечения возможности проведения сопоставления различных грунтов важным моментом является использование для всех них одного и того же набора конфигураций. Такой подход будет носить реалистичный характер только в том случае, если количество конфигураций будет максимально ограничено. Использование единственной истинной испытательной мишени не рекомендуется, поскольку в случае применения функции компенсации грунта она может оказать влияние, величина которого будет характеризоваться значительной изменчивостью от одной истинной испытательной мишени к другой.

D.4.2 Истинные испытательные мишени и глубина их закладки

Следует использовать шарики из хромистой стали, свойства которых были определены в документе CWA 147471, В.1, поскольку они позволяют ограничить набор истинных испытательных мишеней количеством, обеспечивающим достаточное разнообразие отличительных характеристик. В случае их отсутствия можно использовать другие параметрические истинные испытательные мишени, но такой подход снижает возможность сопоставления с результатами, полученными другими организациями.

Все шарики должны быть заложены на глубинах от уровня максимальной глубины обнаружения с шагом 5 см в направлении уменьшения глубины. Максимальная глубина обнаружения должна определяться в базовой точке испытательного участка для каждого шарика независимо согласно описанию испытания, которое приведено в документе CWA 147471, 6.6.

Диаметры шариков должны выбираться таким образом, чтобы обеспечить диапазон изменения глубин обнаружения от 5 до 20 см.

Кроме того, могут использоваться другие интересующие истинные испытательные мишени согласно описанию, приведенному в CWA 147471, 5.6.

D.4.3 Процедура испытания

Должны быть подготовлены испытательные полосы, а само испытание должно проводиться в соответствии с описанием, приведенным в документе CWA 147471, 8.5. Грунт, используемый в испытательных полосах, должен быть выбран в соответствии с требованиями, приведенными в документе CWA 147471, 8.5. Помимо этого, в целях сравнения следует использовать испытательную полосу с нейтральным грунтом.

D.4.4 Протоколирование результатов испытания

Влияние грунта можно оценить, сопоставив величины интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги и вероятностей обнаружения, полученные для интересующего грунта и для нейтрального. Чтобы оценить, является ли вариация статистически значимой, следует учесть доверительные интервалы.

Что касается интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги, сравнение является непосредственным, поскольку интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги характеризуется единственным числом.

В отношении вероятности обнаружения сравнение несколько усложняется, поскольку необходимо учитывать значения, полученные для каждой истинной испытательной мишени и соответствующей глубины. В связи с этим может оказаться полезным графическое представление результатов. Таким образом, график вероятности обнаружения для каждой глубины должен представлять собой зависимость от диаметра шарика.

D.4.5 Количество ячеек

Количество объектов испытания для каждой конфигурации должно быть достаточно большим и обеспечивать ширину доверительного интервала на уровне меньше 20-процентной точки. Требуемое количество объектов испытания зависит от конфигурации и соответствующей вероятности обнаружения; его значение может быть оценено в соответствии с указаниями, приведенными в приложении F.

Аналогичным образом количество ячеек без объектов испытания должно быть достаточно большим и обеспечивать ширину доверительного интервала интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги на уровне меньше 30% величины интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги. Требуемое количество объектов испытания зависит от интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги; его значение может быть оценено в соответствии с указаниями, приведенными в приложении F.

Поскольку требуемые количества объектов испытания и пустых ячеек являются функцией вероятности обнаружения и интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги, которые на момент начала испытания неизвестны, можно использовать два подхода:

- количество объектов испытания может быть выбрано с запасом;
- для первого испытания количество объектов испытания может быть выбрано ограниченным, чтобы получить оценочное значение вероятности обнаружения, интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги и соответствующего требуемого количества объектов испытания. После этого второе испытание проводится с использованием надлежащего количества объектов испытания.

D.5 Сопоставление эксплуатационных характеристик с величинами, полученными для нейтрального грунта (ограничено интенсивностью ложных срабатываний сигнала тревоги)

Хотя важной в основном является оценка снижения вероятности обнаружения в результате влияния грунта, может оказаться полезным ограничить сравнение с результатами для нейтрального грунта (см. статью D.4) оцениванием лишь интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Влияние грунта на интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги следует оценивать только в тех случаях, если его результатом является значительное количество ложных сигналов тревоги.

Если имеет место именно такой случай, испытание можно упростить за счет существенного уменьшения количества рассматриваемых конфигураций истинных испытательных мишеней.

В грунт должно закладываться не менее 5 истинных испытательных мишеней. Указанные истинные испытательные мишени будут закладываться в выбранные случайным образом точки испытательной полосы. Истинная испытательная мишень и глубина ее закладки должны выбираться таким образом, чтобы обнаружение было возможно, но не происходило слишком просто. Для этой цели максимальная высота над уровнем истинной испытательной мишени должна определяться с применением процедуры, изложенной в документе CWA 147471, 8.3.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Теоретически данное испытание может быть проведено без закладки истинной испытательной мишени в грунт. При этом интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги может оказаться недооцененной. Тогда в ситуациях, когда операторы осведомлены об этом, их может привлечь возможность пренебречь в некоторых случаях слабой индикацией сигнала тревоги, сведения о которой они обязательно внесли бы в протокол испытания при другом стечении обстоятельств. Более того, не существует способа проверить, правильно ли была выбрана настройка чувствительности, обеспечивающая эффективное функционирование металлодетектора. В случае возникновения такой проблемы полученное значение интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги может оказаться чрезмерно малым.

