



ROADEX III
NORTHERN PERIPHERY



Саара Ахо, Тимо Сааренкетто

УПРАВЛЕНИЕ ВОДООТВОДОМ НА ДОРОГАХ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ

Пояснительная записка – резюме

**ПЕРЕВОД НА РУССКИЙ ЯЗЫК ДЛЯ ПРОЕКТА KOLARCTIC ENPI CBC «УПРАВЛЕНИЕ
ДОРОГАМИ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ В БАРЕНЦ РЕГИОНЕ»**



**УПРАВЛЕНИЕ ВОДООТВОДОМ НА ДОРОГАХ С НИЗКОЙ
ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА - РЕЗЮМЕ**

АПРЕЛЬ 2006

СААРА АХО

Компания Роудсканнерс Ою (Roadscanners Oy)

ТИМО СААРЕНКЕТО

Компания Роудсканнерс Ою (Roadscanners Oy)

Перевод на русский язык выполнен НП «Зеленая Волна» по заказу Лидирующего партнера Проекта Kolarctic ENPI CBC «Управление дорогами с низкой интенсивностью движения в Баренц регионе» - ООО «АвтоДорожный Консалтинг».

Контактные данные:

НП «Зеленая Волна»
г. Архангельск,
ул. Смольный Буян, 20

greenwave29@mail.ru

ООО АвтоДорожный Консалтинг»
г. Архангельск,
пр. Чумбарова-Лучинского, 23-5

adc.ltd@mail.ru
+7 (8182) 655-921

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный документ представляет собой пояснительную записку – резюме отчета ROADEX II 2005 года “Водоотвод на дорогах с низкой интенсивностью движения – описание проблемы, технологии улучшения, затраты в течение всего срока службы”, подготовленную г-ном Гейром Бернтсеном, Норвежская дорожная администрация, и г-ном Тимо Сааренкетто, компания Roadscanners Oy, Финляндия.

Цель данного документа – стать рабочим руководством, объединяющим в себе информацию по классификации проблем дорожного водоотвода, методам мониторинга с описанием влияния неудовлетворительного водоотвода на состояние дорожных конструкций, а также технологиям улучшения системы водоотвода и затратам в течение всего срока службы дороги.

Данный отчет не заменяет существующих руководств, сборников или спецификаций, однако авторы надеются, что читатели этого резюме приобретут более широкое понимание вопросов, узнают о возможных решениях и осознают важность рассматриваемой проблемы, которая чаще всего игнорируется.

Отчет подготовлен г-ми Сарой Ахо и Тимо Сааренкетто, компания Roadscanners Oy, Финляндия. Г-н Рон Мурро, менеджер проекта ROADEX III, выполнил проверку английского языка. Макет отчета разработан г-ном Мика Пюхяхухта из Лаборатории Улеборга.

Авторы выражают благодарность Руководящему Комитету ROADEX III за руководство и поддержку.

Copyright © 2006 Roadex III Project

Все права защищены.

Лидирующий Партнер проекта ROADEX III: Шведская дорожная администрация, Северный регион, п/я 809, S-971 25, Лулео. Координатор проекта: г-н Кристер Пало.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<u>1. ВВЕДЕНИЕ</u>	6
1.1 ПРОЕКТ ROADEX	6
1.2 ВОДООТВОД НА ДОРОГАХ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ	7
<u>2. МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ВОДООТВОДА</u>	8
2.1 ПРОЦЕСС МОНИТОРИНГА	8
2.2 ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ УЧАСТКОВ	9
2.3 БАЗОВАЯ ДИАГНОСТИКА УЧАСТКОВ С ПРОБЛЕМНЫМ ВОДООТВОДОМ	10
<u>3. КЛАССИФИКАЦИЯ УЧАСТКОВ С ПРОБЛЕМНЫМ ВОДООТВОДОМ И РЕШЕНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ</u>	11
3.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	11
3.2 ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С СОДЕРЖАНИЕМ	12
3.2.1 ПРОБЛЕМЫ, ВЫЗВАННЫЕ ТАЯНИЕМ СНЕГА	12
3.2.2 НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО ФУНКЦИОНИРУЮЩИЕ ВОДООТВОДНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	13
3.3 ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ	17
3.3.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	17
3.3.2 НАКЛОННЫЕ УЧАСТКИ МЕСТНОСТИ (КОСОГОРЫ)	17
3.3.3 ПРОБЛЕМЫ ВОДООТВОДА НА НИЗИННЫХ УЧАСТКАХ	19
3.3.4 ПРОБЛЕМЫ ВОДООТВОДА ПРИ РАВНИННОМ РЕЛЬЕФЕ	19
3.3.5 ПРОБЛЕМЫ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ВОДООТВОДА, СВЯЗАННЫЕ С ЗАЛЕГАНИЕМ ГОРНОЙ ПОРОДЫ	20
3.4 ПРОЧИЕ ПРОБЛЕМЫ	21
3.4.1 Влагоуловители	21
3.4.2 ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ НА ВНЕШНЕМ ОТКОСЕ	21
<u>4. ВЛИЯНИЕ НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОГО ВОДООТВОДА НА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЯ</u>	23
4.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	23
4.2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ	23
4.3 ПОЛЕВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ	25
4.4 ВЛИЯНИЕ НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОГО ВОДООТВОДА - РЕЗЮМЕ	28
<u>5. ВОДООТВОД И ЗАТРАТЫ В ТЕЧЕНИЕ ВСЕГО СРОКА СЛУЖБЫ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ</u>	29
5.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	29
5.2 ЧАСТОТА/ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО УЛУЧШЕНИЮ ВОДООТВОДА	29

6. РЕКОМЕНДАЦИИ	31
ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ	32
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	33
РАСПОЗНАВАНИЕ ПРОБЛЕМ ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА И ПРЕДЛАГАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ	33

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 ПРОЕКТ ROADEX

Проект ROADEX является проектом технического сотрудничества между дорожными организациями Северной Европы, цель которого – обмен информацией и результатами исследований в области автомобильных дорог между партнерами проекта. Проект стартовал в 1998г. в качестве трехлетнего пилота по сотрудничеству дорожных округов финской Лапландии, норвежской губернии Тромс, Северного региона Швеции и Совета Хайланда в Шотландии, плавно перешедшего во второй проект, ROADEX II 2002-2005гг.

