ОДМ 218.3.075-2016

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ МЕТОДОМ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО

(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным автономным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ») Министерства транспорта Российской Федерации

2 ВНЕСЕН Управлением научно-технических исследований и информационного обеспечения, Управлением проектирования и строительства автомобильных дорог Федерального дорожного агентства Министерства транспорта Российской Федерации

3 ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 10.06.2016 № 1025-р.

4 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения..... 3
4 Общие положения..... 5
5 Основы выполнения георадиолокационного контроля..... 10
6 Оценка соответствия по толщине конструктивных слоев дорожной одежды..... 12
7 Оценка однородности свойств материалов и грунтов земляного полотна..... 27
8 Методика камеральных работ..... 38
9 Примеры выполнения работ..... 44
Приложение А Схема выполнения георадиолокационных измерений толщины слоев..... 45
Приложение Б Ориентировочное время выполнения георадиолокационных измерений толщины монолитных слоев..... 47
Приложение В Диэлектрическая проницаемость пород и материалов..... 50
Приложение Г Методика расчета коэффициента вариации толщины слоев C_v..... 51
Приложение Д Пример смещения вертикальной шкалы глубин..... 52
Приложение Е Примеры оформления приложений к отчетам..... 54
Приложение Ж Примеры выполнения работ..... 62
Библиография..... 69

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Рекомендации по контролю качества выполнения дорожно-строительных работ методом георадиолокации

1 Область применения

1.1 Настоящий отраслевой дорожный методический документ (далее – ОДМ) предназначен для оценки соответствия неразрушающим методом георадиолокации выполненных дорожно-строительных работ на автомобильных дорогах общего пользования, а также аэродромах при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и ремонте.

1.2 Положения настоящего методического документа применяются при оценке соответствия методом георадиолокации толщины и однородности по толщине слоев дорожной одежды, а также однородности свойств (плотность и влажность) материалов слоев дорожной одежды и грунтов земляного полотна с последующей обязательной заверкой традиционными методами согласно требованиям СП 78.13330.2012.

1.3 Настоящие рекомендации предназначены для использования заказчиками (застройщиками); организациями, осуществляющими строительный контроль; подрядными дорожно-строительными организациями и контролирующими органами.

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 12071-2014 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов

ГОСТ 18105-2010 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности

ГОСТ 23558-94 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия

ГОСТ 25607-2009 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия

ГОСТ 26633-2012 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия

ГОСТ 30491-2012 Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия

ГОСТ 32731-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению строительного контроля

ГОСТ 32755-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению приемки в эксплуатацию выполненных работ

ГОСТ 32756-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению промежуточной приемки выполненных работ

ГОСТ 32836-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Общие требования к изысканиям

ГОСТ 32868-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению инженерно-геологических изысканий»

ГОСТ 33220-2015 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к эксплуатационному состоянию»

ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний

ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и

асфальтобетон. Технические условия

СП 48.13330.2011 Организация строительства

СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги

3 Термины и определения

В настоящем ОДМ применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **бесконтактные антенные блоки**: Антенные блоки, работающие с отрывом от поверхности обследуемой среды.

3.2 **выборка амплитудно-частотной характеристики**: Единичное значение амплитуды отраженного импульса в определенный момент времени.

3.3 **выработка**: Искусственно созданная полость в толще горных пород, грунтов и строительных конструкций (буровая скважина, керн, шурф, штольня и т.д.).

3.4 **высокочастотные антенные блоки**: Антенные блоки с центральной частотой более 900 МГц.

3.5 **геологическая заверка:** Установление соответствия между результатами георадилокационных измерений и фактическими данными о свойствах (геометрических размерах) обследуемых объектов на основе данных выработок.

3.6 **георадар**: Геофизический прибор, предназначенный для георадиолокационных исследований любой среды, кроме металла (грунты, материалы, горные породы, акватории, строительные конструкции и т.д.), и применяемый для оценки однородности уложенных дорожно-строительных материалов и грунтов.

3.7 **георадиолокационная трасса**: Последовательная совокупность выборок, зарегистрированных георадаром за определенный период времени, соответствующая прохождению одиночного электромагнитного импульса вглубь среды и его возвращению от отражающих границ.

3.8 **георадиолокационные измерения (съемка)**: Запись георадиолокационных данных георадаром и представление полученной информации о среде.

3.9 **георадиолокационный контроль оценки соответствия**: Совокупность действий, связанных с записью георадаром и обработкой георадиолокационных данных, позволяющая оценить соответствие контролируемого параметра.

3.10 **георадиолокационный разрез**: См. **радарограмма**.

3.11 **георадиолокация:** Геофизический метод, основанный на излучении импульсов электромагнитных волн и регистрации сигналов, отраженных от различных объектов зондируемой среды.

3.12 **глубинность съемки**: Максимальная глубина зафиксированного объекта, отраженная волна от которого может быть выделена на радарограмме.

3.13 **диэлектрическая проницаемость**: Относительная физическая величина, характеризующая свойства изолирующей (диэлектрической) среды и показывающая, во сколько раз силы взаимодействия двух электрических зарядов в этой среде меньше, чем в вакууме.

3.14 **зондирование**: Запись георадиолокационных данных на разных глубинах в одной точке.

3.15 **интерпретация результатов:** Построение разреза дорожной конструкции по результатам георадиолокационных измерений (съемки).

3.16 **картирование**: Прорисовка границы слоя (уровня грунтовых вод), оконтуривание неоднородных зон на радарограмме.

3.17 **контактные антенные блоки**: Антенные блоки, работающие без отрыва от поверхности обследуемой среды.

3.18 **низкочастотные антенные блоки**: Антенные блоки с центральной частотой менее 400 МГц.

3.19 **однородность**: Степень неизменчивости физико-механических свойств, геометрических размеров, параметров технологических процессов,

условий эксплуатации и производства работ.

3.20 **однородность свойств материала**: Отсутствие отклонений в физико-механических свойствах материалов более допустимых значений, а также – неоднородных включений (дефектов) в обследуемом материале, таких как воздушные полости, разуплотненные зоны, заполненные водой, включения инородных материалов и т.д.

3.21 **однородность слоя по толщине:** Изменение толщины слоя, при котором коэффициент вариации не превышает максимально допустимое значение.

3.22 **ось синфазности**: Линия, соединяющая равные фазы одинаковых сигналов соседних георадиолокационных трасс.

3.23 **оценка соответствия:** Прямое или косвенное соблюдение требований (технических регламентов, стандартов, нормативно-технических документов и проектной документации), предъявляемых к обследуемому объекту.

3.24 **профилирование**: Запись радарограммы по длине намеченного профиля.

3.25 **радарограмма**: Совокупность георадиолокационных трасс, формирующая непрерывный временной электрофизический разрез изучаемой среды.

3.26 **разрешающая способность по глубине**: Минимальное расстояние по глубине, на котором могут быть различимы два отражающих объекта или их детали.

3.27 **среднечастотные антенные блоки**: Антенные блоки с центральной частотой от 400 до 900 МГц.

3.28 **шаг зондирования**: Расстояние между георадиолокационными трассами.

4 Общие положения

4.1 Георадиолокационный контроль предназначен для обеспечения

полного и непрерывного контроля обследуемого объекта по оценке соответствия выполненных дорожно-строительных работ требованиям, предъявляемым к ним нормативными документами и проектной документацией. Георадиолокационный контроль дополняет существующие традиционные методы оценки соответствия и позволяет уменьшить количество выработок.

Задачами георадиолокационного контроля являются:

-повышение объективности принимаемого решения о соответствии толщины слоев дорожной одежды и однородности свойств материалов и грунтов земляного полотна за счет получения полной, непрерывной и более детальной информации о дорожной конструкции (сооружении);

-оценка потребности в выполнении буровых работ, их объемов и определение мест бурения на основании выявленных предполагаемых мест несоответствий;

-повышение долговечности дорожных конструкций за счет обоснования снижения объемов работ по проходке контрольных выработок разрушающими методами.

При выполнении георадиолокационного контроля учитывают требования ГОСТ 32731, ГОСТ 32755, ГОСТ 32756.

4.2 Заказчик (застройщик) дорожно-строительных работ устанавливает в техническом задании перечень нормативно-технических документов, которыми необходимо руководствоваться при выполнении оценки соответствия дорожно-строительных работ (например, СП 78.13330.2012 или СТО 017 НОСТРОЙ 2.25.36 [1]). При этом георадиолокационный контроль выполняют по критериям оценки соответствия, приведенным в упомянутых документах, с учетом минимальных объемов работ по проходке контрольных выработок.

4.3 Георадиолокационный контроль включает в себя следующие операции: анализ исходных материалов обследуемого участка, подготовка оборудования, проведение георадиолокационных обследований,

геологическая заверка, обработка и интерпретация радарограмм, подготовка отчета.

В процессе анализа исходных материалов изучают проектную, рабочую и исполнительную документацию в части требований к толщине конструктивных слоев дорожной одежды, плотности и влажности грунтов земляного полотна и материалов основания дорожной одежды.

Подготовка оборудования заключается в проверке работоспособности всех комплектующих георадара (блоки питания, соединительные кабели, датчик перемещения, антенные блоки, персональный компьютер и др.) и вспомогательного оборудования (системы спутникового позиционирования, видео- и фото-фиксации и др.), зарядке аккумуляторов, сборке оборудования и проверке его работы в комплексе.

При проведении георадиолокационных обследований записываются файлы радарограмм в продольном и поперечном направлении по обследуемому участку. Геологическая заверка сводится к отбору кернов монолитных материалов дорожной одежды, бурению скважин или проходке шурфов для уточнения толщины слоев. Испытание отобранных проб для определения их физико-механических свойств производится в лабораторных условиях.

Обработка радарограмм сводится к устранению на них помех от внешних источников, проверке соответствия протяженности профилей фактически пройденному расстоянию, смещению точек отсчета вертикальной и горизонтальной шкалы радарограммы, а также настройке таких параметров, как усиление сигнала, контрастность, яркость, масштабирование с целью приведения волнового профиля в наиболее удобочитаемый вид.

Интерпретация радарограмм выполняется в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах. Интепретация заключается в картировании отражающих границ различных слоев, расчете толщины слоев и выделению областей неоднородности свойств материалов и грунтов.

При подготовке отчета приводят анализ исходных материалов, методику выполнения работ, полученные результаты, их анализ, выводы и графические приложения. Отчет содержит заключение о соответствии выполненных дорожно-строительных работ требованиям нормативной и проектной документации.

4.4 При георадиолокационном контроле (продольные и поперечные проходы георадара по обследуемому участку) выявляют участки автомобильных дорог с возможными нарушениями по толщине слоев и однородности свойств (влажность и плотность) материалов нижних слоев основания дорожной одежды и грунтов земляного полотна [2; 4].

По результатам георадиолокационных работ осуществляют предварительную оценку однородности свойств материалов основания дорожной одежды и грунтов земляного полотна. Окончательную оценку однородности устанавливают по результатам лабораторных испытаний отобранных проб в местах, определенных по результатам георадиолокационных измерений.

4.5 Георадиолокационный контроль осуществляют в соответствии СП 48.13330.2011 и СП 78.13330.2012:

-при операционном контроле в ходе дорожно-строительных работ (выполняется строительной организацией);

-при контроле в ходе строительных работ и при приемочном контроле (осуществляется организацией по строительному контролю);

-по запросу контролирующих органов в ходе проведения проверок эффективности расходования денежных средств (выполняется независимыми специализированными организациями).

Преимуществами георадиолокационного контроля является:

-получение непрерывной геофизической информации с заданным шагом по всему проложенному профилю, как в продольном, так и поперечном направлениях, возможность выявить аномальные отклонения на небольших по протяженности участках автомобильных дорог;

-неразрушающая технология проведения работ, позволяющая уменьшить количество выработок;

-экологическая чистота выполнения георадиолокационных измерений.

4.6 Георадиолокационные измерения на всех этапах контроля требуют геологической заверки, которую проводят путем отбора кернов, бурения скважин, рытья шурфов. Для определения однородности свойств материалов и грунтов выполняют в соответствии с ГОСТ 12071-2000 отбор проб для проведения лабораторных испытаний в местах, определенных при георадиолокационном измерении.

4.7 Для выполнения георадиолокационных измерений в соответствии с требованиями раздела 7 ГОСТ 32868 используют георадары:

-имеющие сертификаты соответствия;

-прошедшие техническое обслуживание в соответствии с требованиями изготовителя;

-адаптированные к специфике решаемых задач.

4.8 К работам по георадиолокационному контролю допускаются специалисты с профильным высшим дорожным образованием, прошедшие обучение по работе с георадаром и имеющие опыт георадарных работ не менее двух лет при выполнении изыскательских работ, обследовании эксплуатируемых дорог или осуществлении строительного контроля на автодорожных объектах.

К выполнению работ по георадиолокационному контролю оценки соответствия, включающих обработку и интерпретацию полученных радарограмм, могут быть дополнительно привлечены инженеры-геофизики.

Комплексные геофизические исследования могут применяться при контроле качества в тех случаях, когда данных георадиолокационных измерений (например, глубинные карстовые процессы) не достаточно для принятия объективного решения.

При георадиолокационных измерениях могут применяться системы спутникового позиционирования, видео- и фотосъемка, а при необходимости

– мобильное лазерное сканирование.

5 Основы выполнения георадиолокационного контроля

5.1 Георадиолокационные измерения могут выполняться как на всем построенном участке (сплошной контроль), так и на его части (выборочный контроль).

5.2 Сплошной контроль всегда выполняется в ходе операционного контроля строительной организацией. В ходе операционного и приемочного контроля организацией по строительному контролю выполняется как выборочный, так и сплошной контроль, в зависимости от требований заказчика (застройщика) и протяженности участка.

Длина участка для выборочного контроля назначается равной от 20 % до 30 % от общей протяженности построенного участка, при его длине до 15 км. При большей длине – от 5 % до 20 % от общей протяженности участка.

5.3 При операционном контроле строительной организацией выполняются сплошные георадиолокационные измерения:

-толщины асфальтобетонных слоев – не ранее чем через одни сутки после их уплотнения;

-толщины бетонных слоев – не ранее чем через 7-28 дней после устройства слоя (в зависимости от влажности бетона);

-толщины и однородности свойств (влажность и плотность) материалов нижних слоев основания дорожной одежды – сразу после устройства и уплотнения слоя;

-однородности свойств грунтов земляного полотна – после их уплотнения.

5.4 Сплошной контроль выполняют по всему участку строящейся или ремонтируемой дороги по каждой полосе движения (согласно разделам 6 и 7). Выборочный контроль в ходе строительства и приемки работ осуществляют аналогично сплошному контролю на участках

протяженностью, приведенной в 5.2.

5.5 По запросу контролирующих органов в ходе плановых проверок выполняют сплошной или выборочный контроль в зависимости от их требований и протяженности участка (5.2). Сплошному контролю по запросу контролирующих органов обычно подлежат участки дорог с несоответствием технического состояния нормативным параметрам по СП 78.13330.2012 и ОДН 218.0.006-2002 [3] в гарантийный период.

5.6 Частоту геологической заверки назначают в зависимости от вида контроля (операционный, строительный, приемочный, по запросу контролирующих организаций) и задач, решаемых в процессе оценки соответствия.

5.7 При операционном контроле не допускают необоснованных объемов отбора кернов, буровых работ и рытья шурфов. Заверка по толщине осуществляется геодезическими методами, путем привязки к кромкам уложенных и уплотненных монолитных слоев, а также по разности нивелировочных отметок при определении выполненных работ по обратной засыпке. На участках с выявленной неоднородностью свойств материалов рекомендуется провести дополнительное уплотнение (при необходимости – досыпку материала) или удалить обнаруженные неоднородные включения.