Поскольку максимальная глубина обнаружения может изменяться от точки к точке, испытание должно проводиться в каждой точке, где закладывается истинная испытательная мишень. Истинная испытательная мишень должна закладываться на глубине, равной 80% максимальной высоты обнаружения над истинной испытательной мишенью. После этого необходимо выполнить испытание на обнаружение, чтобы удостовериться в том, что истинная испытательная мишень обеспечивает выдачу четкой индикации сигнала тревоги.

После этого испытание проводится в соответствии с описанием, приведенным в статье D.4, за исключением того, что рассчитываться должны будут только интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги и ее доверительный интервал.

Такое измененное испытание не предоставляет значимую информацию в отношении вероятности обнаружения.

Испытание не должно быть засчитано, если хотя бы одна из истинных испытательных мишеней будет пропущена.

D.6 Измерение глубины обнаружения

D.6.1 Обоснование

Способность металлодетектора к обнаружению может также характеризоваться глубиной обнаружения и ее вариацией. Глубину обнаружения можно определить экспериментальным путем. Чтобы оценить дисперсию результата измерения, необходимо учесть различные источники вариации.

D.6.2 Истинные испытательные мишени

Обоснование выбора истинной испытательной мишени и соответствующие ограничивающие условия аналогичны тем, которые используются для сравнения с результатами в нейтральном грунте (см. статью D.4.2).

Испытание может быть проведено с истинной испытательной мишенью, заложенной в грунт либо установленной в воздухе над поверхностью грунта. Геометрические характеристики представлены на приведенном ниже рисунке.

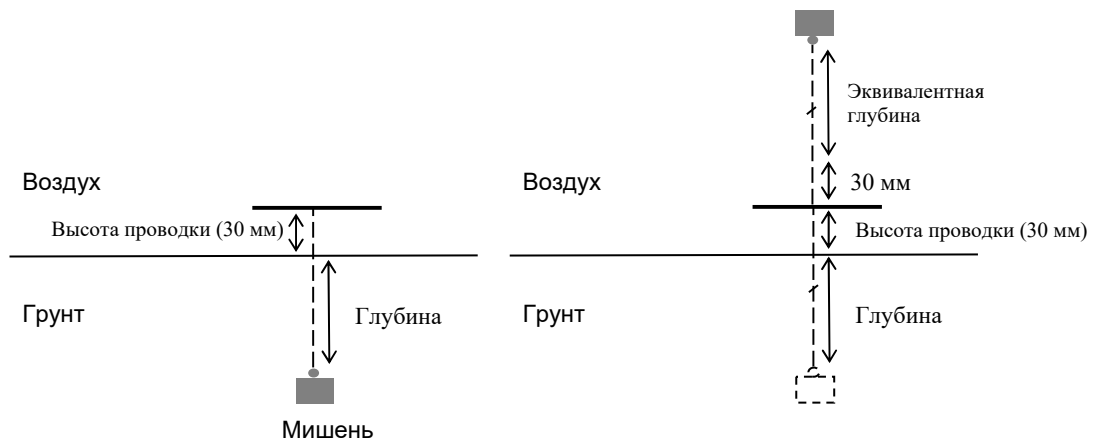


Рисунок D.4. Геометрические характеристики схемы испытания: в грунте (слева) и в воздухе (справа)

Подход с использованием «истинной испытательной мишени в воздухе» является гораздо более практичным, но его следует применять только в тех случаях, когда справедливыми являются допущения о симметричности и об отсутствии взаимного влияния. Должны проводиться испытания, описанные в статьях D.2 или D.3, в целях определения справедливости указанных допущений.

Закладка в грунт истинной испытательной мишени может нарушить состояние грунта, в связи с чем необходимо принять меры по обеспечению репрезентативности результатов (выждать достаточное время между моментом закладки истинной испытательной мишени и началом проведения измерений). Данной проблемы можно избежать, выбрав установку истинной испытательной мишени в воздухе.

В любом случае испытание проводится в испытательной ячейке, а настройка выполняется по калибровочной ячейке. Порядок выбора таких ячеек описывается в статье D.6.3.

- Истинная испытательная мишень, заложенная в грунт

Данная процедура, описанная в документе CWA 147471, 8.3, должна использоваться для определения максимальной глубины обнаружения. Высота проводки металлодетектором составляет 30 мм.

- Истинная испытательная мишень в воздухе

Процедура аналогична случаю, когда истинная испытательная мишень находится в грунте, за исключением того, что вместо ее закладки должно выполняться закрепление в воздухе по центру испытательной ячейки. Истинная испытательная мишень должна быть перевернута вверх дном.

Для закрепления истинной испытательной мишени на различных высотах над уровнем грунта следует использовать механическое устройство, не взаимодействующее с металлодетектором.

Следует также обеспечить с помощью этого устройства возможность закрепления металлодетектора на высоте 30 мм над уровнем грунта, если это потребуется. Таким образом будет обеспечена известность и фиксация расстояния между металлодетектором и истинной испытательной мишенью. Эквивалентная глубина обнаружения представляет собой максимальную дальность обнаружения (расстояние между головкой металлодетектора и истинной испытательной мишенью) за вычетом высоты проводки (30 мм).