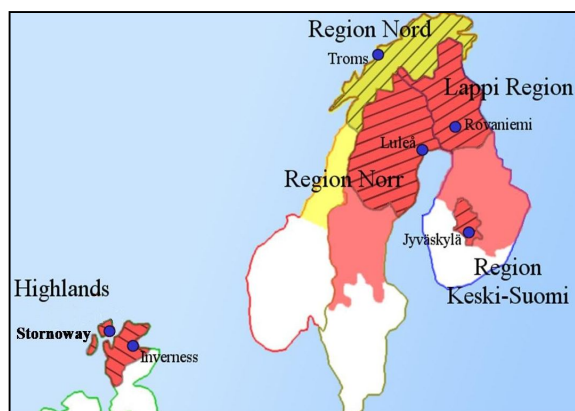


Рисунок 1 Территории Северной Периферии и Партнеры проекта Roadex II

Партнерами проекта ROADEX II стали администрации дорог общего пользования, предприятия лесной отрасли и транспортные предприятия Европейской Северной Периферии, а именно: Совет Хайланда, Лесное предприятие и Совет Западных островов, Шотландия, Норвежская Ассоциация автоперевозчиков, Шведская дорожная администрация в Северном регионе, Регионы Лаппи и Кески-Суоми Финской национальной дорожной администрации. (Эти финские регионы также получили поддержку своих местных лесозаготовительных предприятий - Metsähallitus, Lapin Metsäkeskus, Metsäliitto и Stora-Enso.)

Цель данного проекта – развитие путей интерактивного и инновационного управления состоянием дорог с низкой интенсивностью движения, интегрирующих потребности местных производств, общества и дорожных организаций. Всего было подготовлено 8 официальных отчетов проекта и проектный DVD. Полные версии отчетов проекта доступны на сайте ROADEX - www.roadex.org.

Данный резюмирующий отчет представляет собой одну из 8 пояснительных записок, подготовленных в рамках проекта ROADEX III project (2006-2007) - нового проекта, в котором вышеназванные партнеры объединились с другими партнерами Северной Периферии, а именно представителями муниципалитета Сисимьют, Гренландия, Исландской дорожной администрацией и Финской дорожной администрацией в регионе Саво-Карьяла.

1.2 ВОДООТВОД НА ДОРОГАХ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ

Вода играет ключевую роль в жизненном цикле любой транспортной инфраструктуры, влияя на ее транспортно-эксплуатационные характеристики. Столетиями известно, что отсутствие переизбытка влаги в дорожных конструкциях и грунтах земляного полотна означает надлежащее функционирование дороги. Избыточное влагосодержание снижает несущую способность грунта, что приводит к ускоренному разрушению и укорачиванию срока службы дороги. В таких случаях дороге с проблемами водоотвода требуется более частый ремонт и восстановление, чем той, на которой водоотвод функционирует нормально. При выборе стратегий дорожного содержания затраты на устройство покрытия необходимо сравнивать с затратами на поддержание водоотвода. Такой анализ – вызов для северной Периферии, поскольку проблема сложнее в районах с холодным климатом в связи с тем, что циклы заморозки-оттаивания влияют здесь на влагосодержание больше, чем где бы то ни было.

В пилотном проекте ROADEX 1998-2001 проблемы обеспечения водоотвода были признаны всеми регионами-партнерами ROADEX как наиболее критические. Финансирование управления состоянием дорог во всех странах ROADEX ежегодно сокращалось, и, как результат, задачи, связанные с поддержанием функции дорожного водоотвода в целом игнорировались как наименее приоритетные. Вместо содержания дорожного водоотвода на главное место ставились такие задачи, которые были очевиднее и важнее для пользователей дорог в краткосрочном измерении, а именно – устройство новых слоев покрытия и снегоуборка.

В данном отчете представлены проблемы, вызываемые неадекватным водоотводом на дорогах с низкой интенсивностью движения в Северных Периферийных районах Европы. Кроме этого рассмотрены методы мониторинга для использования при оценке состояния дорожного водоотвода, предложены технологии по его улучшению. Часть отчета посвящена оценке влияния водоотвода на срок службы и затраты в течение жизненного цикла дорожных конструкций. Отчет в целом основан на исследовательской работе, выполненной в рамках под-проекта ROADEX II “Водоотвод на дорогах с низкой интенсивностью движения” Бернтсеном и Сааренкетто (2005). Оригинальный отчет содержит развернутый обзор литературы, посвященной влагосодержанию и характеристикам несвязных гранулированных материалов, зависимости между содержанием влаги и характеристиками несвязных материалов и грунтов земляного полотна.

2. МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ВОДООТВОДА

2.1 ПРОЦЕСС МОНИТОРИНГА

Экономичное содержание водоотвода невозможно без системы управления, применяющей систематический подход к мониторингу и анализу дорожного водоотвода. Для такой системы необходимы небольшие инвестиции в первые годы с тем, чтобы создать достаточную базу данных, что быстро окупается за счет более эффективного содержания в будущем. Мониторинг в первые годы выполняется через небольшие промежутки времени с целью выявления тех участков дороги, где водоотвод выходит из строя быстрее.

После сбора данных и сохранения их в соответствующей базе данных рекомендуется выполнить всестороннюю оценку состояния водоотвода в конце каждого периода действия контракта на содержание или максимум с 6-8 летним интервалом. Во время оценки необходимо выявить проблемные участки с неудовлетворительным водоотводом и определить потребность в улучшениях. После этого можно определить причины возникновения таких проблем и предложить решения по их устранению. Такую стратегию мониторинга и совершенствования водоотвода можно подразделить на три этапа:

1. указание на карте участков дороги, характеризующихся наличием проблем с водоотводом
2. подготовка базового диагноза для таких проблемных участков
3. предложение решений для проблемных участков.