5.8 При приемочном контроле и проверке по запросу контролирующих органов сначала выполняют георадиолокационные измерения с целью обоснования мест расположения выработок (керны, буровые скважины, шурфы), то есть определения участков дорог с заниженными толщинами конструктивных слоев дорожной одежды и выявленными неоднородными материалами и грунтами. Затем производят заверочные работы традиционными методами. Рекомендуется, если это возможно, перед георадиолокационными измерениями осуществить проходки из расчета одна выработка на 1 км дороги для определения фактической диэлектрической проницаемости. При невозможности обеспечить геологическую заверку до георадиолокационных измерений

выработку проходят сразу после записи профиля.

5.9 Решение о приемке работ в ходе приемочного контроля или оценке соответствия выполненных работ требуемым параметрам при проверке по запросу контролирующих органов принимается только на основании пройденных выработок (по требованиям нормативных документов, указанных заказчиком (застройщиком).

Все буровые работы, производимые при геологической заверке результатов георадиолокационных измерений, выполняются организацией, назначаемой заказчиком и осуществляющей приемочный контроль традиционным методом бурения, с целью исключения повторных объемов проходки выработок и соблюдения требований отбора образцов для дальнейших их лабораторных испытаний.

5.10 По запросу контролирующих органов георадиолокационный контроль выполняют не позднее, чем через два года после завершения строительных или ремонтных работ на участках, не подвергавшихся после этого никаким ремонтно-восстановительным работам.

5.11 Исходные параметры георадиолокационного оборудования перед измерениями устанавливают согласно рекомендациям производителя георадара и «Методическим рекомендациям по применению георадаров при обследовании дорожных конструкций» [2].

6 Оценка соответствия по толщине конструктивных слоев дорожной одежды

6.1 Критерии соответствия толщины слоев дорожной одежды проектным значениям согласно СП 78.13330.2012 следующие:

-для оснований и покрытий асфальтобетонных и цементобетонных: не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений до ±10 %, остальные до ±5 %;

-для всех остальных типов оснований и покрытий: не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в

пределах от 15 мм до 20 мм, остальные – до ±10 мм.

6.2 Для обеспечения минимальной погрешности определения глубины заложения и толщины слоев (до 2 %), необходимо сделать не менее 2-5 контрольных выработок на 1 км дороги. При погрешности до 5 % достаточно 1-2 выработок на 1 км (3.5.5 Методических рекомендаций по применению георадаров при обследовании дорожных конструкций [2]).

Минимальное количество выработок назначается заказчиком (застройщиком) в соответствии с требованиями нормативно-технических документов, в т.ч. указанных в 4.2.

6.3 Количество выработок, проходимых в слоях дорожной одежды, может быть уменьшено до 1 шт. на км (ограничиваются проходкой одной выработки, выполняемой до начала измерений), в том случае, когда по результатам георадиолокационных измерений максимальная величина отклонения толщины слоя от проектного значения не приближается к предельно допустимому отклонению (6.1) ближе, чем на величину погрешности, указанную в 6.2. Исключением являются участки протяженностью менее 2 км, на которых проходят до двух выработок на км.

6.4 Последовательность действий при георадиолокационных измерениях толщины слоев дорожной одежды представлена в приложении А.

6.5 Справочные данные о времени, необходимом для выполнения георадиолокационных измерений при определении толщины монолитных слоев на участках требуемой протяженности, приведены в приложении Б.

6.6 Оценка толщины слоев асфальтобетонных и бетонных оснований и покрытий

6.6.1 Толщину слоев асфальтобетонных (по ГОСТ 9128-2009) и бетонных (по ГОСТ 18105-2010) оснований и покрытий в интервале от 3 до 70 см определяют георадиолокационным методом с погрешностью соответственно от 1 до 3 см (меньшая погрешность – для малых толщин, большая – для больших толщин).

6.6.2 Оборудование

6.6.2.1 При георадиолокационном контроле толщины слоев используют высокочастотные контактные и бесконтактные экранированные антенные блоки с частотой >900 МГц.

6.6.2.2 При продольном профилировании слоев асфальтобетонных и бетонных оснований и покрытий преимущественно используют бесконтактные антенные блоки, жестко закрепленные на автомобиле.

6.6.2.3 Контактные антенны применяют при выполнении детальных обследований участков до 2 км (как закрепленные за автомобилем, так и посредством ручного буксирования), а также при необходимости осуществления поперечных проходов (при ручном буксировании георадара [4]). На более протяженных участках (свыше 2 км) контактные антенные блоки посредством буксирования автомобилем используют в тех случаях, когда бесконтактный блок не может обеспечить требуемую глубинность съемки с достаточным качеством данных (например, когда большая толщина монолитных слоев – асфальтобетонное покрытие уложено на бетонном основании).

6.6.2.4 На автомобильных дорогах с низкой интенсивностью движения контактные антенные блоки могут быть применены при обследовании автомобильных дорог на десятки километров.

6.6.2.5 Рекомендуемые частоты антенных блоков [2; 4] для определения толщины монолитных слоев покрытия и основания, исходя из типов конструкции дорожной одежды, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рекомендуемые частоты антенных блоков для определения толщины монолитных слоев покрытия и основания

Тип конструкции	Общая мощность слоев, см	Ориентировочная частота антенного блока, МГц
Асфальтобетонное покрытие на асфальтобетонном или бетонном основании	3-30	1500-3000
	30-70	1000-1500

Окончание таблицы 1

Покрытие из армированных железобетонных плит	14-18	1700-3000
Покрытие из монолитного бетона (в т.ч. двухслойного)	18-40	1200-2000

6.6.3 Методика полевых работ

6.6.3.1 Перед выполнением контрольных измерений анализируют априорную информацию по участку автомобильной дороги:

-материалы проектной и рабочей документации;

-материалы строительного контроля и исполнительной съемки.

В случае, если участок дороги введен в эксплуатацию, анализируют данные по топографическим картам и геоинформационным системам.

6.6.3.2 В процессе георадиолокационного обследования участка дороги анализируют материалы для привязки пройденных профилей к местности: метки в программе записи георадиолокационных данных, фото- и видео материалы, координаты точек и треков, полученных с помощью систем спутникового позиционирования и др. Привязку записанных профилей осуществляют (при необходимости) к характерным местам и объектам (пересечения и примыкания, водопропускные трубы, элементы обустройства дороги и т.п.)

6.6.3.3 При записи радарограмм использование датчиков перемещения пройденного пути считают обязательным, при этом предусматривают предварительную калибровку датчика перемещения [2] на контрольном участке, протяженностью 200-500 м.

6.6.3.4 Скорость измерения определяют шагом зондирования и техническими возможностями георадиолокационного оборудования. Шаг зондирования при буксировании георадара автомобилем устанавливается в пределах от 0,2 до 0,5 м, при пешеходной съемке (на участках до 1 км) – от 0,05 до 0,2 м [4]. При отсутствии автомобильного движения на дороге георадиолокационные измерения с помощью автомобиля рекомендуется

выполнять с минимально возможным шагом зондирования (от 0,1 до 0,3 м). Шаг зондирования на армированных бетонных плитах принимается от 0,05 до 0,10 м, в несколько раз меньше шага расположения арматуры в плитах.

6.6.3.5 При назначении параметров измерений учитывают, что на диэлектрическую проницаемость различных асфальтобетонных и бетонных слоев дорожной одежды влияют условия эксплуатации:

-влажность;

-плотность материала (коэффициент уплотнения);

-состав смеси;

-срок эксплуатации уложенного материала;

-состояние поверхности покрытия (гололед, наличие снега, загрязнение грунтами, трещины на покрытии и т.д.) и погодные условия в период выполнения работ (температура воздуха, мелкий дождь, снег, туман и т.д.);

-месторасположение участка (повышенное или пониженное место, насыпь или выемка, сухой или мокрый участок).

Сухие асфальтобетонные и бетонные слои имеют меньшую диэлектрическую проницаемость, чем насыщенные водой (приложение В). Осредненные данные об изменении во времени диэлектрической проницаемости асфальтобетона содержатся на рисунке 1 [5].

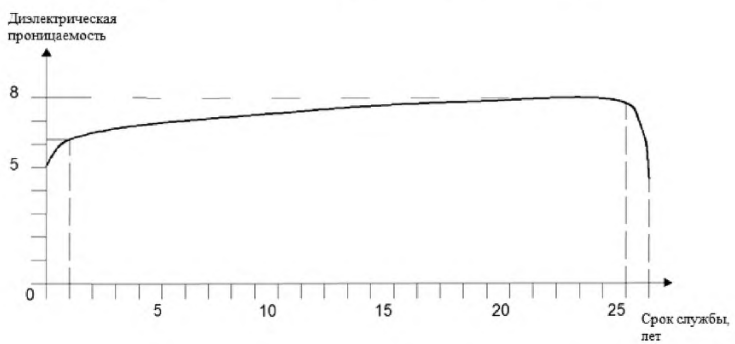


Рисунок 1 – Зависимость диэлектрической проницаемости слоев асфальтобетона от их возраста

6.6.3.6 Фактическую диэлектрическую проницаемость монолитных слоев дорожной одежды определяют до выполнения георадиолокационных измерений по одному керну на 1 км (на равнинной местности выработки отбирают возле километровых или пикетажных знаков, на пересеченной – в местах, указанных в 6.6.3.20). Отбор кернов осуществляют на расстоянии b=1 м от кромки покрытия, если в задании заказчик ссылается на СП 78.13330.2012, или b=1,5 м от края проезжей части, если в задании заказчик ссылается на 6.2.10 СТО НОСТРОЙ 2.25.36-2011 [1].

6.6.3.7 При невозможности отбора кернов на обследуемой полосе движения, в случаях, когда не разрешается применение разрушающих методов контроля, допускается отбор образцов за пределами основной проезжей части, на примыкающих к ней элементах, когда материал слоев дорожной одежды, их толщина и время устройства соответствуют материалам и слоям основной проезжей части. К примыкающим элементам относят, например, переходно-скоростные полосы, заездные карманы остановок общественного транспорта, площадки для аварийной остановки автомобилей и т.п.

6.6.3.8 При сплошном операционном контроле при геологической заверке и определении фактической диэлектрической проницаемости вместо отбора кернов измеряют мерной линейкой (или другими измерительными инструментами) толщину слоя по его кромке (рисунок 2), после чего записывают короткий поперечный или продольный профиль с протягиванием антенного блока в непосредственной близости от выполненного измерения.



Рисунок 2 – Измерение толщины слоя по кромке

6.6.3.9 При приемочном контроле и проверке по запросу контролирующих органов процесс геологической заверки (отбор кернов) производят по зафиксированной траектории движения после прохода георадара или записывают короткий георадиолокационный профиль в непосредственной близости с пройдённой выработкой сразу после отбора керна (5.8).

6.6.3.10 Полученные значения фактической диэлектрической проницаемости распространяются на 1 км участка автомобильной дороги, если на всем протяжении участка одинаковые условия эксплуатации (см. 6.6.3.6). При георадиолокационном контроле оценки соответствия по толщине на протяжении нескольких километров дороги с одинаковыми условиями эксплуатации диэлектрическую проницаемость рассчитывают путем усреднения всех полученных значений.

6.6.3.11 На участках автомобильных дорог при разных условиях эксплуатации, где диэлектрическая проницаемость существенно отличается от средних значений (более чем на 0,5), руководствуются фактически полученными значениями с привязкой к каждому характерному участку. Полученные значения диэлектрической проницаемости распространяются на всю протяженность каждого характерного участка.

6.6.3.12 При невозможности определения фактической диэлектрической проницаемости асфальтобетонных и бетонных слоев основания и покрытия до проведения контрольных измерений она может

быть принята на основании эмпирических данных (приложение В).

6.6.3.13 Определение фактической диэлектрической проницаемости слоев осуществляется следующим образом:

-намечают на радарограмме места расположения выработок;

-прокладывают (картируют) кровлю и подошву слоев;

-в программе обработки изменяют диэлектрическую проницаемость слоя так, чтобы в точке проходки выработки подошва слоя по радарограмме совпала по глубине заложения с глубиной слоя по данным выработки (рисунок 3, 4), если корректировка диэлектрической проницаемости осуществляется программой автоматически, указывают толщину слоя по выработке.

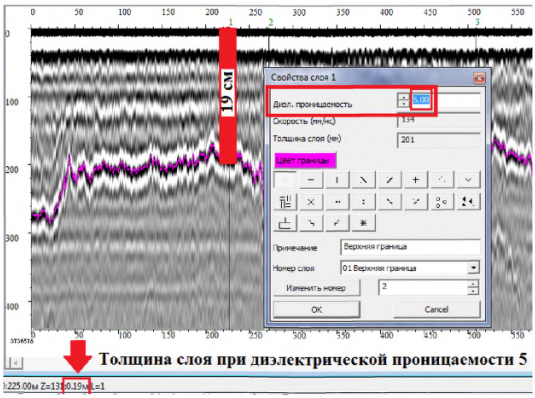


Рисунок 3 – Толщина слоя до корректировки диэлектрической проницаемости

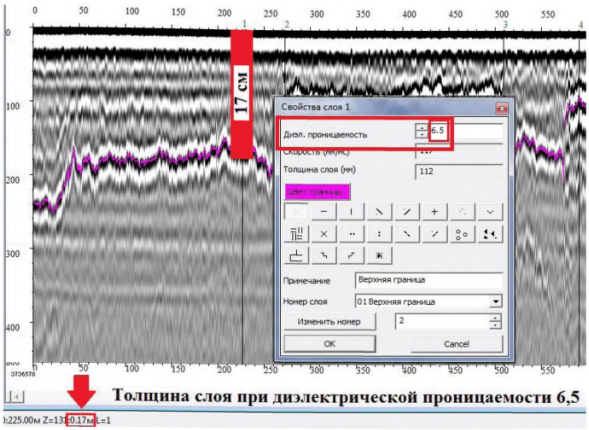


Рисунок 4 – Толщина слоя после корректировки диэлектрической проницаемости

При существенном отклонении диэлектрической проницаемости от параметров, указанных в приложении В, осуществляют корректировку интерпретированных отражающих границ или положение верхней границы поверхности.

6.6.3.14 Георадиолокационный контроль выполняют с помощью продольных и поперечных проходов георадара соответственно по поверхности проезжей части и по всей ширине покрытия.

6.6.3.15 При сплошном контроле последовательность выполнения контрольных измерений следующая:

-определение фактической диэлектрической проницаемости по одной выработке на км (при накопленном региональном опыте георадиолокационных исследований диэлектрическая проницаемость может назначаться по таблицам);

-продольное профилирование участка;

-определение мест расположения выработок в створе хода георадара на расстоянии b (6.6.3.6) от кромки с разметкой на местности;

-проходка выработок с учетом минимально необходимого их

количества (6.2);

-поперечное профилирование, в том числе возле пройденных выработок (только при необходимости выполнения поперечных проходов по заданию заказчика (застройщика).

Места расположения выработок в ходе георадиолокационных измерений по запросу контролирующих органов могут быть также назначены на участках с состоянием покрытия, не отвечающим транспортно-эксплуатационным требованиям (согласно ГОСТ 33220, ОДН 218.0.006-2002 [3] и ОДН 218.1.052-2002 [6].