D.6.3 Дисперсия результатов испытания

На результаты испытания может влиять ряд факторов. Наиболее важными из них являются оператор, ячейка в грунте, над которой осуществляется испытание, и ячейка в грунте, которая используется для выполнения настройки. Кроме того, необходимо отметить, что даже при использовании единственной настройки, единственной точки испытания и единственного оператора результаты в случае многократного повторения испытания будут различными.

Изменение каждого фактора должно происходить независимо от других, и при этом должна вычисляться соответствующая дисперсия.

а) Присущая изменчивость

Для эталонной истинной испытательной мишени, эталонного оператора, эталонной точки проведения испытания и эталонной настройки данное испытание должно быть повторено 10 раз. Среднее значение и дисперсия определяются расчетным путем.

ПРИМЕЧАНИЕ. Эталонная настройка характеризуется калибровочной ячейкой и эталонной регулировкой металлодетектора. Эта регулировка должна включать компенсацию грунта.

b) Изменчивость, присущая оператору

Для эталонной истинной испытательной мишени, эталонной точки проведения испытания и эталонной настройки данное испытание следует повторить с задействованием десяти операторов. Если невозможно обеспечить надлежащую подготовку такого большого количества операторов, можно задействовать меньшее число операторов, повторяя испытание через определенное время. Среднее значение и дисперсия должны определяться расчетным путем.

c) Изменчивость калибровочной ячейки

Для эталонной истинной испытательной мишени, эталонного оператора и эталонной точки проведения испытания данное испытание должно быть повторено 10 раз с различными настройками. Для каждого измерения должна случайным образом выбираться новая калибровочная ячейка, а процедура настройки должна выполняться по ней. Среднее значение и дисперсия результатов обнаружения определяются расчетным путем.

d) Изменчивость испытательной ячейки

Для эталонной истинной испытательной мишени, эталонного оператора и эталонной калибровочной ячейки данное испытание должно быть повторено 10 раз на различных испытательных ячейках. Для каждого измерения испытательная ячейка должна выбираться случайным образом. Соответствующее среднее значение и дисперсия определяются расчетным путем.

D.6.4 Протоколирование результатов испытания

Следует построить кривую, отображающую зависимость глубины обнаружения от диаметра шарика. Также следует указать дисперсии. Следует представить результаты для нейтрального грунта и для интересующего грунта таким образом, чтобы можно было без труда провести сопоставление.

Приложение Е (Нормативное)

Измерение влияния грунта на определенный комбинированный подповерхностный обнаружитель

Е.1 Обоснование

Грунт может оказывать существенное влияние на величины вероятности обнаружения и интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги. Сложный грунт может снизить вероятность обнаружения и повысить интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги.

Интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги может повыситься за счет сигнала, отраженного от грунта, который может быть принят за отраженный сигнал, исходящий от объекта, а также в связи с тем, что грунт снижает и искажает сигнал, отраженный от объекта, не являющегося миной (такого, как металлический фрагмент), что делает обнаружение этого объекта более сложной задачей. Второе явление может играть существенную роль при использовании комбинированных подповерхностных обнаружителей.

Основной целью настоящего испытания является дополнение содержания статьи 5.5 случаем, когда обнаружение не является детерминированным. Данное испытание также может использоваться для характеристики и сопоставления грунтов в соответствии с их влиянием на металлодетекторы. Как описывается ниже, объекты испытания должны выбираться соответствующим образом.

Это испытание должно проводиться в тех случаях, когда грунт оказывает недетерминированное влияние на обнаружение. В противном случае должно проводиться испытание, описанное в статье 5.5.

Е.2 Общие положения

Должны быть подготовлены испытательные полосы, а само испытание должно проводиться в соответствии с описанием, приведенным в документе CWA 147471, 8.5, за исключением тех аспектов, которые перечислены ниже.

Е.3 Истинные испытательные мишени

В связи с отсутствием общепризнанных истинных испытательных мишеней для радиолокатора подповерхностного зондирования следует уделить внимание выбору таких истинных испытательных мишеней, которые обеспечивали бы реакцию радиолокатора подповерхностного зондирования и металлодетектора, характерную для случая обнаружения реальных мин. Поскольку целью настоящего испытания является характеристика грунта, обеспечение точного совпадения характеристик истинных испытательных мишеней и ожидаемых угроз не требуется.

ПРИМЕЧАНИЕ. Лица, интересующиеся вопросами сравнения результатов с другими грунтами, могут изъявить желание выбрать истинные испытательные мишени, использовавшиеся в ходе измерительных мероприятий, проводившихся ранее. См. <http://www.itep.ws>.

Истинные испытательные мишени должны закладываться в грунт на глубины от уровня максимальной глубины обнаружения с шагом 5 см в направлении уменьшения глубины.

Если определенный комбинированный подповерхностный обнаружитель обладает функцией, позволяющей использовать только металлодетектор, тогда максимальная глубина обнаружения должна определяться независимо для каждой истинной испытательной мишени в эталонной точке испытательного участка с использованием металлодетектора и испытания, описанного в документе CWA 147471, 6.6. В противном случае максимальную глубину обнаружения следует определять с помощью комбинированного подповерхностного обнаружителя.