Пошаговая работа требует информации о состоянии системы водоотвода, ее конструкции, геологических условиях, т.д. Для выполнения этой задачи можно применять такие методы как визуальное инспектирование боковых и водоотводных канав, интервьюирование дорожных пользователей и/или подрядчиков по дорожному содержанию, анализ исторических данных по колеяности и ровности, данных георадарных обследований.

Очень важно для получения полезных и достоверных данных правильно определить время для каждого из вышеназванных этапов. Первый этап следует начать ранней весной или поздней осенью, когда канавы еще не заросли травой. Весна – лучшее время для проведения второго этапа из-за наличия большого объема талых вод, однако этот этап можно сместить и на лето, если это необходимо.

2.2 ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ УЧАСТКОВ

Технология визуального инспектирования является, возможно, самым лучшим методом для идентификации участков дорог с неудовлетворительным водоотводом. Во время визуального инспектирования рекомендуется использовать данные самописца совместно с данными цифровой видеосъемки или рядом статических фотографий, сделанных по обе стороны дороги. Это позволяет калибровать данные по схожим стандартам даже спустя годы и использовать эти данные в будущем, например, при индивидуальном проектировании новой водоотводной системы.

При съемке цифровой видеокамерой камеру следует направлять в сторону боковой канавы, как это показано на Рисунке 2.1. Двухкамерная система также может применяться в случаях, когда это необходимо: одна камера должна быть направлена непосредственно на дорогу, вторая – записывать боковую канаву и обочину. Данные GPS фиксируются одновременно со сбором цифровой видеосъемки для гарантии четкого позиционирования проблемных участков. Наблюдения на участке за состоянием водоотвода, выполняемые командой обследователей, также могут быть записаны на видео или непосредственно занесены в компьютер. В ходе таких наблюдений можно, например, давать описания и классифицировать функциональность канав, топографическое и геологическое состояние дороги, а также, в дополнение к общему состоянию водоотвода, описывать местные разрушения – поврежденные кюветы, засоренные водоотводные канавы, т.д.



Рисунок 2.1 Пример правильного позиционирования цифровой видеокамеры: направление на боковую канаву и обочину

После сбора оценочных данных по водоотводу необходимо разбить трассу на однородные участки в зависимости от состояния водоотвода. Это можно сделать, используя такие классы как «стандартный класс содержания водоотвода» и «особый класс содержания водоотвода». Участки дороги, отнесенные к первому классу, обычно характеризуются наличием

незначительных проблем, которые можно устранить в ходе текущих работ по содержанию, выполняемых через определенные периоды времени. Участки, отнесенные к особому классу содержания водоотвода, – это те, структурное и функциональное состояние которых особенно зависит от состояния водоотвода. Такие участки требуют специального мониторинга и содержания в период выполнения работ в рамках контракта по содержанию с возможной реализацией мер по улучшению, если это необходимо. Классифицировать участки можно, например, следующим образом: используя 3 категории состояния водоотвода согласно Шведскому Руководству по проектированию (класс 1 = вода дренируется хорошо, класс 2 – удовлетворительно, класс 3 - неудовлетворительно) в качестве «стандарта классов состояния водоотвода» с введением дополнительного «особого класса состояния водоотвода» в качестве четвертой категории.

Для детального анализа в офисе рекомендуется анализировать данные видео и фотосъемки совместно с историческими данными по ровности и колеяности покрытия, если таковые имеются в наличии. Информация от местных подрядчиков по содержанию также может помочь при выявлении и классификации проблемных участков. Имея информацию о колеяности, можно рассчитать ежегодное увеличение глубины колеи и определить, влияет ли неудовлетворительное состояние водоотвода на ускорение развития колеяности.

Основываясь на результатах анализа состояния водоотвода для дальнейшего изучения можно выявить проблемные участки и те, которые станут таковыми в ближайшем будущем. После этого по выявленным проблемным участкам можно поставить детальный диагноз проблем в целях определения их причин.

Недостаток визуального инспектирования заключается в том, что оно основано на визуальной оценке и потому субъективно. Однако если оно проводится командой обученных профессионалов, качество оценки класса водоотвода будет выше. Концепция анализа состояния водоотвода и «особого класса состояния водоотвода» будет совершенствоваться в рамках под-проекта ROADX III «Руководство по обеспечению водоотвода».

2.3 БАЗОВАЯ ДИАГНОСТИКА УЧАСТКОВ С ПРОБЛЕМНЫМ ВОДООТВОДОМ

В случае принятия решения о дальнейшем изучении проблемного участка дороги, требующего ремонта, необходимо установить причину проблем. Базовая диагностика должна включать оценку того, связаны ли проблемы водоотвода с неудовлетворительно функционирующими водоотводными конструкциями, местоположением участка и особенностями дорожного окружения, или в дорожной конструкции имеется влагоудерживающий компонент, или нарушена стабильность внешних откосов трассы (см. Рисунок 3.1).

Базовая диагностика обычно требует более точного визуального инспектирования, что означает, что состояние боковых и водоотводных канав и прочих водоотводных конструкций (например, труб) исследуется экспертами пешком. Полезными для выявления причины существующих повреждений могут оказаться данные георадарных обследований, если таковые имеются. В частности, такой причиной может оказаться наличие горной породы, блокирующей воду в дорожной конструкции и не позволяющей таким образом водоотводной системе функционировать надлежащим образом.

Важно, чтобы персонал, выполняющий данную работу, обладал достаточными знаниями по распознаванию причин проблем и предложению мер по их устранению. Посещение участка с детальным изучением также позволяет выявить потребность в дополнительных изучениях, необходимых для постановки «диагноза».

3. КЛАССИФИКАЦИЯ УЧАСТКОВ С ПРОБЛЕМНЫМ ВОДООТВОДОМ И РЕШЕНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ

3.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Несмотря на то, что грунтово-геологические условия, ландшафт и климат весьма различаются на территории Северной Периферии, проблемы водоотвода везде одни и те же. Небольшое исключение составляет Шотландия, где специфическая проблема связана с традицией устройства травяных обочин. Проблемы сгруппированы по трем категориям и представлены на Рисунке 3.1.