6.6.3.16 При выборочном контроле до начала измерений необходимо определиться с участком выполнения работ, который может быть установлен в ходе рекогносцировочного обследования, по наличию выявленных визуальных дефектов [6]. После определения участка для выборочного контроля последовательность работ аналогична приведенной в 6.6.3.15.

6.6.3.17 Продольное профилирование рекомендуется осуществлять по каждой из полос движения на расстоянии b (6.6.3.6) от кромки. Показаниями для выполнения поперечных проходов являются дефекты на покрытии, а также требование заказчика (застройщика) или контролирующих органов. Поперечные проходы выполняются от одной кромки до другой по всей ширине покрытия только на участках автомобильных дорог, где возможно кратковременное закрытие движения для выполнения георадиолокационных измерений или на не введенных в эксплуатацию объектах. На проблемных участках, при невозможности выполнения поперечных проходов, они заменяются серией параллельных продольных проходов.

6.6.3.18 При параллельном продольном профилировании закладывают два створа прохода георадара по каждой полосе движения равноудаленных от центральной оси полосы на четверть ее ширины. Если проезжая часть имеет смежные три полосы движения и более,

достаточно одного продольного прохода по оси каждой полосы.

6.6.3.19 Количество поперечных проходов зависит от состояния покрытия и может быть назначено от 3 до 50 на 1 км дороги [4]. В ходе операционного и приемочного контроля зачастую достаточно трех поперечников на 1 км дороги. Увеличение числа поперечников осуществляют на проблемных участках.

6.6.3.20 После выполнения георадиолокационных измерений определяют места проходки контрольных выработок, важно выбрать участки на радарограмме, на которых искомые границы четко и однозначно отображаются, при этом рекомендуется отбирать керны (образцы) на участках с максимальной и минимальной толщиной слоя.

6.6.3.21 На участках автомобильных дорог с разными условиями эксплуатации отбирают керны (образцы) в пониженных местах выемок и повышенных местах насыпей, на сухих и мокрых участках. После определения участков на радарограмме закрепляют их на местности и выполняют проходку контрольных выработок.

6.6.3.22 Керны (образцы) отбираются на расстоянии b (6.6.3.6) от кромки в створе прохода георадара. Общее количество выработок, с учетом используемых для определения фактической диэлектрической проницаемости, назначается исходя из допустимой погрешности измерений (6.2), при этом учитывают требования заказчика (застройщика) и 7.10.11.

6.6.3.23 В процессе отбора кернов производят фотографирование образцов (рисунок 5).



Рисунок 5 – Фотофиксация толщины асфальтобетонных слоев дорожной одежды

6.6.4 Последовательность выполнения камеральных работ

6.6.4.1 Камеральные работы выполняют в следующей последовательности:

-проверка соответствия пройденных дистанций фактическим (по данным проектной документации, меток, видео- и фотоматериалов, данных систем спутникового позиционирования и др.);

-анализ априорной информации и данных отбора кернов (образцов);

-картирование слоев дорожной одежды;

-послойная корректировка диэлектрической проницаемости;

-расчет толщины слоев и их графическая визуализация;

-анализ полученных результатов и оформление отчета.

6.6.5 Оценка соответствия по толщине слоев асфальтобетонных и бетонных оснований и покрытий

6.6.5.1 Оценку соответствия выполняют согласно 6.1 по допускаемым отклонениям от проектных значений толщины.

6.6.5.2 Приемку асфальтобетонных и бетонных слоев дорожной одежды осуществляют согласно техническому заданию заказчика (застройщика) (по СП 78.13330.2012 или СТО 017 НОСТРОЙ 2.25.36 [1]).

6.6.5.3 После расчета толщины слоев определяют места отбора кернов для выполнения традиционной приемки выполненных работ с

использованием бурения. Для этого по радарограммам выявляются наиболее неблагополучные участки (там, где толщина слоев с учетом максимально допустимого отклонения не соответствует 2.3.1 таблицы А.1 приложения А СП 78.13330.2012 или в местах экстремальных значений толщины). Количество выработок не превышает нормативы СП 78.13330.2012 или СТО 017 НОСТРОЙ 2.25.36-2013 [1].

6.6.5.4 Проверку однородности по толщине выполняют по рассчитанным значениям толщин слоев асфальтобетона или бетона не менее чем в 100 точках (расстояние между точками принимают 20 м, оно может корректироваться в зависимости от задания заказчика (застройщика) и длины обследуемого участка), оценивают коэффициент вариации (методика расчета приведена в приложении Г). Если коэффициент вариации больше 0,06, количество кернов, отбираемых при выполнении приемки традиционным методом бурения, может быть увеличено по отношению к 6.2.

6.6.5.5 Если отобранные керны подтверждают выявленные по радарограммам нарушения по толщине слоев, дорожно-строительные работы не принимаются.

6.6.5.6 Если по результатам отбора кернов, в местах, определенных в ходе георадиолокационных измерений, нарушения по толщине слоев не выявлены, работы по устройству асфальтобетонных и бетонных слоев дорожной одежды принимаются.

6.6.5.7 В случаях, когда по результатам георадиолокационных измерений нарушения по толщине слоев не выявлены (с учетом 6.3), а по данным отбора кернов имеются нарушения, или наоборот, когда по данным георадиолокационных измерений выявлены нарушения, но они не подтверждаются бурением, сравнивают результаты георадиолокационных измерений и данных бурения. При расхождении результатов на величину, не превышающую погрешность георадиолокационных измерений (6.2), данные георадиолокационного измерения считаются достоверными, а решение о соответствии толщины слоев принимается на основании толщины слоев по

кернам. При большой разности результатов (например, 10 % - 15 % и более) толщины, рассчитанные с помощью георадара, достоверными не являются и подлежат пересчету.

6.7 Оценка толщины нижних слоев основания дорожной одежды

6.7.1 Нижние слои основания дорожной одежды могут быть представлены такими материалами, как щебеночные смеси, песчано-гравийные смеси, щебеночно-песчано-гравийные смеси по ГОСТ 25607-2009 и ГОСТ 23558-94; щебень – по ГОСТ 8269.0-97 и ГОСТ 8267-93; щебень и песок шлаковые – по ГОСТ 3344-83; песок – по ГОСТ 8736-93; ЩПЦС [7], тощий бетон – по ГОСТ 26633-2012, укрепленные грунты – по ГОСТ 30491-2012 и ГОСТ 23558-94 и др.

6.7.2 Оценку толщины слоев основания дорожной одежды осуществляют послойно (в ходе операционного контроля) либо на уже построенной дорожной конструкции в иных случаях, предусмотренных в 4.5.

6.7.3 Оборудование

6.7.3.1 При выполнении георадиолокационных измерений для оценки соответствия толщины слоев основания дорожной одежды могут применяться среднечастотные контактные и бесконтактные антенные блоки (400-900 МГц).

6.7.3.2 Антенные блоки используются аналогично 6.6.2.2-6.6.2.4.

6.7.3.3 Выбор частоты антенных блоков в зависимости от слоя осуществляют по данным таблицы 2 [4].

Таблица 2 – Рекомендуемые частоты антенных блоков для определения толщины нижних слоев основания дорожной одежды

Глубина залегания подошвы слоя, м	Ориентировочная частота антенного блока, МГц
0,15-0,59	700-900
0,6-1,50	400-700

6.7.4 Методика полевых работ

6.7.4.1 Рекогносцировочные работы осуществляют аналогично 6.6.3.1. Георадиолокационные измерения выполняют в соответствии с 6.6.3.2-6.6.3.4.

6.7.4.2 Диэлектрическая проницаемость материалов определяется на основании фактических измерений (аналогично 6.6.3.13) или принимается по данным приложения В. Также диэлектрическая проницаемость грунтов (пород) в зависимости от влажности может быть определена расчетом.

Зависимость диэлектрической проницаемости от влажности [8] для песков в основании дорожной одежды определяется по формуле (1), для щебня – по формуле (2):

$$\varepsilon = -3{,}63 - 3{,}93 * W + 0{,}15 * W^2 + 16{,}98 \ln W, \quad (1)$$

где W – влажность по массе, %;

$$\varepsilon = 3{,}03 + 9{,}3 * W_{об} + 146 * W_{об}{}^2 - 76{,}7 * W_{об}{}^3, \quad (2)$$

где $W_{об}$ – объемная влажность, %.

6.7.4.3 Полевые работы по георадиолокационному измерению толщины нижних слоев основания дорожной одежды и последовательность камеральной обработки аналогична 6.6.3.14-6.6.3.22, 6.6.4.

6.7.4.4 Общее количество выработок может быть увеличено по результатам измерений согласно 6.7.5.4.

6.7.5 Оценка соответствия толщины нижних слоев основания дорожной одежды

6.7.5.1 Оценку соответствия выполняют согласно 6.1.

6.7.5.2 Приемку нижних слоев основания дорожной одежды осуществляют согласно СП 78.13330.2012 или СТО 017 НОСТРОЙ 2.25.36.

6.7.5.3 После расчета толщины слоев определяют места проходки выработок для выполнения традиционной приемки методом бурения. Для этого по радарограммам выявляют наиболее неблагополучные участки (там,

где толщина слоев с учетом максимально допустимого отклонения не соответствует 2.3.2 таблицы А.1 приложения А СП 78.13330.2012 или в местах экстремальных значений толщины). Количество выработок не превышает нормативы СП 78.13330.2012 или СТО 017 НОСТРОЙ 2.25.36-2013 [1].

6.7.5.4 При оценке однородности по толщине коэффициент вариации (методика расчета приведена в приложении Г) оценивают по не менее чем 100 рассчитанным значениям толщин нижних слоев основания дорожной одежды (шаг между точками 20 м). В случае превышения коэффициентом вариации значения 0,08 количество скважин при выполнении приемки традиционным методом бурения может быть увеличено по отношению к 6.2.

6.7.5.5 Если бурение подтверждает выявленные по радарограммам нарушения по толщине слоев, дорожно-строительные работы не принимаются.

6.7.5.6 Если по результатам бурения в местах, определенных в ходе георадиолокационных измерений, нарушения по толщине слоев не выявлены, работы по устройству нижних слоев основания дорожной одежды принимаются.

6.7.5.7 При расхождении георадиолокационных результатов с данными пройденных выработок руководствуются 6.6.5.7.

7 Оценка однородности свойств материалов и грунтов земляного полотна

7.1 Оценку однородности свойств выполняют для материалов слоев основания дорожной одежды и грунтов земляного полотна (согласно ГОСТ 32836 и ГОСТ 32868). Целью оценки однородности является выявление отклонений в физико-механических свойствах материалов более допустимых значений, а также наличие включений неоднородностей

(воздушные полости, разуплотненные зоны, заполненные водой, включения инородных материалов). Для крупнообломочных пород это линзы другой породы (суглинок, супесь, органические примеси и др.), для кондиционных песчаных материалов это могут быть щебеночные включения или полости, заполненные суглинистыми грунтами, воздухом (разуплотнения) или водой. К неоднородности физико-механических свойств относятся отклонения от нормируемой влажности и плотности (коэффициент уплотнения) грунтов земляного полотна (рисунки 6-9).

7.2 Выявление неоднородностей выполняется по амплитудно-частотным характеристикам при обработке и интерпретации полученных радарограмм с последующей геологической заверкой выработками и лабораторными испытаниями отобранных проб.

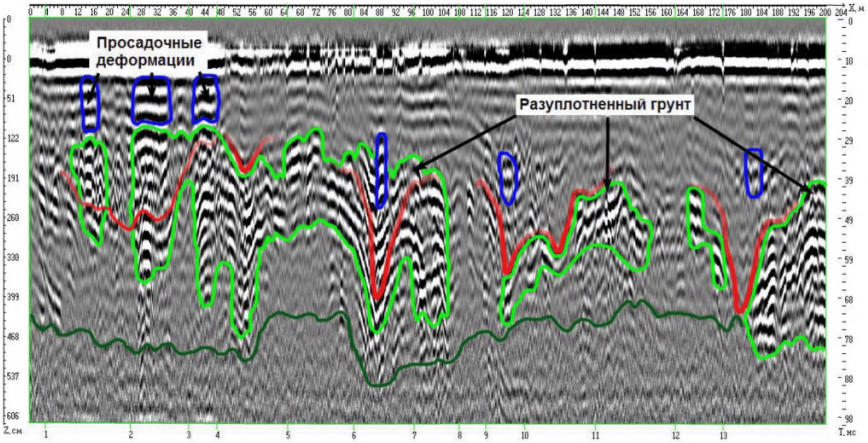


Рисунок 6 – Пример выявления на радарограмме продольного разреза неоднородностей на закарстованном участке автомобильной дороги

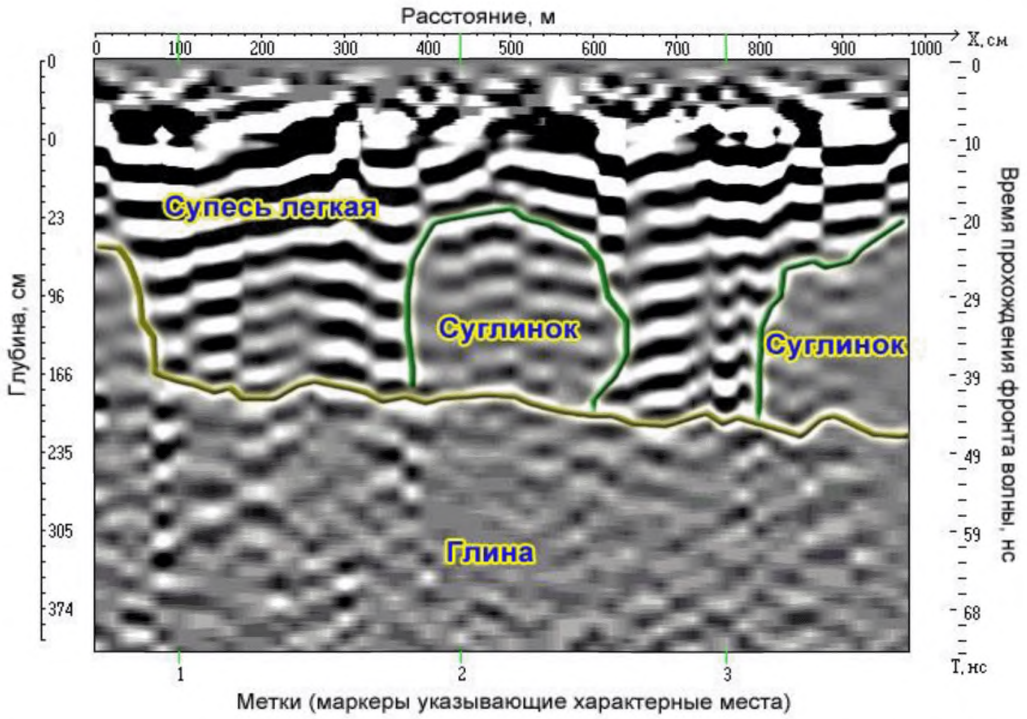


Рисунок 7 – Пример выявления неоднородных грунтов в теле земляного полотна на радарограмме поперечного разреза