Е.4 Ложные объекты испытания

Если испытание проводится в дополнение к изложенному в статье 5.5, когда обнаружение не является детерминированным, должны быть выбраны ложные объекты испытания, являющиеся репрезентативными по отношению к источникам ложной индикации сигнала тревоги, имеющим место в реальной ситуации. Можно использовать гвозди или винты из нержавеющей стали длиной 25 мм и диаметром 2 либо 3 мм.

Если испытание проводится в целях характеристики и сопоставления грунтов, могут использоваться гвозди или винты из нержавеющей стали длиной 25 мм и диаметром 2 либо 3 мм или шарики из хромистой стали, описанные в документе CWA 14747:2003, В.1.

Могут использоваться гвозди или винты из нержавеющей стали длиной 25 мм и диаметром 2 либо 3 мм или шарики диаметром 10 мм из хромистой стали, описанные в документе CWA 14747:2003, В.1.

ПРИМЕЧАНИЕ. Ложные объекты испытания должны размещаться на поверхности и на глубине 5 см. Количество ложных объектов испытания должно приблизительно соответствовать количеству истинных испытательных мишеней.

Могут использоваться неметаллические ложные объекты испытания, если имеются причины полагать, что комбинированный подповерхностный обнаружитель может реагировать на них выдачей индикации сигнала тревоги. Например, пустоты в грунте можно имитировать с помощью пластиковых контейнеров длиной 15—20 см и диаметром 6 см.

Е.5 Ячейки без объектов испытания

Некоторые ячейки должны быть оставлены пустыми, чтобы оценить ложные сигналы тревоги, поступающие от грунта.

Е.6 Количество объектов испытания

Количество объектов испытания для каждой конфигурации должно быть достаточно большим и обеспечивать ширину доверительного интервала на уровне меньше 20-процентной точки. Требуемое количество объектов испытания зависит от конфигурации и соответствующей вероятности обнаружения; его значение может быть оценено в соответствии с указаниями, приведенными в приложении F.

Аналогичным образом количество ячеек без объектов испытания должно быть достаточно большим и обеспечивать ширину доверительного интервала интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги на уровне меньше 30% величины интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги. Требуемое количество объектов испытания зависит от интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги; его значение может быть оценено в соответствии с указаниями, приведенными в приложении F.

Поскольку требуемые количества объектов испытания и пустых ячеек являются функцией вероятности обнаружения и интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги, которые на момент начала испытания неизвестны, можно использовать два подхода:

- количество объектов испытания может быть выбрано с запасом;
- для первого испытания количество объектов испытания может быть выбрано ограниченным, чтобы получить оценочное значение вероятности обнаружения, интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги и соответствующего требуемого количества объектов испытания. После этого второе испытание проводится с использованием надлежащего количества объектов испытания.

Е.7 Протоколирование результатов

В протоколе должно быть представлено описание использовавшихся объектов испытания. Количество использованных объектов испытания каждого типа должно указываться одновременно с описанием конфигурации закладки в грунт (глубина, ориентация и координаты).

Указанные ниже величины будут вычислены и внесены в протокол испытания:

- количество обнаруженных истинных испытательных мишеней;
- количество индикаций сигнала тревоги на пустых ячейках;
- количество обнаруженных ложных объектов испытания (то есть рассматривавшихся как угрозы).

Эти данные помогут оценить приведенные ниже статистические показатели и их доверительные интервалы:

- вероятность обнаружения;
- интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги на пустых ячейках;
- вероятность исключения ложного объекта испытания.

Приложение F (Информативное) Модель оценивания доверительного интервала

F.1 Доверительный интервал вероятности обнаружения

F.1.1 Используемая модель

Более полное описание модели, называемой доверительным интервалом по методу Клоппера — Пирсона, приведено в работе [20].

Предполагается, что вероятность обнаружения подчиняется биномиальному закону распределения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Для оценки этого интервала были предложены и другие модели. Доверительный интервал по методу Клоппера — Пирсона рассматривается в качестве консервативной модели.

F.1.2 Основополагающее допущение

Вводится допущение о том, что вероятность обнаружения является независимой постоянной величиной для каждой ячейки.

ПРИМЕЧАНИЕ. Данное допущение выглядит обоснованным с практической точки зрения.

F.1.3 Уравнение

Нижний и верхний пределы доверительного интервала вероятности обнаружения задаются следующими формулами:

$$P_L = \frac{v_1 F(v_1, v_2, \alpha/2)}{v_2 + v_1 F(v_1, v_2, \alpha/2)} \quad \text{with } v_1 = 2x, v_2 = 2(n-x+1)$$
$$P_U = \frac{v_3 F(v_3, v_4, 1-\alpha/2)}{v_4 + v_3 F(v_3, v_4, 1-\alpha/2)} \quad \text{with } v_3 = 2(x+1), v_4 = 2(n-x)$$

где

- P_L — нижний предел доверительного интервала вероятности обнаружения;
- P_U — верхний предел доверительного интервала вероятности обнаружения;
- α — степень достоверности доверительного интервала;
- $F_{f, g, \lambda}$ — λ -квантиль F-распределения при степенях свободы f и g ;
- n — количество использованных истинных испытательных мишеней;
- x — количество обнаруженных истинных испытательных мишеней.