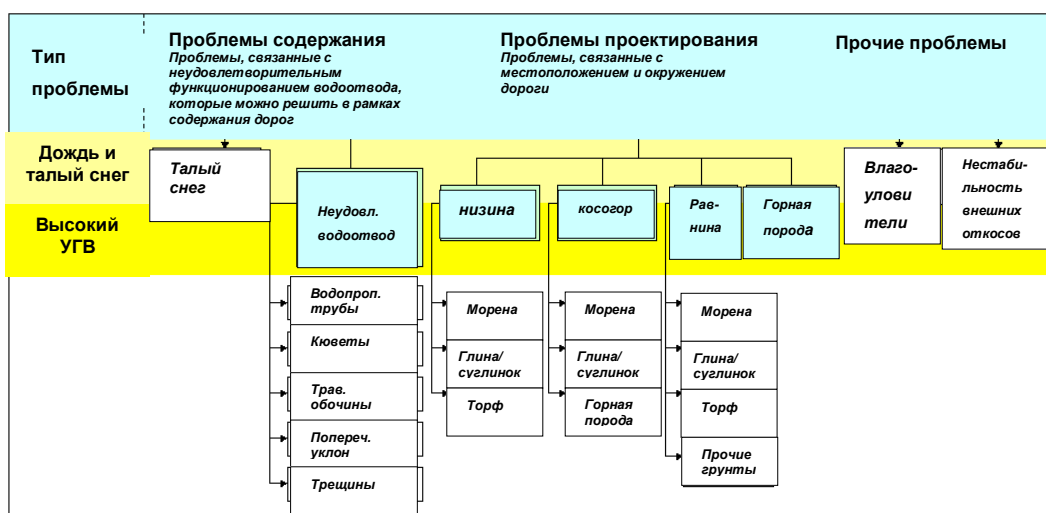


Рисунок 3.1 Категории проблем, связанных с функционированием системы водоотвода

Проблемы функционирования водоотвода, представленные на Рисунке 3.1, могут быть описаны следующим образом:

- описание проблемы

- как распознать проблему
- какова причина возникновения проблемы
- как улучшить водоотвод

Сводная таблица проблем функционирования водоотвода, включая руководство по распознаванию проблем и предложениям наиболее подходящих технологий улучшения ситуации, приводятся в **Приложении 1**. В дополнение к этому более подробные описания проблем водоотвода представлены в отчете фазы II проекта ROADDEX II “Обеспечение водоотвода на дорогах с низкой интенсивностью движения”, подготовленном Бернтсенем и Сааренкетто (2005).

3.2 ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С СОДЕРЖАНИЕМ

3.2.1 Проблемы, вызванные таянием снега

В весенний период в результате таяния снегов и дождей на дорожном покрытии и в канавах застаивается большое количество воды. Основная проблема заключается в том, что большинство промерзающих грунтов не пропускают воду в отличие от непромерзающих. Кроме того, талая и дождевая вода не отводятся своевременно, поскольку канавы, в которых лежит снег и лед, пока еще не функционируют полноценно. В таких условиях для избыточной воды из ледяных линз возможен только один путь – через дорожную конструкцию наверх, что в комбинации с поверхностными водами создает в дорожной конструкции избыточное давление. В результате в такие периоды снижается несущая способность дороги. Типичные проблемы водоотвода в период весеннего таяния приведены на Рисунке 3.2.

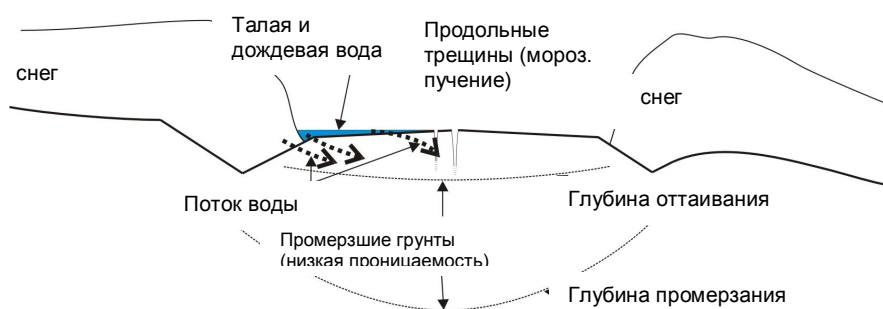


Рисунок 3.2 Проблемы функционирования водоотвода в период весеннего таяния

Технологии для улучшения – предложения:

- в период таяния следует убирать снег из боковых канав для обеспечения отвода поверхностных вод (Рисунок 3.3)
- использование глубокого дренажа
- морозоизоляция (дорого)

- поднятие отметок проезжей части (новые сооружения) и/или устройство более широких и глубоких боковых канав
- использование морозо- и водоустойчивых материалов в дорожных конструкциях
- при проектировании дорожной одежды - учет несущей способности грунтов земляного полотна в критический весенний период.



Рисунок 3.3 Очистка боковых канав от снега и льда

3.2.2 Неудовлетворительно функционирующие водоотводные сооружения

Водопропускные трубы

Водопропускные трубы можно условно подразделить на поперечные и продольные. Поперечные трубы – это те, которые отводят воду через земляное полотно, а продольные трубы – направляют воду в боковых канавах под пересечениями дорог и частными подъездами в ближайшую водоотводную канаву.

В случае поперечных труб: если скорость потока в трубе меньше, чем вверх по течению, грунт будет скапливаться под дорогой на дне трубы. В этом случае важно при содержании очищать трубу, когда количество осевшего в трубе грунта достигнет предельного уровня. Если этим пренебречь, поперечная водопропускная труба будет неспособна отводить воду, и та проникнет в дорожную конструкцию. Это может отразиться и на снижении безопасности движения, поскольку заблокированная труба может привести к возникновению эрозии, а впоследствии к размыванию земляного полотна. Это может произойти также, если входные отверстия трубы засорены ветками, грязью, гравием, мусором и т.д., при этом последствия будут те же.