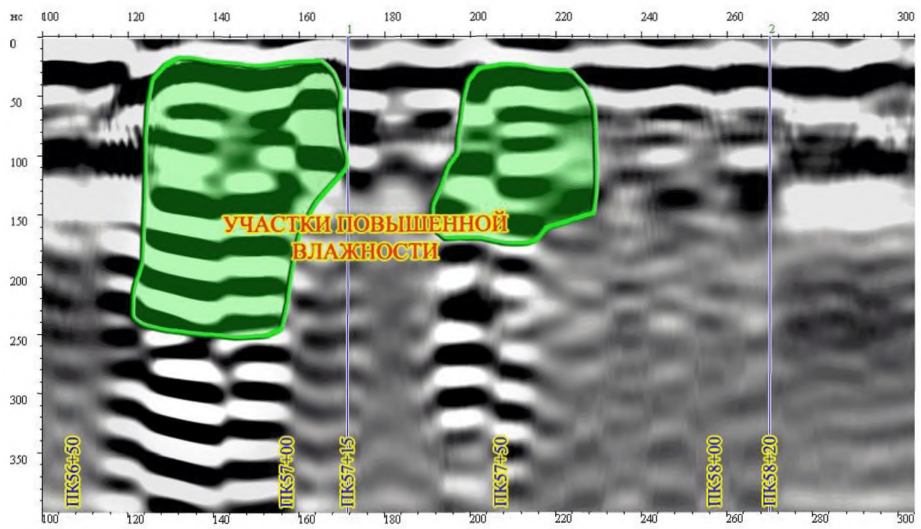


Рисунок 8 – Пример выявления в грунтах земляного полотна включений грунтов с повышенной влажностью по радарограмме продольного разреза

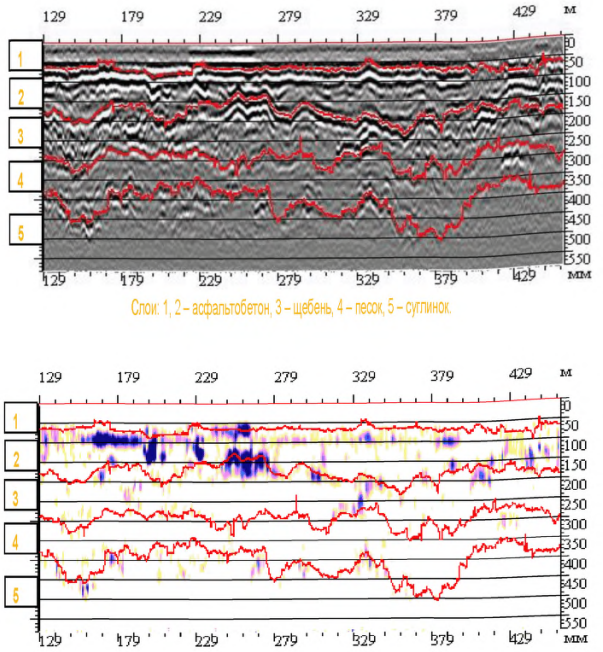


Рисунок 9 – Выделение зон с различной степенью плотности материалов дорожной одежды и грунтов земляного полотна

7.3 Влажность используемого грунта согласно СП 78.13330.2012 контролируют в месте его получения (в резерве, карьере) до георадиолокационных измерений при входном контроле по ГОСТ 51810.

7.4 Допустимые значения влажности грунтов, которые выдерживаются при устройстве земляного полотна при различных значениях коэффициента уплотнения, контролируемые георадиолокационными методами, приведены в таблице 3 (таблица 1, раздел 7, СП 78.13330.2012).

Таблица 3 – Допустимая влажность грунтов при уплотнении

Вид грунта	Влажность, в долях от оптимальной, при требуемом коэффициенте уплотнения		
	1 - 0,98	0,95	0,90
Пески пылеватые	Не более 1,35	Не более 1,6	Не нормируется
Супеси легкие	0,8 - 1,25	0,75 - 1,35	0,7 - 1,6
Супеси пылеватые, суглинки легкие	0,85 - 1,15	0,8 - 1,2	0,75 - 1,4
Суглинки тяжелые, глины	0,95 - 1,05	0,9 - 1,1	0,85 - 1,2

7.5 Допускают снижение плотности грунта земляного полотна и присыпных обочин, а именно не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений до 4 %, а остальные должны быть не ниже проектных значений (согласно СП 78.13330.2012).

7.6 Степень уплотнения грунта рабочего слоя, определяемая величиной коэффициента уплотнения (определяется по действующим нормативно-техническим документам), согласно СП 34.13330 представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Наименьший коэффициент уплотнения грунта

Элементы земляного полотна	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия, м	Наименьший коэффициент уплотнения грунта при типе дорожных одежд					
		капитальном			облегченном и переходном		
		в дорожно-климатических зонах					
		I	II, III	IV, V	I	II, III	IV, V
Рабочий слой	До 1,5	0,98–0,96	1,0–0,98	0,98–0,95	0,95–0,93	0,98–0,95	0,95

Окончание таблицы 4

Элементы земляного полотна	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия, м	Наименьший коэффициент уплотнения грунта при типе дорожных одежд					
		капитальном			облегченном и переходном		
		в дорожно-климатических зонах					
		I	II, III	IV, V	I	II, III	IV, V
Неподтопляемая часть насыпи	Св. 1,5 до 6	0,95–0,93	0,95	0,95	0,93	0,95	0,90
	Св. 6	0,95	0,98	0,95	0,93	0,95	0,90
Подтопляемая часть насыпи	Св. 1,5 до 6	0,96–0,95	0,98–0,95	0,95	0,95–0,93	0,95	0,95
	Св. 6	0,96	0,98	0,98	0,95	0,95	0,95

7.7 Однородность свойств материалов нижних слоев основания дорожной одежды и грунтов земляного полотна определяют георадиолокационным методом при операционном контроле послойно, при приемочном контроле – на глубинах от 0,15 м до 16 м.

Однородность физико-механических свойств предварительно оценивают методом георадиолокации по амплитудно-частотным характеристикам с последующим отбором проб и окончательно – по результатам лабораторных испытаний.

7.8 Критериями выявления неоднородностей свойств материалов и грунтов земляного полотна на радарограммах являются:

-увеличение амплитуды сигнала на глубине расположения контролируемого слоя в 2-4 раза и более (в зависимости от частоты антенного блока, типа местности, вида зондируемого материала или грунта и др.) по сравнению со средним значением;

-уменьшение частоты сигнала на глубине расположения контролируемого слоя в три раза по отношению к среднему значению (для грунтов земляного полотна и дополнительных слоев основания дорожной

одежды).

7.9 Оборудование

7.9.1 При георадиолокационном контроле однородности свойств материалов нижних слоев основания дорожной одежды и грунтов земляного полотна используют среднечастотные (от 400 до 900 МГц) и низкочастотные (менее 400 МГц) контактные и соответствующие бесконтактные антенные блоки.

7.9.2 При продольном профилировании нижних слоев основания дорожной одежды и грунтов земляного полотна преимущественно используют контактные антенные блоки, закрепленные за автомобилем или транспортируемые оператором вручную.

7.9.3 Бесконтактные антенные блоки применяются только при георадиолокационных измерениях однородности свойств материалов верхних слоев основания дорожной одежды.

7.9.4 Рекомендуемые частоты антенных блоков [2; 4] для оценки однородности свойств материалов нижних слоев основания дорожной одежды принимают по данным таблицы 2, а для грунтов земляного полотна принимают, исходя из глубины заложения и мощности слоев, по таблице 5.

Таблица 5 – Рекомендуемые частоты антенных блоков для оценки однородности свойств материалов и грунтов земляного полотна

Глубина залегания подошвы слоя, м	Ориентировочная частота антенного блока, МГц
<5	150-400
>5<8	90-250
>8<12	90-150*
>12<16	≥90*
*При недостаточной глубине зондирования в неблагоприятных грунтовых условиях применяются неэкранированные дипольные антенные блоки.	

7.10 Методика полевых работ

7.10.1 Рекогносцировочные работы осуществляют аналогично 6.6.3.1.

Георадиолокационные измерения выполняют в соответствии с 6.6.3.2-6.6.3.4.

7.10.2 Диэлектрическая проницаемость материалов нижних слоев основания дорожной одежды принимается той же, что и при георадиолокационных измерениях толщины (6.7.4.2). В случае выполнения георадиолокационных измерений послойно, как для слоев грунта земляного полотна, так и для нижних слоев материалов дорожной одежды, методика определения фактической диэлектрической проницаемости аналогична 6.6.3.13.

Для определения диэлектрической проницаемости грунтов земляного полотна расчетным путем используют формулу (3) [8]:

$$\varepsilon = 3{,}2 + 1{,}1 * W, \quad (3)$$

где W – влажность по массе, %.

7.10.3 Назначение диэлектрической проницаемости по участку осуществляют дифференцированно аналогично 6.6.3.10-6.6.3.11.

7.10.4 Операционный георадиолокационный контроль однородности материалов при устройстве земляного полотна и дорожной одежды выполняют послойно.

Контроль плотности согласно 7.12.3 СП 78.13330.2012 проводят на каждой сменной захватке работы уплотняющих машин, но не реже чем через 200 м при высоте насыпи до 3 м и не реже чем через 50 м при высоте насыпи более 3 м.

Контроль плотности верхнего слоя проводят не реже чем через 50 м.

Контроль плотности оценивают на глубине, равной 1/3 толщины уплотняемого слоя, но не менее 8 см.

7.10.5 По земляному полотну продольные профили проходят по оси сооружения и на расстоянии от 1,5 до 2,0 м до бровки, а при ширине покрытия более 20 м – также в промежутках между ними под полосами движения, куда будет передаваться нагрузка (согласно 7.12.3 СП 78.13330.2012).

По слоям основания дорожной одежды продольные профили проходят по оси и у бровок (согласно 8.10 СП 78.13330.2012), а также по полосам движения (при ширине слоя более 20 м).

Геологическую заверку отсыпаемых слоев земляного полотна и слоев основания дорожной одежды осуществляют по данным о толщинах, полученных в ходе операционного контроля традиционными методами через каждые 100 м профиля по каждому продольному проходу (см. 7.12.3 и 8.10 СП 78.13330.2012). Геологическая заверка толщины слоев может выполняться с помощью геодезических приборов.

7.10.6 В ходе послойного операционного георадиолокационного контроля устройства земляного полотна и дорожной одежды продольные и поперечные профили проходят при помощи ручного буксирования георадара по поверхности каждого слоя.

7.10.7 Возможность буксирования георадарного оборудования с помощью автомобиля определяется для каждого конкретного случая индивидуально, исходя из вида, используемого для отсыпки материала и степени его уплотнения в слое. Степень уплотнения определяется проектом и требованиями нормативно-технических документов.

7.10.8 Выработки при приемочном контроле земляного полотна и нижних слоев дорожной одежды проходят в местах обнаружения неоднородностей свойств материалов и для сравнения на участках, где неоднородности не обнаружены.

Выработки закладывают в количестве не менее трех штук на поперечник в местах прохождения продольных профилей георадара (по 7.10.5), при этом предусматривают три поперечника на 1 км дороги (в соответствии с 8.8 ГОСТ 32868-2014).

Если по данным георадиолокационных измерений неоднородности не обнаружены, руководствуются только требованиями 7.12.3 и 8.10 СП 78.13330.2012.

7.10.9 В ходе приемочного контроля земляного полотна выполняют

продольное и поперечное профилирование по методике, указанной в 7.10.5, при этом георадар может буксироваться как автомобилем, так и оператором пешим ходом.

7.10.10 Приемочный контроль нижних слоев основания дорожной одежды осуществляют аналогично 7.10.5.

7.10.11 При проверке по запросу контролирующих органов действующий участок автомобильной дороги проверяют по методике указанной в 6.6.3.14-6.6.3.19. Выработки проходят согласно 7.10.8. При этом отступают от рекомендаций по количеству выработок на поперечник, избегая бурения с покрытия (стараются назначить места бурения на обочинах, исходя из выявленных мест предполагаемых нарушений по однородности свойств материалов). В случае, когда места несоответствия толщины монолитных слоев дорожной одежды, определенные по данным геродиолокационных измерений, совпадают с местами наличия неоднородности свойств материалов, назначают общие точки размещения выработок для обоих видов нарушений. Во избежание получения недостоверных данных не допускают замачивания образцов во время бурения.

7.11 Камеральные работы (согласно разделу 8) выполняют в указанной последовательности:

-проверка соответствия пройденных дистанций фактическим (по данным проектной документации, меток, видео- и фотоматериалов, данных систем спутникового позиционирования и др.);

-анализ априорной информации и данных отбора образцов;

-определение фактической диэлектрической проницаемости;

-выявление зон неоднородности свойств материалов;

-анализ полученных результатов и оформление отчета.

7.12 Оценка соответствия свойств материалов и грунтов земляного полотна

7.12.1 Критерии однородности свойств материалов указаны в 7.8.

Приемку нижних слоев основания дорожной одежды и грунтов земляного полотна послойно осуществляют согласно техническому заданию заказчика (застройщика) по СП 78.13330.2012 или СТО 017 НОСТРОЙ 2.25.36 [1].

7.12.2 После выявления зон неоднородности свойств материалов нижних слоев основания дорожной одежды и грунтов земляного полотна определяют места проходки выработок для выполнения традиционной приемки методом бурения и дальнейшего испытания образцов в лаборатории. Для этого по радарограммам выявляются участки в соответствии с критериями, представленными в 7.8, а также участки с обеспеченной однородностью свойств. После чего сравнивают физико-механические характеристики материалов по полученным образцам с проектными значениями и нормативными требованиями.

7.12.3 Снижение плотности грунта земляного полотна и присыпных обочин допускают согласно 7.5. Уменьшение коэффициента уплотнения нижних слоев основания дорожной одежды ниже проектных и нормативных значений является объективным основанием для отказа в приемке работ до устранения нарушений.

7.12.4 Предварительная оценка однородности по влажности материалов основания дорожной одежды и грунтов земляного полотна может быть выполнена по материалам геофизических измерений и геологической заверки.

При оценке однородности влажность материалов нижних слоев основания дорожной одежды в местах геологической заверки определяют согласно 6.7.4.2 по формулам (1) и (2), а влажность грунтов земляного полотна – согласно 7.10.2 по формуле (3).

Окончательная оценка однородности по влажности материалов основания дорожной одежды и грунтов земляного полотна выполняется по данным лабораторных определений влажности по отобранным пробам. Если по данным лабораторных испытаний образцов зафиксировано превышение

значений влажности материалов относительно проектных значений, работы не принимают до устранения нарушений.

7.12.5 В случае выявления при геологической заверке в обследуемых слоях включений, не соответствующих по физико-механическим характеристикам проектным и нормативным значениям, работы не принимают.

8 Методика камеральных работ

8.1 Предварительную камеральную обработку результатов георадиолокационных измерений начинают в ходе полевых работ.

В первую очередь оператор, осуществляющий запись георадиолокационных данных, проверяет целостность и наличие каждой из записанных радарограмм.

Затем сопоставляют получаемые значения длины профиля на соответствие фактически пройденному расстоянию.

8.2 В случаях, когда в ходе георадиолокационных измерений определяется фактическая диэлектрическая проницаемость, руководствуются 6.6.3.13.

8.3 Камеральную обработку результатов георадиолокационных измерений начинают с привязки радарограмм к местности (с помощью меток, видео- и фотоматериалов, данных систем спутникового позиционирования).

В случае если имеются расхождения фактической длины участка и длины по файлам радарограммы растягиваются или сжимаются путем изменения шага зондирования. Расчет скорректированного шага зондирования осуществляется по формуле (4):

$$h = \frac{L}{n-1} * 1000, \quad (4)$$

где, L – фактическое расстояние, м;

n – количество георадиолокационных трасс.

После чего в программе корректируют шаг зондирования и получают фактическую длину.

Если программа обработки георадиолокационных данных автоматически корректирует длину профиля, указывают фактически пройденное расстояние.