При отсутствии обнаружений ($x = 0$) рекомендуются следующие пределы:

$$P_L = 0$$
$$P_U = 1 - \sqrt[n]{\alpha}$$

В случае обнаружения всех истинных испытательных мишеней ($x = 1$) рекомендуются следующие пределы:

$$P_L = \sqrt[n]{\alpha}$$
$$P_U = 1$$

F.1.4 Таблицы

В Таблица F.1 представлены численные значения для 95-процентных доверительных интервалов некоторых значений количества истинных испытательных мишеней и процентных долей обнаруженных истинных испытательных мишеней. Пределы интервалов округлены до целых значений таким образом, что данные интервалы являются наименьшими, содержащими точные интервалы.

Таблица F.1. 95-процентный доверительный интервал вероятности обнаружения

		Количество истинных испытательных мишеней									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Процентная доля обнаруженных истинных испытательных мишеней	0%	От 0 до 26	От 0 до 14	От 0 до 10	От 0 до 8	От 0 до 6	От 0 до 5	От 0 до 5	От 0 до 4	От 0 до 4	От 0 до 3
	10%	От 0 до 45	От 1 до 32	От 2 до 27	От 2 до 24	От 3 до 22	От 3 до 21	От 4 до 20	От 4 до 19	От 4 до 19	От 4 до 18
	20%	От 2 до 56	От 5 до 44	От 7 до 39	От 9 до 36	От 10 до 34	От 10 до 33	От 11 до 32	От 11 до 31	От 12 до 30	От 12 до 30
	30%	От 6 до 66	От 11 до 55	От 14 до 50	От 16 до 47	От 17 до 45	От 18 до 44	От 19 до 43	От 20 до 42	От 20 до 41	От 21 до 40
	40%	От 12 до 74	От 19 до 64	От 22 до 60	От 24 до 57	От 26 до 55	От 27 до 54	От 28 до 53	От 29 до 52	От 29 до 51	От 30 до 51
	50%	От 18 до 82	От 27 до 73	От 31 до 69	От 33 до 67	От 35 до 65	От 36 до 64	От 37 до 63	От 38 до 62	От 39 до 61	От 39 до 61
	60%	От 26 до 88	От 36 до 81	От 40 до 78	От 43 до 76	От 45 до 74	От 46 до 73	От 47 до 72	От 48 до 71	От 49 до 71	От 49 до 70
	70%	От 34 до 94	От 45 до 89	От 50 до 86	От 53 до 84	От 55 до 83	От 56 до 82	От 57 до 81	От 58 до 80	От 59 до 80	От 60 до 79
	80%	От 44 до 98	От 56 до 95	От 61 до 93	От 64 до 91	От 66 до 90	От 67 до 90	От 68 до 89	От 69 до 89	От 70 до 88	От 70 до 88
	90%	От 55 до 100	От 68 до 99	От 73 до 98	От 76 до 98	От 78 до 97	От 79 до 97	От 80 до 96	От 81 до 96	От 81 до 96	От 82 до 96
100%	От 74 до 100	От 86 до 100	От 90 до 100	От 92 до 100	От 94 до 100	От 95 до 100	От 95 до 100	От 96 до 100	От 96 до 100	От 97 до 100	

ПРИМЕР. Если используется 50 истинных испытательных мишеней и все они обнаружены в ходе испытания, тогда можно утверждать со степенью достоверности 95%, что «истинная» вероятность обнаружения находится в диапазоне от 94 до 100%.

ПРИМЕЧАНИЕ. При интерпретации этих значений следует учитывать, что они были округлены. Например, если обнаружена одна истинная испытательная мишень из десяти, точный нижний предел 95-процентного доверительного интервала будет близок к 0,25%, а в таблице данное значение было округлено до 0%. Это не означает, что вероятность обнаружения 0% соответствует обнаружению одной истинной испытательной мишени из десяти. Аналогично этому данную таблицу нельзя интерпретировать как указывающую на то, что уровень обнаружения 100% соответствует обнаружению лишь девяти истинных испытательных мишеней из десяти.

Таблица F.2. Количество истинных испытательных мишеней, необходимое для получения ширины 95-процентного доверительного интервала ниже 20-процентной точки распределения

Ожидаемая вероятность распределения	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Количество истинных испытательных мишеней, необходимое для получения ширины 95-процентного доверительного интервала ниже 20-процентной точки распределения	44	70	89	100	104	100	89	70	44

Поскольку ожидаемая вероятность обнаружения часто неизвестна, консервативным вариантом выбора будет 97 истинных испытательных мишеней, которые необходимы для получения ширины 95-процентного доверительного интервала ниже 20-процентной точки.

F.2 Доверительный интервал для интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги

F.2.1 Используемая модель

Более полно данная модель описана в работе [21].

Эта модель основана на допущении о том, что количество ложных сигналов тревоги в одном эксперименте подчиняется распределению Пуассона.

F.2.2 Основополагающее допущение

В модели Пуассона принято допущение о том, что интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги на любом произвольном малом участке является постоянной величиной, не зависящей от интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги на других участках.