Поперечные водопропускные трубы подвержены воздействию морозов и льда. Если лед блокирует трубу, вода вернется обратно и потечет сквозь земляное полотно. Эта проблема особенно актуальна весной и зимой в периоды оттепели с обильными ливнями. Также может

возникнуть проблема эрозии, однако обычно дорога в это время промерзла, поэтому проблема не столь актуальна как в периоды таяния.

Технологии для улучшения ситуации – ряд предложений по водопропускным трубам:

- инспектирование и очистка входного отверстия и самой трубы, если это необходимо
- реконструкция оголовка/трубы
- прогрев трубы для удаления льда, блокирующего трубу
- применение солнечных панелей и обогревательного кабеля

Водопропускные трубы, установленные вдоль дороги, обычно имеют меньший диаметр, чем поперечные. Трубы, проложенные под частными подъездами, обычно укладываются на дно канавы, неглубоко, по сравнению с поперечными трубами под дорогой. Во множестве случаев по причине низкой скорости потока мелкие частицы материала оседают на дне трубы и уменьшают рабочий диаметр. Другая проблема – неглубокое заложение трубы, низкая скорость потока и ограниченная площадь отвода делают трубу чувствительной к промерзанию и образованию льда. Лед может заблокировать трубу, что опасно в период весеннего таяния, когда требуется срочное решение проблемы.

Особые случаи с точки зрения водоотвода и доступа – магазины, АЗС, другие объекты придорожного сервиса, когда трубы вдоль дорог слишком протяженные. На таких участках трубы более подвержены промерзанию и образованию льда, их труднее очистить от мелких частиц и мусора.

Технологии для улучшения ситуации – ряд предложений по водопропускным трубам вдоль дороги:

- регулярная очистка трубы
- весной – прогрев трубы для удаления блокирующего льда
- применение солнечных панелей или обогревательного кабеля для удаления льда
- в сложных случаях может потребоваться реконструкция водоотводной системы с устройством глубокого дренажа и сливного колодца с ловушкой для песка

При дифференциальном морозном пучении, осадке или дефектах строительства трубы могут треснуть и разрушиться. Вследствие этого возникнет неконтролируемый поток воды, который вызовет эрозию вокруг трубы и/или поднятие уровня грунтовых вод. В таких случаях после ливней дорожную конструкцию может размывать, в результате чего придется закрывать движение по дороге.

Технологии для улучшения ситуации – ряд предложений:

- замена поврежденной трубы и строительство неморозочувствительного основания под трубу
- использование пластиковой трубы, установленной внутри старой трубы, и заливка бетона между двумя трубами

Боковые каналы

Пропускная способность канав может уменьшиться в результате оседания грязи, растительности на их дне в течение ряда лет. Следствием этого становится повышение уровня грунтовых вод и снижение несущей способности дороги. В зонах с мелкозернистыми грунтами земляного полотна потребность в очистке канав еще больше, поскольку такие грунты склонны к эрозиям. Поддержание стабильности откосов канав – сложная задача, особенно в районах с илистыми, наносными отложениями, как это видно по Рисунку 3.5. Обрушившиеся боковые каналы необходимо очистить и/или укрепить с использованием специальных материалов.



Рисунок 3.5 Обрушение обочины дороги, проложенной по заиленным участкам. Фото сделано весной после первой очистки канав.

Чистые водоотводные каналы играют важную роль в обеспечении надлежащего функционирования водоотвода, поэтому их нельзя игнорировать при инспектировании водоотводной системы дороги. Очистка канав может оказаться совершенно бесполезной, если не функционирует водоотводная канава. Поэтому, когда бы ни производился ремонт боковых канав, надлежащий уход должен быть обеспечен и для водоотводных канав. В целом, перечисленные ниже меры по улучшению могут применяться как для боковых, так и водоотводных канав.

Технологии по улучшению состояния боковых и водоотводных канав – предложения:

- достаточно частая очистка канав от грязи, травы и мусора

- защита от эрозии, замена материала на внешнем откосе канавы с использованием крупнозернистого материала и геотекстиля (Рисунок 3.6)
- устройство трубы в канаве (или подземная дрена)
- устройство дренажных канав, заполненных крупнозернистым материалом, упакованным в геотекстиль



Рисунок 3.6 Защита внешнего откоса канавы

Травяные обочины

Высокие травяные обочины – одна из главных проблем старых, узких дорог общего пользования Шотландии, однако схожие проблемы могут возникнуть и в других районах Северной Периферии, где травяной покров на обочинах может достичь уровня, превышающего поверхность прилегающего асфальтобетона. Если такое случается, поверхностные воды вынужденно проникают в дорожную конструкцию вместо того, чтобы стечь в боковые канавы. В результате снижается несущая способность, и возникают деформации.

Технологии улучшения – предложения:

- ликвидация травяных обочин, обеспечение отвода воды с поверхности проезжей части
- глубокий дренаж (закрытый подземный дренаж)
- краевой дренаж (водоотводные лотки по кромке проезжей части)

Неудовлетворительный уклон проезжей части

Достаточный поперечный уклон – главный показатель того, как быстро вода будет отводиться с проезжей части. Дорожный водоотвод зависит и от поперечного уклона, и от величины заложения откосов насыпи. В Норвегии для дорог с твердым покрытием эффективным считается поперечный уклон не менее 1%. В Финляндии рекомендуемый уклон для гравийных дорог составляет 4%.

Колеи и неровности дорожного покрытия могут препятствовать быстрому отводу воды, а застаивающаяся поверхностная вода будет просачиваться в дорожную конструкцию.

Количество просачивающейся воды зависит от количества трещин, выбоин и проницаемости материалов.