8.4 Исходные радарограмы не подвергают процедурам обработки (частотная фильтрация, удаление сигнала прямого прохождения и др.) с целью недопущения потери полезной информации. Однако при наличии «шумов», препятствующих решению поставленной задачи, радарограммы обрабатывают согласно 8.7, рекомендациям производителя георадарного оборудования, программного обеспечения и положений раздела 4 «Методических рекомендаций по применению георадаров при обследовании дорожных конструкций» [2].

8.5 При работе с бесконтактными антенными блоками смещают вертикальную шкалу глубин таким образом, чтобы поверхности обследуемой среды соответствовало значение 0 м. Пример выполнения данной операции представлен в приложении Д.

8.6 На подготовленных радарограммах картируют слои дорожной одежды и выделяют области с признаками неоднородности свойств материала слоя (согласно критериям, приведенным в 7.8).

8.7 При картировании границ слоев учитывают фазу оси, характеризующую отражающую границу. Критерием выбора фазы для картирования является соответствие глубины заложения оси синфазности глубине границы слоя по заверочной выработке.

Обработку радарограмм осуществляют в одном из следующих программных комплексов в соответствии с прилагаемыми инструкциями к ним: Geoscan32, Analize II, Prism, RadExplorer, MALÅ MIRASoft Software, Gred HD, RoadScan и др.

Правила интерпретации георадиолокационных данных подробно описаны в специализированной литературе [9].

Чаще всего для подготовки радарограмм к интерпретации используются процедуры обработки:

-выравнивание (см. 8.5) для компенсации эффекта раскачивания антенного блока во время движения автомобиля (для бесконтактных антенн), а также смещения вертикальной шкалы отсчета (глубин) к отметке соответствующей поверхности дорожного покрытия;

-удаление сигнала прямого прохождения (параметр вычитания устанавливают не более 10 %), поскольку зачастую он не несет полезной информации;

-частотная фильтрация, для подавления помех и шумов, вызванных аппаратной частью георадара, внешними наводками и переотражением сигнала;

-выделение огибающей сигнала на основании преобразования Гильберта (процедура применяется с целью оценки однородности свойств материалов и грунтов, а также эффективна, когда используются контактные антенные блоки для локализации бетонных плит под асфальтобетонным покрытием на поперечных проходах).

При картировании слоев и определении однородности свойств материалов дорожной одежды и грунтов земляного полотна используют инструменты:

-изменение яркости изображения;

-изменение контрастности изображения;

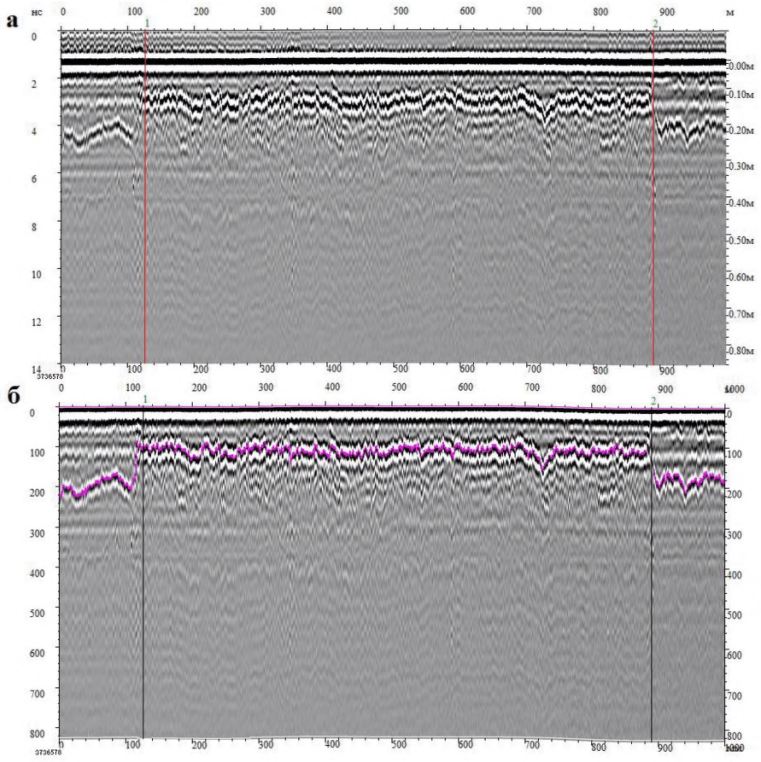
-изменение вертикального и горизонтального масштаба изображения;

-изменение профиля усиления сигнала.

При интерпретации радарограмм продольных проходов георадара, вертикальный масштаб устанавливают крупнее горизонтального, а при интерпретации поперечных профилей – горизонтальный масштаб примерно соответствует вертикальному. Правильно подобранные масштабы позволяют выявить локальные отклонения, неудачно подобранные масштабы могут скрыть полученную информацию.

В программе обработки данных при определении толщины слоев выгружается массив данных с шагом для продольных профилей 20 м (может быть скорректирован на усмотрение заказчика), а для поперечных профилей – 1 м.

В отчетных материалах представляют изображения обработанных и интерпретированных радарограмм с глубинной или глубинно-временной шкалами (временная шкала используется лишь в процессе обработки и интерпретации радарограмм) (рисунок 10).



а – глубинно-временная, б – глубинная

Рисунок 10 – Пример отображения вертикальной шкалы на радарограмме

8.8 Области с признаками неоднородности свойств материала слоя

выделяют на радарограммах контрастными маркерами вручную (как в программах обработки георадиолокационных данных, так и в графических редакторах) или при помощи автоматизированных алгоритмов обработки радарограмм (рисунок 11).

8.9 При интерпретации неоднородности свойств в ручном режиме обращают внимание на кинематические (визуальные) признаки (усиление интенсивности (уширение), переотражение (звон), изгиб, смещение, разрывы отражающих границ), которые характеризуют неоднородность свойств материалов и грунтов.

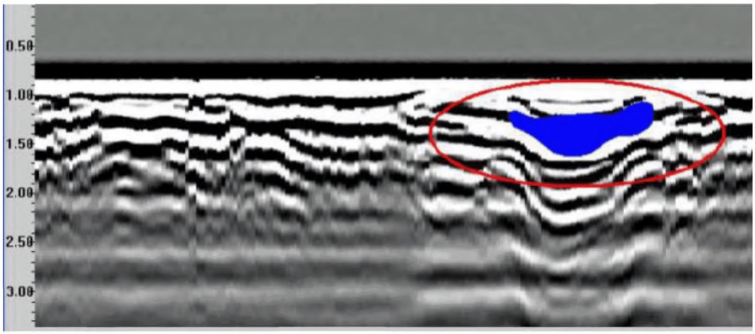


Рисунок 11 – Пример радарограммы с выявленной синим цветом в автоматическом режиме зоной неоднородности свойств материала (программа Analize II)

В различных дорожно-климатических условиях картировочные признаки могут изменяться (вечная мерзлота, карстовые полости в различных породах, талики, эрозия и т.д.) и необходимо осуществлять применение регионального опыта их выявления, а также накопление этих знаний с целью последующего учета.

8.10 Отчетная документация по георадиолокационному контролю качества содержит следующие разделы:

а) анализ исходной информации для выполнения измерений;

б) физические основы метода георадиолокации;

в) назначение, принцип действия, характеристики аппаратуры георадиолокационного зондирования;

г) методика выполнения георадиолокационных измерений;

д) результаты георадиолокационных измерений;

е) анализ результатов георадиолокационных измерений;

ж) заключение;

и) приложения:

1) продольные профили (рисунок 12);

2) поперечные профили (при наличии, рисунок 13);

3) таблицы расчета толщины слоев (для слоев дорожной одежды):

4) прочие материалы по необходимости (графики, схемы, плановые координаты точек, фотографии и др.);

5) результаты буровых работ и лабораторных испытаний образцов;

6) техническое задание заказчика.

Другие примеры оформления приложений к отчетам представлены в приложении Е.

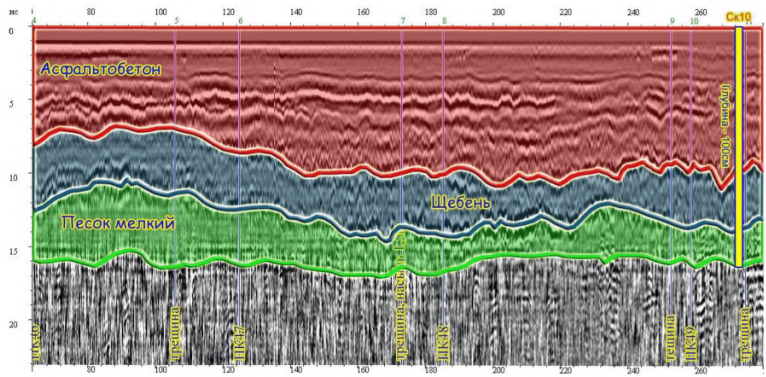


Рисунок 12 – Интерпретированная радарограмма продольного разреза дорожной одежды участка автомобильной дороги

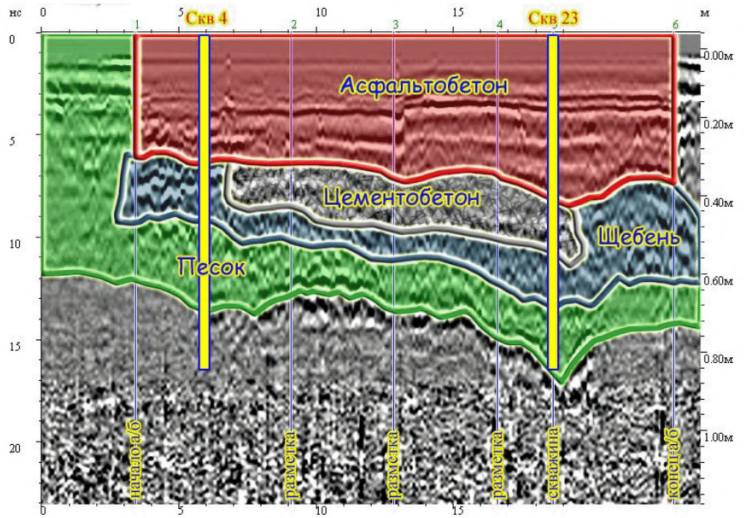


Рисунок 13 – Интерпретированная радарограмма поперечного разреза дорожной одежды на участке автомобильной дороги

9 Примеры выполнения работ

9.1 Примеры выполнения работ приведены в приложении Ж.

Приложение А

Схема выполнения георадиолокационных измерений толщины слоев

А.1 Георадиолокационный операционный контроль осуществляется по алгоритму, приведенному на рисунке А.1.

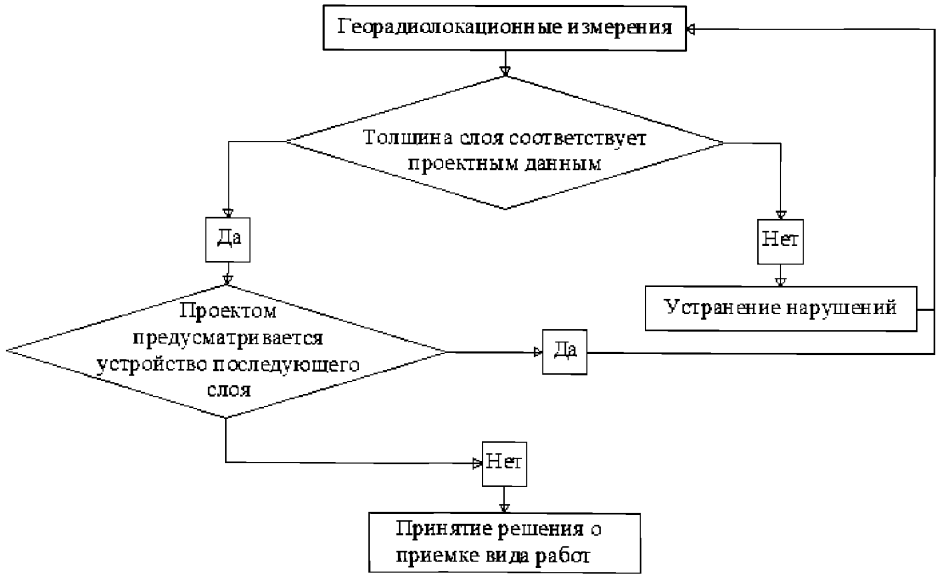


Рисунок А.1 – Алгоритм выполнения георадиолокационного операционного контроля

А.2 Георадиолокационный приемочный контроль осуществляется по алгоритму, приведенному на рисунке А.2.

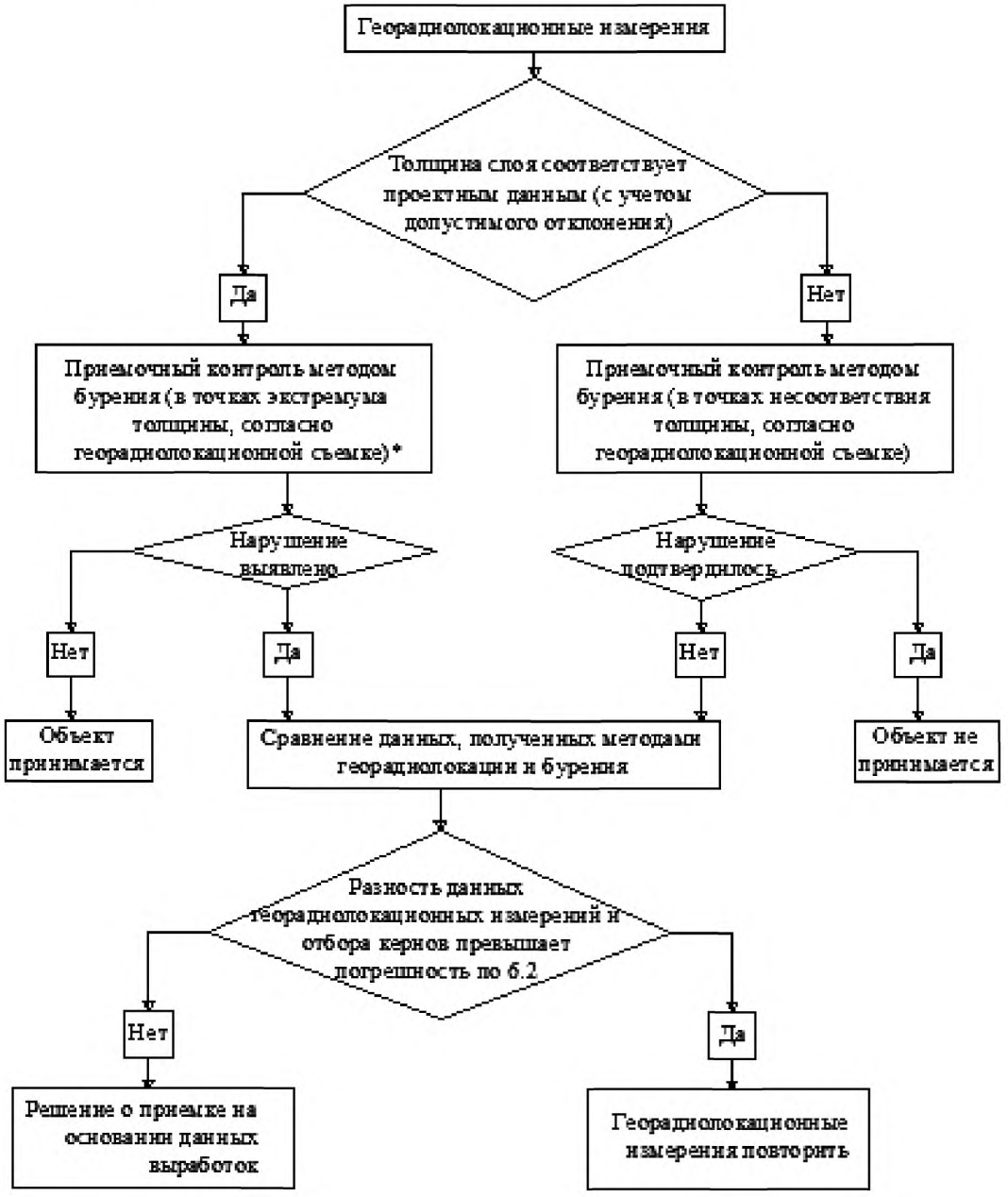


Рисунок А.2 – Алгоритм выполнения приемочного георадиолокационного контроля

* С учетом 6.3.