Имеется ряд причин, по которым данное допущение не является строго справедливым; среди них — использование кольца обнаружения, которое налагает условие о том, что в кольце обнаружения может рассматриваться не более одного сигнала тревоги. Аналогично этому, достаточно маловероятным является событие индикации операторами двух сигналов тревоги в непосредственной близости друг от друга. Они объединяют их, предполагая, что обе индикации сигналов тревоги поступили от одного и того же объекта.

Несмотря на это, ожидается, что использование данной модели обеспечит реалистичные доверительные интервалы.

F.2.3 Уравнение

Нижний и верхний пределы доверительного интервала для интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги задаются следующими формулами:

$$A_L = \frac{1}{2R} \chi_{2k, \alpha/2}^2$$

$$A_U = \frac{1}{2R} \chi_{2(k+1), 1-\alpha/2}^2$$

где

- A_L — нижний предел доверительного интервала интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги;
- A_U — верхний предел доверительного интервала интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги;
- k — количество ложных сигналов тревоги, имевших место в данной области;
- R — участок области, где имели место ложные сигналы тревоги;
- α — представляет собой степень достоверности доверительного интервала;
- $\chi_{l, \lambda}^2$ — λ -квантиль распределения «хи-квадрат» с l степеней свободы.

Если в данной области сигналы тревоги отсутствуют, тогда нижний предел (A_L) устанавливается равным 0.

F.2.4 Таблицы

Таблица F.3. 95-процентный доверительный интервал интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги

		Площадь испытательного участка (м ²)				
		10	20	30	40	50
количество ложных сигналов тревоги на	0	От 0,0 до 0,4	От 0 до 0,2	От 0 до 0,2	От 0 до 0,1	От 0 до 0,1
	0,2	От 0,0 до 0,8	От 0 до 0,6	От 0 до 0,5	От 0 до 0,4	От 0 до 0,4
	0,4	От 0,1 до 1,1	От 0,1 до 0,8	От 0,2 до 0,7	От 0,2 до 0,7	От 0,2 до 0,7
	0,6	От 0,2 до 1,4	От 0,3 до 1,1	От 0,3 до 1,0	От 0,3 до 0,9	От 0,4 до 0,9
	0,8	От 0,3 до 1,6	От 0,4 до 1,3	От 0,5 до 1,2	От 0,5 до 1,2	От 0,5 до 1,1
	1	От 0,4 до 1,9	От 0,6 до 1,6	От 0,6 до 1,5	От 0,7 до 1,4	От 0,7 до 1,4
	2	От 1,2 до 3,1	От 1,4 до 2,8	От 1,5 до 2,6	От 1,5 до 2,5	От 1,6 до 2,5
	3	От 2,0 до 4,3	От 2,2 до 3,9	От 2,4 до 3,7	От 2,4 до 3,6	От 2,5 до 3,6
	4	От 2,8 до 5,5	От 3,1 до 5,0	От 3,3 до 4,8	От 3,4 до 4,7	От 3,4 до 4,6
	5	От 3,7 до 6,6	От 4,0 до 6,1	От 4,2 до 5,9	От 4,3 до 5,8	От 4,3 до 5,7

ПРИМЕР. Если по результатам измерения имеет место 0,6 ложных сигналов тревоги на один квадратный метр на участке площадью 40 м², тогда можно утверждать со степенью достоверности 95%, что «истинная» интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги находится в диапазоне 0,3—0,9 ложных сигналов тревоги на один квадратный метр.

Таблица F.4. Площадь области, подлежащей испытанию для получения ширины 95-процентного доверительного интервала ниже 30-процентной точки распределения

Ожидаемая интенсивность ложных срабатываний сигнала тревоги (м ⁻²)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Площадь области, подлежащей испытанию для получения ширины 95-процентного доверительного интервала ниже 30-процентной точки распределения интенсивности ложных срабатываний сигнала тревоги (м ⁻²)	13	24	39	55	71	88