Вода на дорожном покрытии может стать причиной ДТП. Коэффициент сцепления мокрого покрытия ниже, и тормозной путь автомобиля – длиннее. Вода на покрытии может замерзнуть ночью, что делает дорогу скользкой. Резкое изменение коэффициента сцепления на смежных участках может оказаться неожиданным для водителей и привести к ошибке. По этой причине важно, чтобы уклон был достаточным, что достигается либо в результате устройства нового слоя покрытия, либо капитального ремонта.

Трещины и выбоины

Дорожная одежда большинства дорог с низкой интенсивностью движения Швеции, Финляндии и Норвегии состоит из тонкого слоя асфальтобетонного покрытия на дробленном гравийном основании. Этот тип основания может характеризоваться наличием мелкозернистых частиц и более низкой прочностью, по сравнению с другими материалами основания, что может создать большое горизонтальное напряжение в слое асфальтобетонного покрытия. Если битум достаточно вязкий, это может привести к появлению т.н. «крокодиловой кожи» - сетки трещин на покрытии, а также к продольным трещинам. Часто встречаются и трещины, вызванные морозным пучением, трещины на кромках проезжей части, в результате движения очень тяжелых грузовых автомобилей.

Поверхность покрытия на таких дорогах обычно неровная, и поверхностные воды могут накапливаться в колеях и прочих углублениях. Если поверхность дороги покрыта трещинами, вода будет проникать сквозь покрытие в основание и снижать несущую способность дороги. Как следствие – дорога будет преждевременно разрушаться.

Для решения этой проблемы могут применяться менее вязкие битумные материалы. Поверхность покрытия можно также обработать водонепроницаемой пленкой, чтобы вода стекала в канавы, а не проникала в дорожную конструкцию.

3.3 ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

3.3.1 Общие положения

Водоотводная система может оказаться нефункциональной, даже если строительство велось в соответствии с нормами, ведь последние не могут учесть все случаи и варианты. Если очевидно, что причиной возникших проблем является вода в дорожной конструкции, даже соответствующая всем нормативам водоотводная система нуждается в улучшении.

3.3.2 Наклонные участки местности (косогоры)

На большей территории Северной Периферии дороги построены на откосных участках, когда половина дороги проходит в выемке, а половина – в насыпи (см. Рисунок 3.7). Проблемы с обеспечением водоотвода на полунасыпях-полувыемках обычно возникают в районах с

залеганием морены и заиленного песка. Если подстилающим грунтом является глина или торф, местность обычно равнинная.

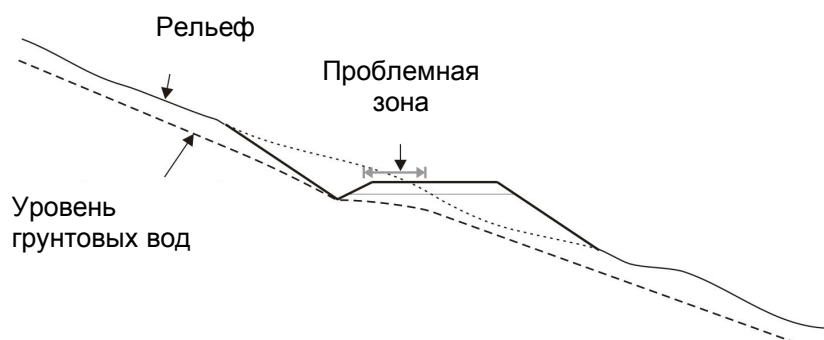


Рисунок 3.7 Проблема отвода воды в полунасыпи-полувыемке

На дорогах, проходящих в полунасыпи-полувыемке, уровень грунтовых вод обычно располагается близко к поверхности покрытия (а значит и к месту приложения колесной нагрузки) на той стороне проезжей части, которая проходит в выемке. Содержание влаги – функция расстояния до уровня грунтовых вод, поэтому деформация колеи на верхней части склона больше, чем на нижней. Вследствие этого потребность в капитальном ремонте на стороне полувыемки возникает на несколько лет раньше, чем на стороне полунасыпи, вода с которой отводится лучше. Разница в сроках службы двух полос движения может превышать два раза.

На стороне полувыемки уровень грунтовых вод проходит под дорогой, близко к поверхности. Если горная порода или другой непроницаемый материал проходит так же близко к поверхности дороги, возможно блокирование грунтовых вод или скопление их в местах с наибольшей подверженностью морозному пучению, снижению несущей способности в период весеннего оттаивания грунтов.

Технологии улучшения – предложения:

- увеличение толщины дорожной конструкции (замена грунта) на стороне полувыемки или повышение рабочих отметок проезжей части
- применение подземных дрен для снижения уровня грунтовых вод на стороне полувыемки
- прикромочные водоотводные лотки, дренаж
- устранение горной породы/непроницаемых грунтов, блокирующих грунтовые воды
- защита от морозного пучения (дорого)
- устройство дополнительных водопропускных труб в местах блокирования вод

3.3.3 Проблемы водоотвода на низинных участках

На участках, проходящих по низинной местности, где существующий естественный уклон недостаточен для обеспечения отвода поверхностных вод, избыточная вода просачивается в грунты земляного полотна. При замерзании грунта или после периода дождей или снегопадов эту воду отвести быстро невозможно, и она скапливается в низинах до тех пор, пока не начнет подмывать дорогу. Результат такой деятельности воды показан на Рисунке 3.8.

На гравийных дорогах высокий уровень грунтовых вод может так ослабить дорожную конструкцию, что дорога станет непроезжаемой.