Приложение Б

Ориентировочное время выполнения георадиолокационных измерений однородности толщины монолитных слоев дорожной одежды

Б.1 Расчет времени выполнения георадиолокационных работ T по оценке толщины слоев асфальтобетонных и бетонных оснований и покрытий можно выполнить по формуле (Б.1). Данные для расчета приводятся из условия последовательного выполнения всех видов работ минимальным количеством работников (от 2 до 3 чел.), при параллельном выполнении продолжительность георадиолокационных работ может быть уменьшена.

$$T = T_{пго} + T_{пбо} + T_{пр} * K_{пр} * K_{км} + T_{по} * K_{по} * K_{км} + T_{ок} * K_{к} * K_{км} + T_{кам} * K_{рад} + T_{о}, \quad (Б.1)$$

где T – время выполнения георадиолокационных работ по контролю однородности толщины монолитных слоев дорожной одежды в минутах;

$T_{пго}$ – время подготовки георадарного оборудования, мин;

$T_{пбо}$ – время подготовки бурового оборудования перед выездом и на объекте, мин;

$T_{пр}$ – время выполнения продольного профилирования, мин;

$K_{пр}$ – количество продольных проходов;

$K_{км}$ – количество обследуемых километров дороги;

$T_{по}$ – время выполнения поперечного профилирования, мин;

$K_{по}$ – количество поперечных проходов;

$T_{ок}$ – время отбора керна, мин;

$K_{к}$ – количество отбираемых кернов на 1 км;

$T_{кам}$ – время обработки и интерпретации радарограммы, мин;

$K_{рад}$ количество радарограмм, равно общему количеству продольных (протяженностью до 1 км) и поперечных профилей;

$T_{о}$ – время оформления отчета, мин.

Примечания

1 Рассчитанные сроки выполнения георадиолокационных работ приведены в минутах рабочего времени, при переводе сроков из минут в дни или месяцы необходимо учитывать продолжительность рабочего дня.

2 Расчет не учитывает время транспортировки до объекта.

Б.2 Ориентировочные временные затраты при георадиолокационном контроле

однородности по толщине монолитных слоев дорожной одежды одного километра дороги в составе группы согласно «Методическим рекомендациям по применению георадаров при обследовании дорожных конструкций» [2] можно принимать по данным таблицы Б.1.

Таблица Б.1 – Ориентировочные временные затраты

Вид и условия работ		Средние временные затраты, мин
Подготовка георадарного оборудования	перед выездом на объект	360 – 600
	на объекте	20-40
Продольное профилирование по одному проходу со скоростью, км/ч	5-7	3-5
	20-30	2-3
	40-50	1-1,6
	60-70	0,8-1,0
	80-90	0,6-0,8
Поперечное профилирование по одному проходу		15-20
Подготовка бурового оборудования на объекте		20-30
Отбор одного керна		10-15
Обработка и интерпретация одной радарограммы		5-30
Оформление отчета		3360-4800
Примечание – Данные приводятся из условий обеспечения нормативной пропускной способности участка дороги протяженностью 1 км и отсутствия погодно-климатических ограничений.		

Б.3 Пример расчета

Требуется определить: затраты времени на выполнение работы по георадиолокационному контролю однородности толщины монолитных слоев дорожной одежды.

Исходные параметры:

-автомобильная дорога III категории;

-протяженность участка 5 км;

-количество продольных проходов на 1 км равно двум;

-количество поперечных проходов на 1 км равно трем;

-количество кернов на 1 км равно одному.

Расчет:

Общее количество продольных проходов равно 2*5=10, а поперечных - 3*5=15.

$$T=360+20+30+1,6*2*5+20*3*5+12*1*5+15*25+3360=4521 \text{ мин}$$

Переводим полученное значение в часы 4521/60=75,35 ч, а затем в дни (при условии 8 часового рабочего дня) 75,35/8=9,4 дн.

По выполненному расчету на работы по георадиолокационному контролю однородности толщины монолитных слоев дорожной одежды, исходя из исходных

параметров, понадобится порядка десяти рабочих дней.

Приложение В

Диэлектрическая проницаемость пород и материалов

Таблица В.1 – Диэлектрическая проницаемость пород и материалов

Материал (порода)	Содержание воды (характеристика)	Значение диэлектрической проницаемости
Асфальтобетон	Сухой	4,5-5,2
	Водонасыщенный	5,2-8
Бетон	Сухой	3,7
	5 %	5,5
	10 %	7,0
Песок разнозернистый	Мерзлый	4,5
	0 %	3,2
	4 %	4,8
	8 %	7
	12 %	11
	16 %	15
	25 %	37,6
Суглинок	Мерзлый	16
	0 %	3,2
	5 %	4,0-4,8
	10 %	6,5-7,0
	20 %	10-14,7
	25 %	27,3
Глина	0 %	2,4
	4 %	5,4
	8 %	8
	12 %	12
	16 %	18,6
	25 %	27,9
Снег	Сухой	1,2-2,8
	Мокрый	2-6
Лед	Пресный	3,3
	Морской минус 15 ^{o}C	7,7-8,1
	Морской минус 25 ^{o}C	4,4-6,7
Базальт	Сухой, водонасыщенный	8-9
Известняк	Сухой, водонасыщенный	4-8
Гранит	Сухой, водонасыщенный	4-7

Приложение Г

Методика расчета коэффициента вариации толщины слоев C_v

Коэффициент вариации рассчитывается по формуле (Г.1):

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{h}}, \qquad (Г.1)$$

где σ - среднеквадратическое отклонение, рассчитываемое по формуле (Г.2):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(h_i - \bar{h})^2}{n-1}}, \qquad (Г.2)$$

где h_i – измеренное значение толщины слоя;

n – общее количество измеренных значений (рекомендуется 100 измерений с шагом 20 м);

$\bar{h}$ - среднее значение толщины слоя, рассчитываемое по формуле (Г.3)

$$\bar{h} = \frac{\sum_{1}^{n} h_i}{n}. \qquad (Г.3)$$

Приложение Д

Пример смещения вертикальной шкалы глубин

Д.1 Смещение на радарограммме нулевой отметки вертикальной шкалы глубин к поверхности обследуемой среды, например, дорожному покрытию, осуществляется путем выравнивания георадиолокационного разреза по оси синфазности, характеризующей эту поверхность (при этом происходит выравнивание за счет компенсация эффекта, вызванного вертикальным раскачиванием антенного блока во время движения автомобиля), или при помощи смещения нуля шкалы глубин без выравнивания. Пример выявления оси синфазности, характеризующей поверхность среды, показан на рисунке Д.1. Искомая ось располагается в месте размещения фиолетового перекрестия, при этом радарограмма дублируется изображением георадиолокационной трассы, на которой синей линией показана граница поверхности и соответствующий ей вид сигнала. Вид радарограммы после выравнивания и смещения вертикальной шкалы глубин показан на рисунке Д.2 (на примере работы программы GeoScan32 и георадара серии ОКО-2).

Вертикальная шкала глубин (справа) сместилась, и нулевая отметка соответствует поверхности дорожного покрытия.

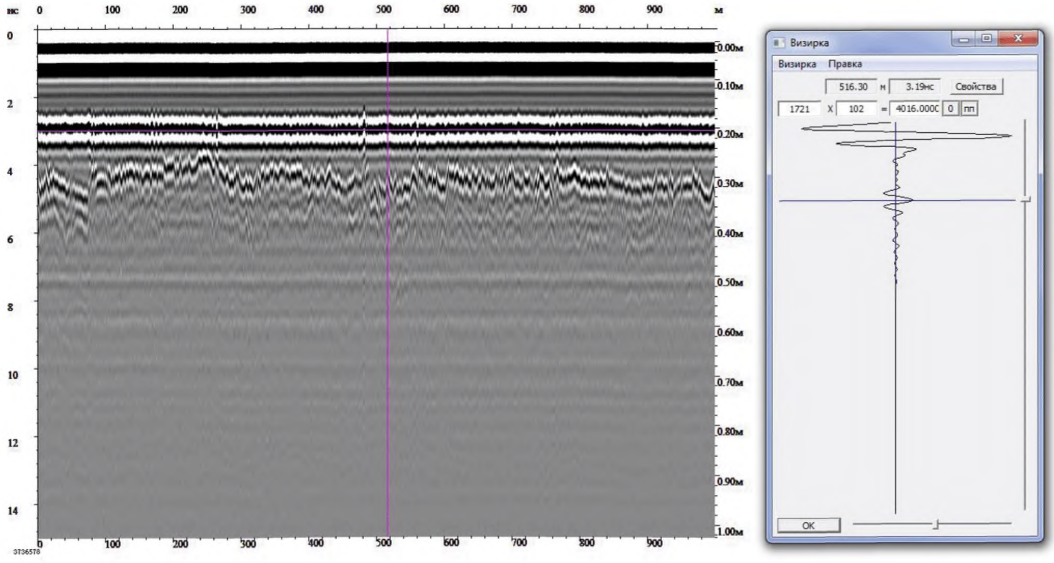


Рисунок Д.1 – Пример смещения вертикальной шкалы глубин

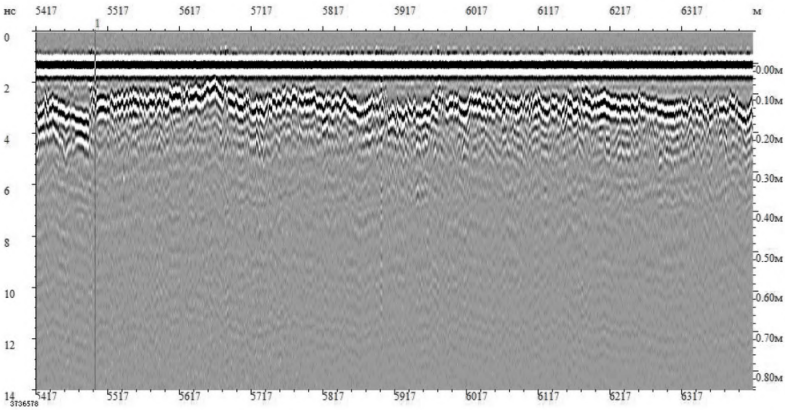
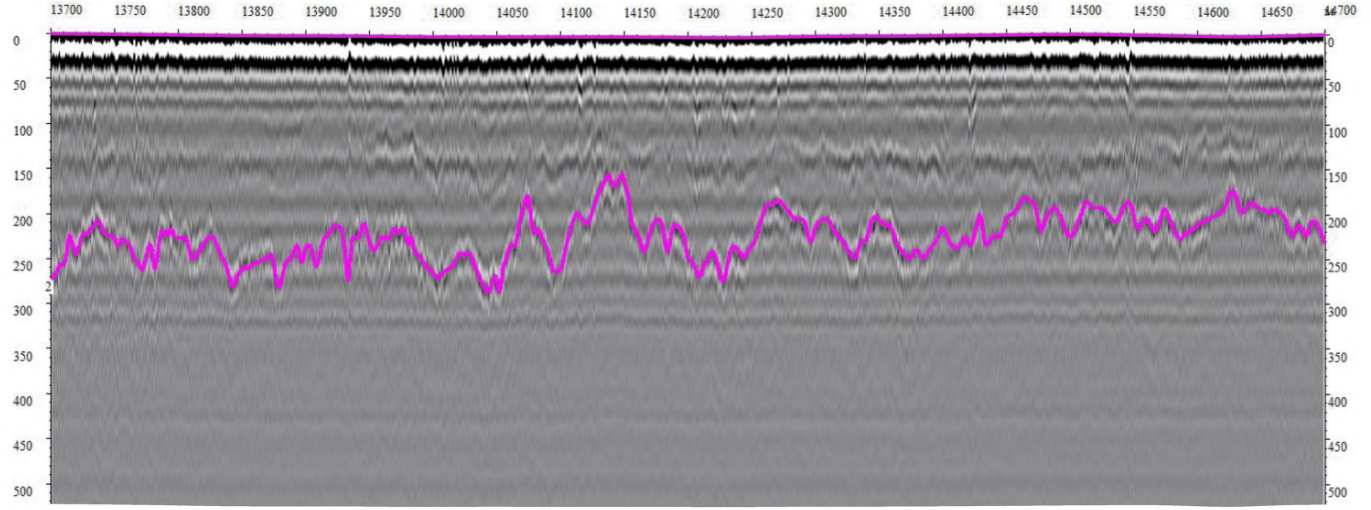


Рисунок Д.2 – Радарограмма после смещения вертикальной шкалы глубин

Приложение Е

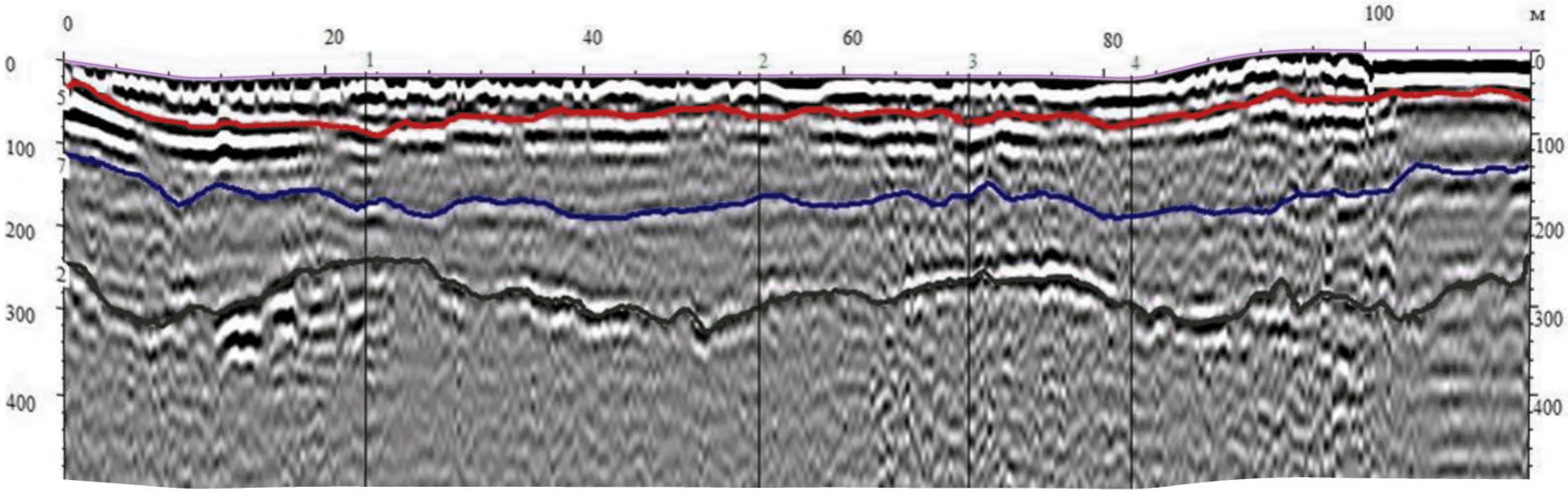
Примеры оформления приложений к отчетам

Е.1 Примеры оформления радарограмм продольных профилей



Условные обозначения:
Подошва слоя асфальтобетона

Рисунок Е.1 – Радарограмма продольного прохода с определением толщины слоя асфальтобетона (бесконтактный антенный блок 1700 МГц)