Библиография

- [1] Al-Attar A., Scott H. F. and Daniels D. J., *Wideband measurements of microwave characteristics of soils* (А. Аль-Аттар, Х. Скотт и Д. Дэниелс. Широкополосные измерения микроволновых характеристик грунтов), IEE Electronics Letters, март 1982 г., стр. 194—199
- [2] Billings S., 2003, in: Bloodworth, T. J. & Logreco A. 2004: Identifying and obtaining soil for metal-detector testing. (С. Биллингз, 2003, в работе: Т. Бладворт и А. Логреко. 2004. Идентификация грунтов и отбор образцов для испытания металлодетекторов), техническая записка № I.04.117. Объединенный исследовательский центр (JRC) Ispra / IPSC / подразделение SERAC
- [3] Billings S., Guelle D. & Lewis A., 2003: BAM/ITEP Workshop, Reliability Tests for Demining. Summary of Breakout Session 2 - Soil Influence and Ground Compensation (С. Биллингз, Д. Гелле и А. Льюис, 2003: рабочая группа BAM/ITEP. Испытания по надежности для целей разминирования. Итоги заседания секции 2. Влияние грунта и функция компенсации грунта): <http://www.kb.bam.de/ITEP-workshop-03/>
- [4] CEN. *Документ, отражающий договоренность, достигнутую в рамках рабочей группы CEN (CWA) 14747:2003 E: Гуманитарное разминирование. Испытание и оценка. Металлодетекторы*, Европейский комитет по стандартизации, июнь 2003 г.
- [5] CEN/CENELEC *Internal Regulations, Part 3: Rules for the structure and drafting of CEN/CENELEC Publications (Внутренние правила CEN/CENELEC. Часть 3. Правила разработки структуры и составления проектов публикаций CEN/CENELEC)*: <http://www.cen.eu/boss/supporting/reference+documents/2006cencenelecirp3defcorrected.pdf>
- [6] Cross G., (1990) *Soil properties and GPR Detection of Landmines: A Basis For Forecasting and Evaluation of GPR performance* (Дж. Кросс (1990). Свойства грунта и обнаружение наземных мин с помощью GPR. Основы прогнозирования и оценивания эксплуатационных характеристик GPR), отчет по договору DRES CR 2000-091: <http://www.dres.dnd.ca/reports/English/dres-cr2000-091.pdf>
- [7] Das Y., 2006 April, 'Time-domain response of a metal detector to a target buried in soil with frequency-dependent magnetic susceptibility' (Й. Дас, апрель 2006. Исследование реакции металлодетектора на мишени, заложенные в грунт с частотно-зависимой магнитной восприимчивостью) в издании «Материалы симпозиума по обороне и безопасности организации SPIE», г. Орландо, штат Флорида, США.ммм
- [8] Doerr S., 2006, In S. H. Doerr and C. J. Ritsema, *Water Movement in Hydrophobic Soils, Encyclopaedia of Hydrological Sciences*, Part 6 (С. Доэрт, 2006 в работе С. Доэрт и К. Ритсема «Движение грунтовых вод в гидрофобных грунтах». Гидрологическая энциклопедия. Часть 6), © 2006 John Wiley & Sons, Ltd
- [9] FAO. 2006. *Guidelines for soil description* (Руководство по описанию грунта). 4-е издание. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO). Рим.
- [10] GICHD, *Metal Detectors and PPE Catalogue* (Каталог металлодетекторов и СИЗ)
- [11] Gülle D., Gaal M., Bertovic M., Müller C., Scharmach M. and Pavlovic M., *South-East Europe Interim Report Field Trial Croatia (Continuation of the ITEP-Project Systematic Test and Evaluation of Metal Detectors — STEMMD)* (Д. Гюлле, М. Гааль, М. Бертович, К. Мюллер, М. Шармах и М. Павлович. Юго-Восточная Европа. Промежуточный отчет о полевых пробных испытаниях в Хорватии (продолжение систематических пробных испытаний металлодетекторов по проекту ITEP — STEMMD)): http://www.itep.ws/pdf/STEMMD_Interim_Croatia_final.pdf
- [12] Gülle D., Lewis A. and Pike M., *Systematic Test and Evaluation of Metal Detectors (STEMMD) Interim Report Field Trial Mozambique* (Д. Гюлле, А. Льюис и М. Пайк. Систематические испытания и оценка металлодетекторов (STEMMD). Промежуточный отчет о полевых пробных испытаниях в Мозамбике), Объединенный исследовательский центр Европейской комиссии EUR 21886 EN (2005): http://www.itep.ws/pdf/Interim_Final_Moz160108_web_optimized.pdf