Рисунок 3.8 Проблемный водоотвод на дорогах, проходящих в низине, А/д 19778, Кемиярви, Финляндия

Технологии улучшения – предложения:

Мореновые грунты в земляном полотне

- устройство дренажных колодцев или канав
- поднятие рабочих отметок проезжей части (что также повышает качество зимнего содержания)

Глины, суглинки, торфы в земляном полотне

- поднятие рабочих отметок проезжей части (что также повышает качество зимнего содержания), однако требуется учесть возможные проблемы со стабильностью
- инфильтрация невозможна

3.3.4 Проблемы водоотвода при равнинном рельефе

Проблемы водоотвода на дорогах, проходящих по равнинной местности, идентичны вышеописанным. Кроме этого, добавляется проблема отвода воды с протяженных равнинных участков. Это проблема еще более очевидна в период весеннего таяния, когда

грунты все еще находятся в промерзшем состоянии, а в результате таяния снегов и дождей образуется избыточное количество воды. То же самое происходит в период обильных ливней, когда грунты земляного полотна не в состоянии быстро дренировать поверхностные воды. Масштаб проблемы зависит от количества воды и проницаемости грунтов земляного полотна. В любом случае, эффект будет одинаков. Уровень грунтовых вод повысится, приводя к тем же последствиям, что были описаны выше.

Технологии улучшения – предложения:

Мореновые грунты в земляном полотне

- поднятие рабочих отметок проезжей части (что также способствует улучшению зимнего содержания)
- замена дорожных материалов на неморозочувствительные и водоустойчивые
- устройство дренажных колодцев или канав
- устройство протяженных боковых канав (водоотводных канав) или подземного дренажа

Глины, суглинки, торфы в земляном полотне

- поднятие рабочих отметок проезжей части (необходимо учесть осадку)
- устройство протяженных боковых канав (водоотводных канав) или наземного/подземного дренажа
- инфильтрационные колодцы применить невозможно

3.3.5 Проблемы с обеспечением водоотвода, связанные с залеганием горной породы

Залегание горной породы близко к поверхности дороги создает особую проблему с позиции водоотвода, особенно если дорога проходит в полунасыпи-полувыемке. Горная порода может блокировать поток грунтовых вод, в результате чего вода будет отводиться плохо, снижая несущую способность дороги. В холодный период года дорожная конструкция может промерзнуть до горной породы, блокируя грунтовые воды. В результате на поверхности горной породы образуются ледяные линзы, в результате приводящие к возникновению неровностей на покрытии. Углубления в горной породе могут также привести к скапливанию воды и, если дорожные материалы являются морозочувствительными, в конструкции может образоваться лед.

Технологии улучшения – предложения:

- взрыв горной породы на глубину 1-2м под основанием. В результате в горной породе образуются трещины, через которые будет уходить вода
- устройство канав/подземного дренажа, препятствующего просачиванию воды в дорожную конструкцию

- защита от морозного пучения (рассматривается отдельно для участков полунасыпи-полувыемки, где невозможен или слишком затратен взрыв горной породы)
- ликвидация или дренирование мест скопления воды в углублениях в горной породе

3.4 ПРОЧИЕ ПРОБЛЕМЫ

3.4.1 Влагоуловители

Обычной практикой 1970-80-х годов было укрепление дорожной конструкции путем укладки несвязных материалов основания непосредственно поверх старого покрытия с последующим уплотнением: такой «сэндвич» представлен на Рисунке 3.9. Вода, проникающая в асфальтобетонное покрытие, неукрепленные обочины, и поступающая из канав (переполненных в период таяния снега), будет скапливаться в этих т.н. ловушках между двумя слоями битумосодержащих материалов. Если содержание влаги в несвязном материале будет близко к уровню насыщения, динамические осевые нагрузки создадут высокое гидравлическое давление в материале и разрушат верхний слой покрытия.

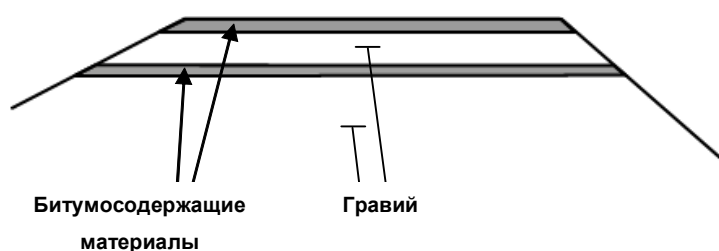


Рисунок 3.9 Слои-ловушки: водонасыщенные слои несвязных материалов между двумя битумосодержащими слоями

Технологии содержания – предложения:

- измельчение нижней конструкции (старого покрытия), если она располагается менее чем в 40 см от поверхности нового покрытия
- измельчение существующего покрытия и увеличение толщины несвязных слоев до не менее чем 35 см (плюс 5 см покрытие)

3.4.2 Проблемы обеспечения стабильности на внешнем откосе

Еще одной проблемой обеспечения водоотвода, особенно для участков выемок, является сползание материала переувлажненных откосов в канавы и блокировка потока воды, что приводит к повышению уровня грунтовых вод. Проблема усугубляется, если в качестве грунта использованы мелкозернистый песок и суглинок, а уровень грунтовых вод расположен высоко.

Технологии улучшения – предложения:

- поверхностные дренажи

- обратные дренажные канавы над верхней обочиной со стороны внешнего откоса для контроля стекания поверхностных вод и снижения уровня грунтовых вод
- посадка растений (для укрепления откосов)
- укрепление откоса крупнозернистым гравием или щебнем (Рисунок 3.10)
- Применение геотекстиля между грунтом и крупнозернистым материалом откоса.



Рисунок 3.1 Пример укрепления откоса в дорожной выемке

4. ВЛИЯНИЕ НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОГО ВОДООТВОДА НА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЯ

4.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Множество моделей были созданы для оценки влияния транспортных нагрузок на транспортно-эксплуатационные характеристики дорог. Некоторые из них рассчитывают или, по меньшей мере, учитывают влияние водоотвода. Проблема таких моделей заключается в сложности механизмов влияния воды на характеристики покрытия. Эти механизмы необходимо упростить для прогнозирования разрушения участка дороги как функции качества дорожного водоотвода.

Практически каждый исследователь упоминает в своих изучениях водоотвод как важнейший фактор при определении долгосрочной работоспособности дорожной конструкции. Однако лишь в немногих изучениях исследовалось влияние хорошего водоотвода на срок службы дороги. Ряд известных методов проектирования применялся для оценки срока службы дорожной конструкции при различном содержании воды. Кроме этих методов также применяются полевые обследования для демонстрации влияния неудовлетворительного водоотвода на срок службы дороги.