Примечание – Красной линией обозначена подошва верхнего слоя асфальтобетонного покрытия, синей – подошва нижнего слоя асфальтобетонного покрытия, зеленой – подошва верхнего слоя основания из асфальтобетона

Метки:
1, 2, 4 – столбы освещения; 3 – место отбора керна

Рисунок Е.2 – Радарограмма продольного прохода георадара с определением толщины асфальтобетонных слоев (бесконтактный антенный блок 1700 МГц)

Е.2 Примеры оформления таблиц расчета толщины слоев

Таблица Е.1 – Толщина слоев по радарограмме продольного прохода на км … – км …

Расстояние, м	Материал	Толщина, см	Материал	Толщина, см
0	Асфальтобетон	23	Бетон	24,3
10	Асфальтобетон	30	Бетон	17,6
20	Асфальтобетон	24,5	Бетон	22,1
30	Асфальтобетон	23,2	Бетон	21,7
40	Асфальтобетон	20,1	Бетон	22,2
50	Асфальтобетон	24,3	Бетон	19,7
60	Асфальтобетон	18,7	Бетон	25,5
70	Асфальтобетон	17	Бетон	28,5
80	Асфальтобетон	18,3	Бетон	25,9
90	Асфальтобетон	19	Щебень	26
100	Асфальтобетон	23,3	Щебень	27,8
110	Асфальтобетон	25,6	Щебень	27,7
120	Асфальтобетон	25,7	Щебень	28
130	Асфальтобетон	26,3	Щебень	27,8
140	Асфальтобетон	23,3	Щебень	28,9
150	Асфальтобетон	23,1	Щебень	30
160	Асфальтобетон	18,9	Щебень	33,7
170	Асфальтобетон	22,1	Щебень	29,4
180	Асфальтобетон	22,2	Щебень	30
190	Асфальтобетон	24,4	Щебень	26,7
200	Асфальтобетон	25	Щебень	23

Таблица Е.2 – Толщина слоев дорожной одежды на радарограммах поперечных проходов (прямое направление)

ПК	Расстояние на радарограмме, м	Толщина, см	
		асфальтобетон	Щебень
0+…	0	24,8	25,8
	1	23,7	26,5
	2	23,7	26,5
	3	20,6	29,6
	4	25	25,7
	5	22,9	28,3
	6	23,7	27,4
	7	23,1	27,7
0+…	0	23,5	27
	1	22,1	28,7
	2	20,9	29,9
	3	16,9	33,9
	4	19,9	29,6
	5	22	28
	6	22,1	30
	7	21,9	30,3
0+…	0	21,8	28,5
	1	23	28,5
	2	23,4	28,2
	3	19,4	31,9
	4	18,6	32,9
	5	18,7	32,1
	6	21,3	29,6

ПК	Расстояние на радарограмме, м	Толщина, см	
		асфальтобетон	Щебень
	7	21,2	29,7
0+…	0	22,1	28,7
	1	23,5	28,1
	2	21,4	30,9
	3	18,2	32,7
	4	20,4	30,7
	5	22,5	30,1
	6	23,6	28,7

Е.3 Примеры оформления прочих материалов

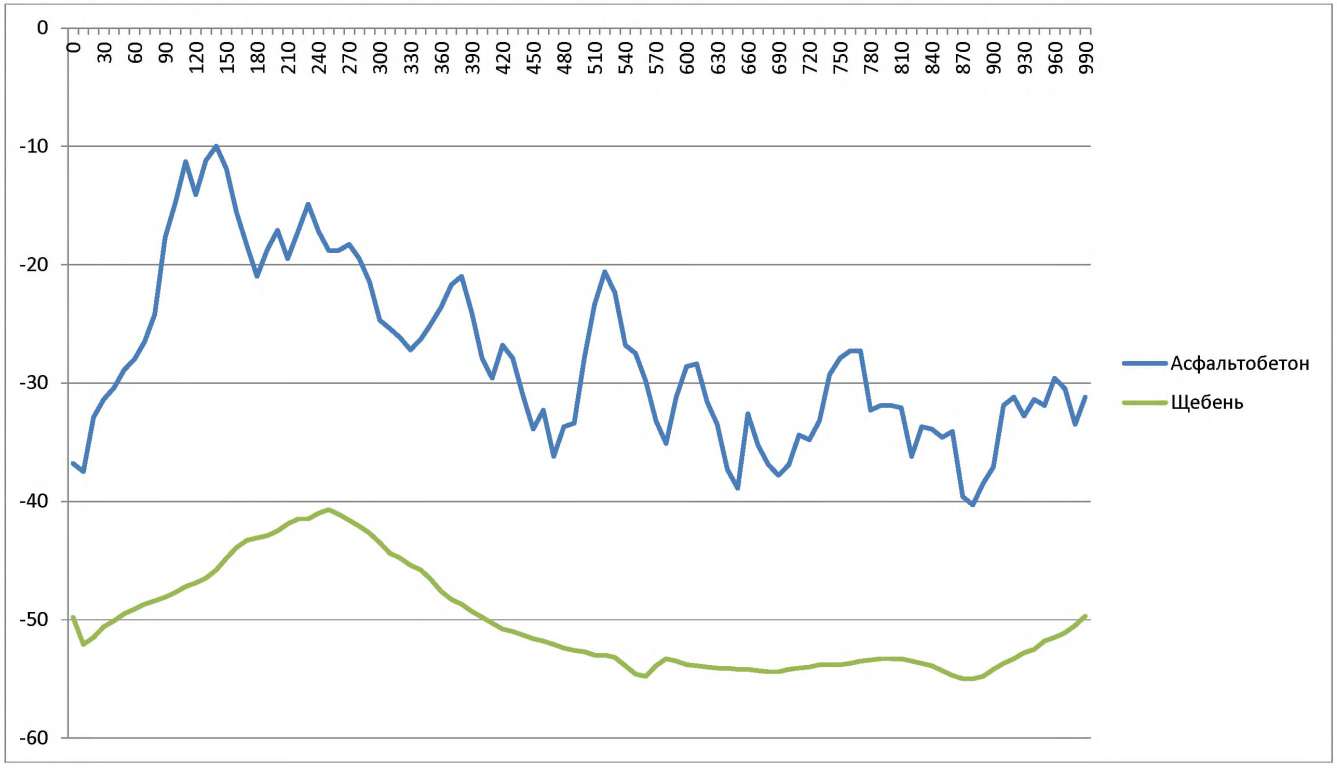


Рисунок Е.3 – График изменения толщины слоев дорожной одежды по радарограмме продольного прохода

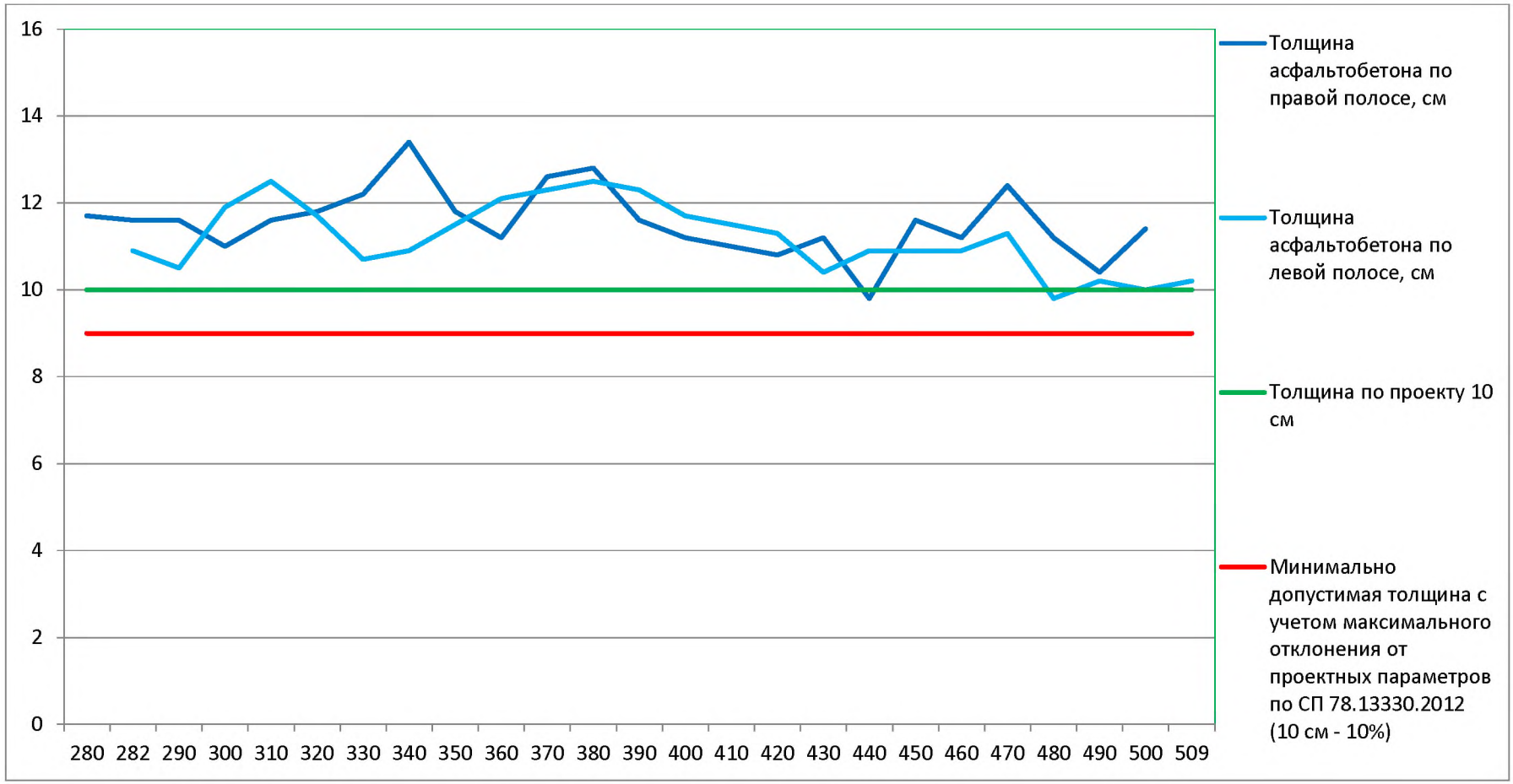


Рисунок Е.4 – График изменения толщины асфальтобетонного слоя дорожной одежды на участке автомобильной дороги

Таблица Е.3 – Координаты расположения поперечных сечений прохода георадара

№ точки	X	Y
46	55° 33′ 50,52″ С	37° 24′ 41,15″ З
47	55° 34′ 9,61″ С	37° 23′ 40,76″ З
48	55° 34′ 17,75″ С	37° 23′ 25,97″ З
49	55° 34′ 17,53″ С	37° 23′ 18,8″ З
50	55° 34′ 21,49″ С	37° 22′ 59,53″ З
51	55° 34′ 24,41″ С	37° 22′ 50,78″ З
52	55° 34′ 29,29″ С	37° 22′ 44,26″ З
53	55° 34′ 34,1″ С	37° 22′ 37,24″ З
54	55° 35′ 2,45″ С	37° 21′ 35,48″ З
55	55° 35′ 9,13″ С	37° 21′ 23,32″ З
56	55° 35′ 15,94″ С	37° 21′ 11,3″ З
57	55° 35′ 23,2″ С	37° 20′ 58,16″ З
58	55° 35′ 31,55″ С	37° 20′ 50,23″ З
59	55° 35′ 39,83″ С	37° 21′ 2,99″ З
60	55° 35′ 40,48″ С	37° 21′ 4,81″ З
62	55° 35′ 48,25″ С	37° 21′ 19,03″ З
63	55° 33′ 45,66″ С	37° 24′ 52,73″ З

Приложение Ж

Примеры выполнения работ

Ж.1 Пример выполнения оценки толщины асфальтобетонного слоя дорожной одежды

Требуется: по запросу контролирующих органов определить соответствие толщины асфальтобетонного слоя требованиям проектной документации и СП 78.13330.3012 на полосе движения шириной 3,5 м участка автомобильной дороги протяженностью 260 м. Объект расположен в IV дорожно-климатической зоне. Согласно документации о вводе участка дороги в эксплуатацию он построен около года тому назад.

Подготовительные работы. Согласно 6.6.3.5 и фактическим погодным условиям (сухо, осадки отсутствуют) делаем вывод, что диэлектрическая проницаемость асфальтобетонного слоя будет находиться в интервале 5,5-6,5. Для измерений принята диэлектрическая проницаемость 5,5.

По данным проектной документации толщина асфальтобетонного слоя должна составлять 18 см. Согласно 6.6.2.5 для указанной толщины применимы антенные блоки с частотой 1500-3000 МГц. Для выполнения работ принимаем бесконтактный антенный блок 1700 МГц.

Полевые работы. Поверхность покрытия не имеет видимых дефектов, поэтому заверочная выработка (керн) для определения фактической диэлектрической проницаемости может быть пройдена в любой точке по продольному профилю на расстоянии b (см. 6.6.3.6) от кромки. В данном случае произведен отбор керна на участке 226 м (1 м от кромки покрытия), при этом для указанных геометрических параметров участка по СП 78.13330.2012 достаточно одной выработки (площадь покрытия: 3,5 м х 260 м = 910 м^2). Фактическая толщина слоя по керну составила 18,1 см.

Продольное профилирование георадаром выполнено на расстоянии порядка 1 м от кромки (согласно 6.6.3.17), радарограмма, полученная в результате записи, представлена на рисунке Ж.1

Обработка и интерпретация радарограмм. В процессе обработки к радарограмме применена процедура выравнивания (см. приложение Д), после чего выполнено определение фактической диэлектрической проницаемости по 6.6.3.13. Подошва асфальтобетонного слоя была определена автоматически в программе обработки AnalizeII, но может быть построена и картированием вручную (для этого устанавливаем опорные точки на нужной оси синфазности и строим по ним кривую подошвы слоя). Вид

радарограммы после указанных обработок показан на рисунке Ж.2. Фактическая диэлектрическая проницаемость составила 5,97.