- [13] Gülle D., Lewis A., Pike M., Carruthers A. and Bowen S., *Systematic Test and Evaluation of Metal Detectors (STEMD) Interim Report Field Trial Laos* (Д. Гюлле, А. Льюис, М. Пайк, А. Каррутерс и С. Боуэн. Систематические испытания и оценка металлодетекторов (STEMD). Промежуточный отчет о полевых пробных испытаниях в Лаосе), Объединенный исследовательский центр Европейской комиссии SP105.24:
http://www.itep.ws/pdf/STEMD_Interim_Laos_final_Small.pdf
- [14] Gülle D., Smith A., Lewis A., Bloodworth T., *Metal detector handbook for humanitarian demining* (Д. Гюлле, Э. Смит, А. Льюис, Т. Бладворт. Справочник по металлодетекторам для гуманитарного разминирования): http://www.itep.ws/pdf/metal_detector_handbook.pdf
- [15] Igel J. (2007). *On the Small-Scale Variability of Electrical Soil Properties and its Influence on Geophysical Measurements* (Я. Игел. О незначительной изменчивости электрических свойств грунта и ее влиянии на геофизические измерения), диссертация на соискание степени доктора философии, Университет Иоганна Вольфганга Гете, Франкфурт-на-Майне: (<http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/volltexte/2007/4785>).
- [16] Lambot S.; Weihermüller L.; Huisman J. A.; Vereecken H.; Vanclooster M.; Slob E. C. (2006) *Analysis of air-launched ground-penetrating radar techniques to measure the soil surface water content* (С. Ламбо, Л. Вайхермюллер, Й. Гусман, Г. Вереекен, М. Ванклоостер, Э. Слоб (2006). Анализ метода с применением радиолокатора подповерхностного зондирования авиационного базирования для измерения содержания воды в поверхностном слое грунта), *Water Resources Research*, 42:W03,403, doi:10.1029/2005WR004,416.
- [17] Lewis A., Bloodworth T., Gülle D., Littmann F., Logreco A. and Pike M.; *Systematic test & Evaluation of Metal Detectors (STEMD) Interim report Laboratory Tests Italy* (А. Льюис, Т. Бладворт, Д. Гюлле, Ф. Литтманн, А. Логреко и М. Пайк. Систематические испытания и оценка металлодетекторов (STEMD). Промежуточный отчет о лабораторных испытаниях в Италии), Объединенный исследовательский центр Европейской комиссии EUR 22536 EN (2006): http://www.itep.ws/pdf/STEMD_Interim_Lab.pdf
- [18] Olea R. A. (1999). *Geostatistics for Engineers and Earth Scientists* (Р. Олеа. Геоestatистика для инженеров и геологов). Kluwer Academic Publishers.
- [19] Robinson D. A., Jones S. B., Wraith J. M., Or D., and Friedman S. P. (2003) *A Review of Advances in Dielectric and Electrical Conductivity Measurement in Soils Using Time Domain Reflectometry* (Д. Робинсон, С. Джонс, Дж. Рейт, Д. Ор и С. Фридман (2003). Обзор успехов в измерении диэлектрической проницаемости и электрической проводимости грунтов с применением метода совмещения прямого и отраженного испытательных сигналов), *Vadose Zone J.*, 1 ноября 2003 г.; 2(4): 444—475.
- [20] Simonson K. M. *Statistical Considerations in Designing Tests of Mine Detection Systems: I — Measures Related to the Probability of Detection* (К. Саймонсон. Соображения в отношении применения статистических методов в проектировании испытаний систем обнаружения мин. I. Измерения, связанные с вероятностью обнаружения), технический отчет, Сандийские национальные лаборатории, август 1998 г. Материал можно получить по адресу <http://www.itep.ws/>.
- [21] Simonson K. M. *Statistical Considerations in Designing Tests of Mine Detection Systems: II — Measures Related to the False Alarm Rate* (К. Саймонсон. Соображения в отношении применения статистических методов в проектировании испытаний систем обнаружения мин. II. Измерения, связанные с интенсивностью ложных срабатываний сигнала тревоги), технический отчет, Сандийские национальные лаборатории, август 1998 г. Материал можно получить по адресу <http://www.itep.ws/>.
- [22] US Department of Agriculture. 2004. *Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil survey investigation* (Министерство сельского хозяйства США, 2004, Руководство по лабораторным методам исследования грунта), отчет № 42, т. 4, ноябрь 2004 г. Министерство сельского хозяйства США: <http://soils.usda.gov/technical/lmm/>
- [23] Министерство сельского хозяйства США, 2004:
http://soils.usda.gov/education/resources/k_12/lessons/profile/
- [24] WRB. 2006. *World Reference Base for Soil Resources: A framework for international classification, correlation and communication* (Всемирная справочная база данных по земельным ресурсам. Базовая структура для международной классификации, корреляции и коммуникации). Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO).
<http://www.fao.org/ag/aql/agll/wrb/>

Указатель

Е	Н
electrical conductivity (электрическая проводимость). См. «Проводимость»	Нейтральный грунт, 17, 21, 26, 56, 57, 58, 60
Т	О
TDR. См. «Рефлектометр для наблюдения за формой отраженного сигнала»	Объект. См. «Объект испытания» Объект испытания, 12, 57, 58, 62 Отражение, 12, 27, 28
В	П
Влага. См. «Содержание воды» Восприимчивость, 9, 11, 12, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 31, 33, 54, 55, 66 Восприимчивость (обусловленная вариацией частоты), 21, 22, 23, 26, 33 Высота проводки, 55, 56, 59	Погода, 20, 43 Проводимость, 11, 19, 20, 21, 23, 26, 27, 28, 34, 35, 36, 44, 54, 55 Проницаемость, 35, 36
Д	Р
Диэлектрическая проницаемость, 11, 20, 27, 28, 31, 34, 35, 36, 40, 44 Длина волны, 38 Допущение о симметричности, 53, 54, 55, 56, 59 Допущение об отсутствии взаимного влияния, 54, 55, 56, 59	Рассеивание, 11, 12, 47 Растительный покров, 20, 39, 47, 50 Рефлектометр для наблюдения за формой отраженного сигнала, 34, 40, 41
З	С
Затухание, 11, 28, 35	Скальные породы, 20, 28, 31, 48 Содержание воды, 20, 28, 40, 41, 42, 43, 49 Сопrotивление передаче, 11, 20, 24, 27, 28, 36, 37
И	Т
Истинная испытательная мишень, 14, 15, 16, 17, 55, 57, 58, 61, 62, 63, 64	Текстура (грунта), 14, 20, 28, 29, 31, 32, 44, 45, 46 Трещины, 17, 20, 28, 49
К	Ш
Комбинированный подповерхностный обнаружитель, 7, 8, 9, 11, 14, 17, 18, 20, 53, 56, 61, 62 Корни, 28, 48 Корреляционный интервал, 32 Коэффициент затухания, 20, 24, 35, 36 Коэффициент отражения, 37	Шероховатость (поверхности), 20, 23, 24, 26, 28, 37, 40
Л	Э
Ложный объект испытания, 12, 61, 62	Эталонная высота над уровнем грунта, 9, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 23