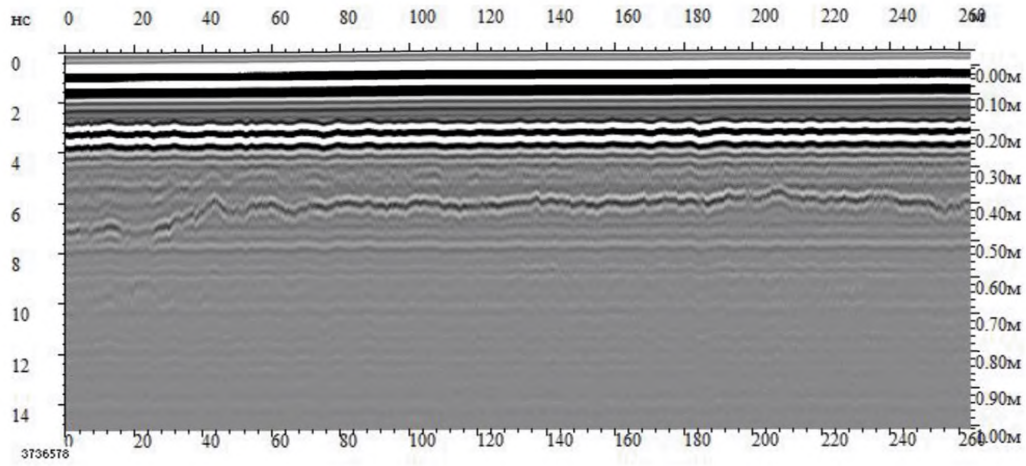


Рисунок Ж.1 – Исходная радарограмма продольного прохода (1700 МГц)

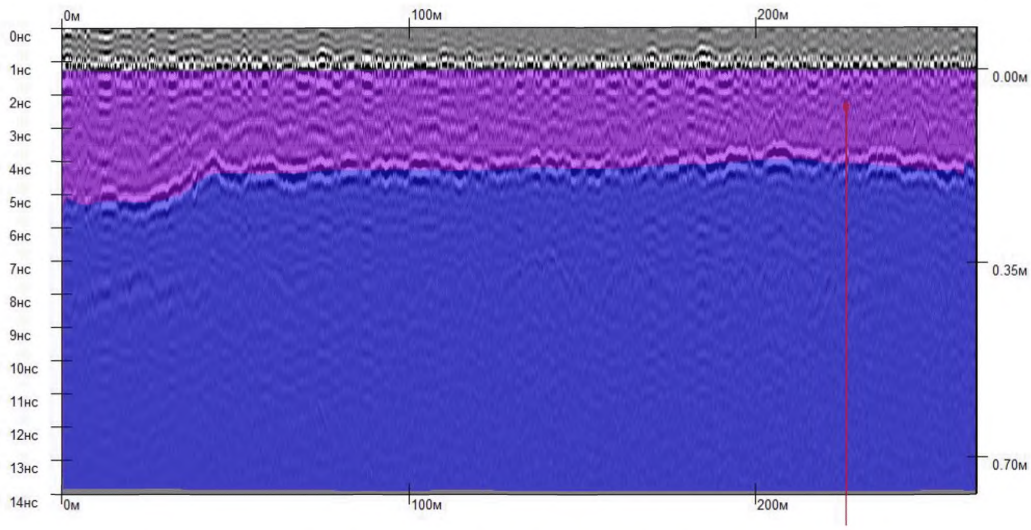


Рисунок Ж.2 – Радарограмма продольного прохода после обработки (1700 МГц)

После обработки радарограммы выгружаем данные о толщине слоя асфальтобетона, с заданным шагом (6.6.5.4), в данном случае через 10 м (см. таблицу Ж.1).

Таблица Ж.1 – Таблица толщины слоя асфальтобетона

Местоположение, м	Толщина слоя асфальтобетона, см
0	25,5
10	25,5
20	25,5
30	25,1
40	21,2
50	19,9
60	19,9
70	20
80	19,1
90	19,1
100	19,1
110	19,3
120	19,3
130	19
140	18,8
150	19
160	19
170	18,6
180	18,2
190	18
200	17,4
210	17,2
220	17,8
230	18
240	18,6
250	19,3
260	20,4
263	18,9

Анализ результатов измерений. Согласно 6.2 толщина асфальтобетонного слоя покрытия и основания может иметь отклонения от проектных значений до ±10 % для не более чем 10 % результатов определений и не более чем ±5 % для остальных.

Таким образом, максимально допустимая погрешность отклонения фактической толщины слоя от проектных данных составит 1,8 см, а, значит, толщина слоя не должна быть менее 16,2 см и более 19,8 см. В данном случае минимально допустима толщина слоя в 16,2 см обеспечена, также обеспечена и толщина в 17,1 см (погрешность отклонения в 5 %). Однако имеются отклонения более чем на 10 % в большую сторону на участках от 0 до 70 м и 260 м. Поэтому в указанных местах могут быть пройдены дополнительные выработки для принятия окончательного решения по оценке соответствия толщины асфальтобетонного слоя.

При расчете коэффициента вариации (см. Приложение Г) получено значение 0,12 (см. таблицу Ж.2), что превышает 0,06 (см. 6.6.5.4), а значит, имеется основание для увеличения количества выработок.

Таблица Ж.2 – Результаты расчета коэффициента вариации

n	$h_{проект}$	$h_{факт}$	$h_{факті}-h_{ср}$	$(h_{факті}-h_{ср})^2$
1	18	25,5	5,617857	31,56032
2	18	25,5	5,617857	31,56032
3	18	25,5	5,617857	31,56032
4	18	25,1	5,217857	27,22603
5	18	21,2	1,317857	1,736747
6	18	19,9	0,017857	0,000319
7	18	19,9	0,017857	0,000319
8	18	20	0,117857	0,01389
9	18	19,1	-0,78214	0,611747
10	18	19,1	-0,78214	0,611747
11	18	19,1	-0,78214	0,611747
12	18	19,3	-0,58214	0,33889
13	18	19,3	-0,58214	0,33889
14	18	19	-0,88214	0,778176
15	18	18,8	-1,08214	1,171033
16	18	19	-0,88214	0,778176
17	18	19	-0,88214	0,778176
18	18	18,6	-1,28214	1,64389
19	18	18,2	-1,68214	2,829605
20	18	18	-1,88214	3,542462
21	18	17,4	-2,48214	6,161033
22	18	17,2	-2,68214	7,19389
23	18	17,8	-2,08214	4,335319
24	18	18	-1,88214	3,542462
25	18	18,6	-1,28214	1,64389
26	18	19,3	-0,58214	0,33889
27	18	20,4	0,517857	0,268176
28	18	18,9	-0,98214	0,964605
	Сумма	556,70		162,1411
	$h_{ср}$	19,88214		
	Сумма $(h_i - h_{ср})^2/(n-1)$			6,005225
	Среднеквадратическое отклонение			2,450556
	Коэффициент вариации			0,123254

Примечания

1) $h_{проект}$ – толщина слоя по проекту в см.
2) $h_{факт}$ – толщина слоя по данным георадара в см.
3) $h_{ср}$ – средняя толщина слоя по данным георадара в см.

Заключение: Результаты георадиолокационного контроля на объекте указывают на несоответствие требованиям проектной документации и СП 78.13330.2012 по толщине слоя асфальтобетона на участках от 0 до 70 м и 260 м, при подтверждении несоответствий по результатам выполнения буровых работ в определенных с помощью метода георадиолокации местах принимается окончательное решение о качестве выполненных работ.

Ж.2 Пример выполнения оценки однородности свойств грунтов земляного полотна

Требуется: в ходе приемочного контроля определить соответствие плотности и влажности грунтов земляного полотна требованиям проектной документации и СП 78.13330.3012 на участке автомобильной дороги протяженностью 830 м, расположенной в условиях залегания специфических (просадочных, набухающих, засоленных) грунтов (IV дорожно-климатическая зона).

Подготовительные работы. По данным выполненных ранее инженерно-геологических изысканий земляное полотно представлено местным грунтом, а именно суглинками. По приложению В и фактическим погодным условиям (засушливый период не менее 2 недель до начала обследования) делаем вывод, что диэлектрическая проницаемость грунтов при их невысокой влажности (5 % - 10 %) будет находится в диапазоне 4,0-10,0 (принимаем 8,0 для выполнения измерений). По данным проектной документации высота насыпи достигает 12 м. Согласно 7.8.4 для указанной мощности применимы антенные блоки с частотой 90-150 МГц. Принят контактный антенный блок 150 МГц.

Полевые работы. Продольное профилирование георадаром выполнено по оси дороги и на расстоянии порядка 1,5 м от бровки (согласно 7.9.6), одна из радарограмм (возле бровки), полученная в результате записи, представлена на рисунке Ж.3.

Обработка и интерпретация радарограмм. В процессе обработки к радарограмме применена процедура удаления сигнала прямого прохождения (см. 8.7) и выполнено определение фактической диэлектрической проницаемости по результатам бурения (см. 6.6.3.13, 7.9.3, 7.10). Фактическая диэлектрическая проницаемость составила 5,1. При интерпретации радарограмм выявлялись участки, соответствующие критериям, указанным в 7.7 (например, при помощи программы AnalizeII в автоматическом режиме). Вид радарограммы после указанных обработок показан на рисунке Ж.4.

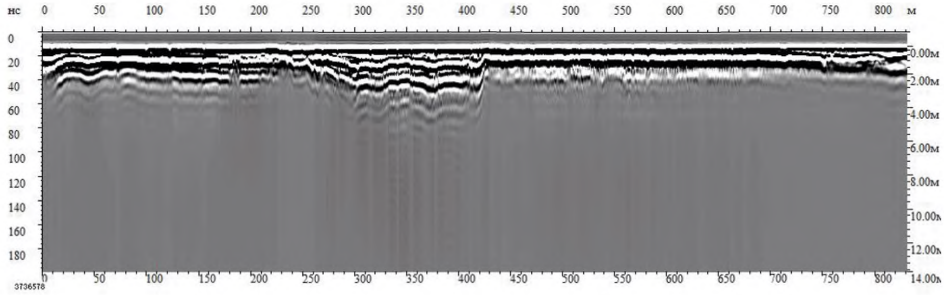


Рисунок Ж.3 – Исходная радарограмма продольного прохода (150 МГц)

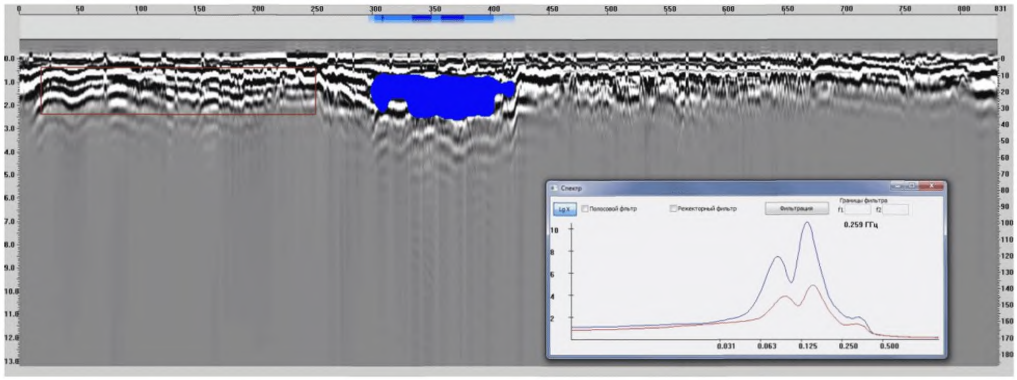


Рисунок Ж.4 – Радарограмма продольного прохода после обработки (150 МГц)

Анализ результатов измерений. На участке от 250 м до 430 м программой AnalizeII выявлена зона неоднородности свойств грунта земляного полотна исходя из критериев, указанных в 7.7. Для наглядности в нижнем правом углу радарограммы представлены спектры сигналов:

-красный график соответствует области на радарограмме, выделенной прямоугольной фигурой того же цвета (от 20 м до 250 м);

-синий график соответствует определенной программой AnalizeII области неоднородности свойств грунта.

Как видно из сравнения максимальная амплитуда по графику синего цвета в 2 раза выше, чем у графика красного цвета.

На основании сказанного участок дороги на отметках от 250 м до 430 м подлежит обследованию при помощи бурения, а для сравнения необходима геологическая заверка на не нарушенных участках дороги (см. 7.9.8), например, на отметках от 50 м до 100 м. При подтверждении в ходе геологической заверки несоответствий по плотности или

влажности грунтов земляного полотна будет справедлива рекомендация 7.11.5 об отказе в приемке работ до устранения нарушений.

Заключение: участок дороги на отметках от 250 м до 430 м имеет признаки относительного изменения плотности и влажности грунтов земляного полотна. В местах, определенных с помощью георадра, необходимо выполнение буровых работ, отбор и испытание образцов в лабораторных условиях с целью принятия решения о качестве выполненных дорожно-строительных работ.

Библиография

[1] Стандарт организации СТО 017 НОСТРОЙ 2.25.36 – 2013 (СТО 60452903 СОЮЗДОРСТРОЙ 2.1.1.3.3.3.01 – 2013) Автомобильные дороги. Устройство асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. Часть 1. Общие положения, Москва, НОСТРОЙ, 2011

[2] Методические рекомендации Методические рекомендации по применению георадаров при обследовании дорожных конструкций, Москва, Росавтодор, 2003

[3] Отраслевые дорожные нормы ОДН 218.0.006-2002. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог (взамен ВСН 6-90), Москва, Росавтодор, 2002

[4] Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.2.037-2013 Методические рекомендации на проведение изыскательских работ при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог, Москва. Росавтодор, 2013

[5] T.Saarenketo Measuring electromagnetic properties of asphalt for pavement quality control and defect mapping. – 13 p

[6] Отраслевые дорожные нормы ОДН 218.1.052-2002 Оценка прочности нежестких дорожных одежд (взамен ВСН 52-89), Москва, Росавтодор, 2003

[7] Методические рекомендации Методические рекомендации по получению оптимальных составов щебеночно-песчано-цементных смесей, Москва, Росавтодор, 2003

[8] Бурда С.Н., Кулижников А. М. Определение влажности грунтов при обследовании автомобильных дорог георадарами. / Георадары, дороги - 2002: Материалы Международной научно-практической конференции 26-28 ноября 2002 г. - Архангельск: Изд-во Архангельск, гос. техн. ун-та, 2002. - 94 с

[9] Старовойтов, А. В. Интерпретация георадиолокационных данных / А. В. Старовойтов. - М.: Издательство МГУ, 2008

ОКС 93.080.01

Ключевые слова: оценка соответствия, автомобильная дорога, георадиолокация, георадар, однородность, дорожная одежда, земляное полотно

Руководитель организации-разработчика

ФАУ «РОСДОРНИИ»
Генеральный директор _____ О.Н. Ярош

Руководитель разработки

Начальник управления проектирования ФАУ «РОСДОРНИИ», доктор технических наук, профессор _____ А.М. Кулижников

Ответственный исполнитель:

Начальник отдела изысканий управления проектирования ФАУ «РОСДОРНИИ», кандидат технических наук _____ Р.А. Еремин

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО

(РОСАВТОДОР)

РАСПОРЯЖЕНИЕ

10.06.2016 Москва № 1025-р

Об издании и применении ОДМ 218.3.075-2016 «Рекомендации по контролю качества выполнения дорожно-строительных работ методом георадиолокации»

В целях реализации в дорожном хозяйстве основных положений Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и обеспечения дорожных организаций рекомендациями по контролю качества выполнения дорожно-строительных работ методом георадиолокации:

1. Структурным подразделениям центрального аппарата Росавтодора, федеральным управлениям автомобильных дорог, управлениям автомобильных магистралей, межрегиональным дирекциям по строительству автомобильных дорог федерального значения, территориальным органам управления дорожным хозяйством субъектов Российской Федерации рекомендовать к применению с даты утверждения настоящего распоряжения ОДМ 218.3.075-2016 «Рекомендации по контролю качества выполнения дорожно-строительных работ методом георадиолокации» (далее – ОДМ 218.3.075-2016).

2. Управлению научно-технических исследований и информационного обеспечения (А.В. Бухтояров) в установленном порядке обеспечить официальную публикацию ОДМ 218.3.075-2016.

3. Контроль за исполнением настоящего распоряжения возложить на заместителя руководителя И.Г. Астахова.

Руководитель Р.В. Старовойт

gost.e-ecolog.ru

О.В. Каширина
(495) 687-88-23 доб. 50-271