4.2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

В первоначальном отчете ROADDEX II были представлены следующие руководства, содержащие модели, учитывающие влияние состояния водоотвода:

- Шведское руководство по проектированию автомобильных дорог
- Руководство по проектированию дорог Американской ассоциации AASHTO¹
- Программа HDM-4
- Программа Федеральной дорожной администрации США (FHWA) – Транспортно-эксплуатационные характеристики покрытия в долгосрочном измерении (LTPP) в рамках Программы стратегических дорожных исследований (SHRP)

Прочие модели, представленные в списке использованных источников, также использовались для определения влияния состояния водоотвода на деформации земляного полотна.

Шведское руководство по проектированию дорог классифицирует модуль упругости низкокачественных материалов (не соответствующих спецификации) по трем категориям на

¹ AASHTO – Американская ассоциация представителей дорожных и транспортных органов штатов, некоммерческая организация, выполняющая анализ дорожной нормативно-технической документации, отвечающая за разработку стандартов (прим. переводчика)

основании результатов анализа водоотвода. Такие материалы часто присутствуют на дорогах с низкой интенсивностью движения. Исходя из этих значений, можно рассчитать влияние повышения класса состояния водоотвода на единицу с использованием соответствующих моделей расчета напряжений и деформаций.

В первоначальном отчете (Бернтсен и Сааренкетто 2005) было приведено два примера, демонстрирующих влияние различных классов состояния водоотвода. Расчеты были выполнены с использованием программного обеспечения Шведской дорожной администрации PMS Object, в котором применяется модель линейной упругости. В результате удалось определить количество стандартных осей до достижения максимальных остаточных деформаций и предела трещинообразования. Результаты показали, что срок службы дорожной конструкции может быть увеличен в 2.2 – 2.6 раз при улучшении состояния дорожного водоотвода с неудовлетворительного до надлежащего (с класса 3 до класса 1). В качестве грунта земляного полотна была выбрана морена, но для суглинка полученный показатель эффективности был бы еще выше.

В Руководстве по проектированию AASHTO применяется 5 разных классов состояния водоотвода от «неудовлетворительного» до «отличного». Повышение качества водоотвода с «неудовлетворительного» до «удовлетворительного» показывает даже больший эффект, чем в шведском руководстве. В примерах, приведенных в первоначальном отчете, срок службы был увеличен в 5 раз.

Модели разрушения, созданные в программе SHRP, основаны на множественной регрессии состояний из широкого ряда потенциальных параметров и определяют путем регрессионного анализа важность содержания влаги в грунте. Модели SHRP нелегко адаптировать к местным особенностям, однако они показывают ускоренное разрушение при увеличении содержания влаги, а также увеличение разницы в случае промерзания.

Увеличение срока службы дорожной одежды можно достичь, увеличив толщину нижнего слоя основания. Так, увеличение этого слоя на 8 см обеспечит тот же эффект, что и понижение уровня грунтовых вод на 40 см (от уровня на 20 см выше основания насыпи до уровня 20 см ниже основания насыпи). Естественно, это невозможно для старой дороги, но важно при проектировании новой дорожной одежды и системы водоотвода. Существуют участки, где обеспечить водоотвод трудно, и лучшим решением является увеличение толщины дорожной конструкции, т.е. поднятие рабочих отметок над уровнем грунтовых вод.

4.3 ПОЛЕВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Влияние неудовлетворительного водоотвода на транспортно-эксплуатационные характеристики дороги можно увидеть на практике путем визуального обследования участков, построенных на откосах (полунасыпь-полувыемка). Согласно параграфу 3.3.2 уровень грунтовых вод на стороне выемки располагается обычно ближе к поверхности покрытия (а, следовательно, и к месту приложения нагрузки). На стороне насыпи расстояние до уровня грунтовых вод больше, и содержание влаги в конструкции поэтому ниже. Таким образом, участок полувыемки служит наглядной демонстрацией негативного влияния неудовлетворительного водоотвода в противовес ситуации с участком полунасыпи. Примерно те же условия были выявлены и в дорожных конструкциях выемок: содержание воды чуть выше по сравнению с ситуацией для обычных насыпей.

Ниже приводятся два примера наблюдений, сделанных на участках дорог, расположенных на косогоре. При изучении примеров следует помнить о том, что разница в колеяности на полосах с обеспеченным и неудовлетворительным водоотводом объясняется не только состоянием водоотвода, но и другими факторами. Материалы и коэффициент уплотнения слоев также могут быть различны, кроме того, грунт земляного полотна может меняться по поперечному профилю дороги. Транспортная нагрузка также оказывает разное влияние на формирование колеи на внешней и внутренней полосах выемки на кривых в плане. Колесные нагрузки больше сосредоточены на внутренней полосе, и потому оказывают большее влияние на развитие деформаций.

Пример: автомобильная дорога HW 21 (E8) Килписъярви, Финляндия

На Рисунке 4.1 приведен пример участка а/д HW 21 вблизи Килписъярви, Финляндия. Участок проходит по косогору. На диаграммах приводятся данные по годовому увеличению средней глубины колеи, а также информация по остаточному сроку службы.

Четкое различие по колееобразованию очевидно на участке 0 – 2500, на котором откос круче. При изучении данного конкретного участка обнаружено, что увеличение глубины колеи на правой стороне дороги составляет 2.0 мм/год, а на левой – только 1.0 мм/год. Из этого следует, что срок службы полосы, с которой хорошо отводится вода, в два раза больше по сравнению с полосой, на которой водоотвод обеспечивается хуже, при допущении, что увеличение глубины колеи является линейной функцией.

Измерение глубины колеи проводилось при сроке службы покрытия 9.5 лет при остаточном сроке службы 1.8 года для правой полосы и 15 лет – для левой полосы. Другими словами, срок службы дренируемой левой полосы составляет 24.5 года, плохо дренируемой правой – 11.3 года, т.е. в 2.17 раза выше.

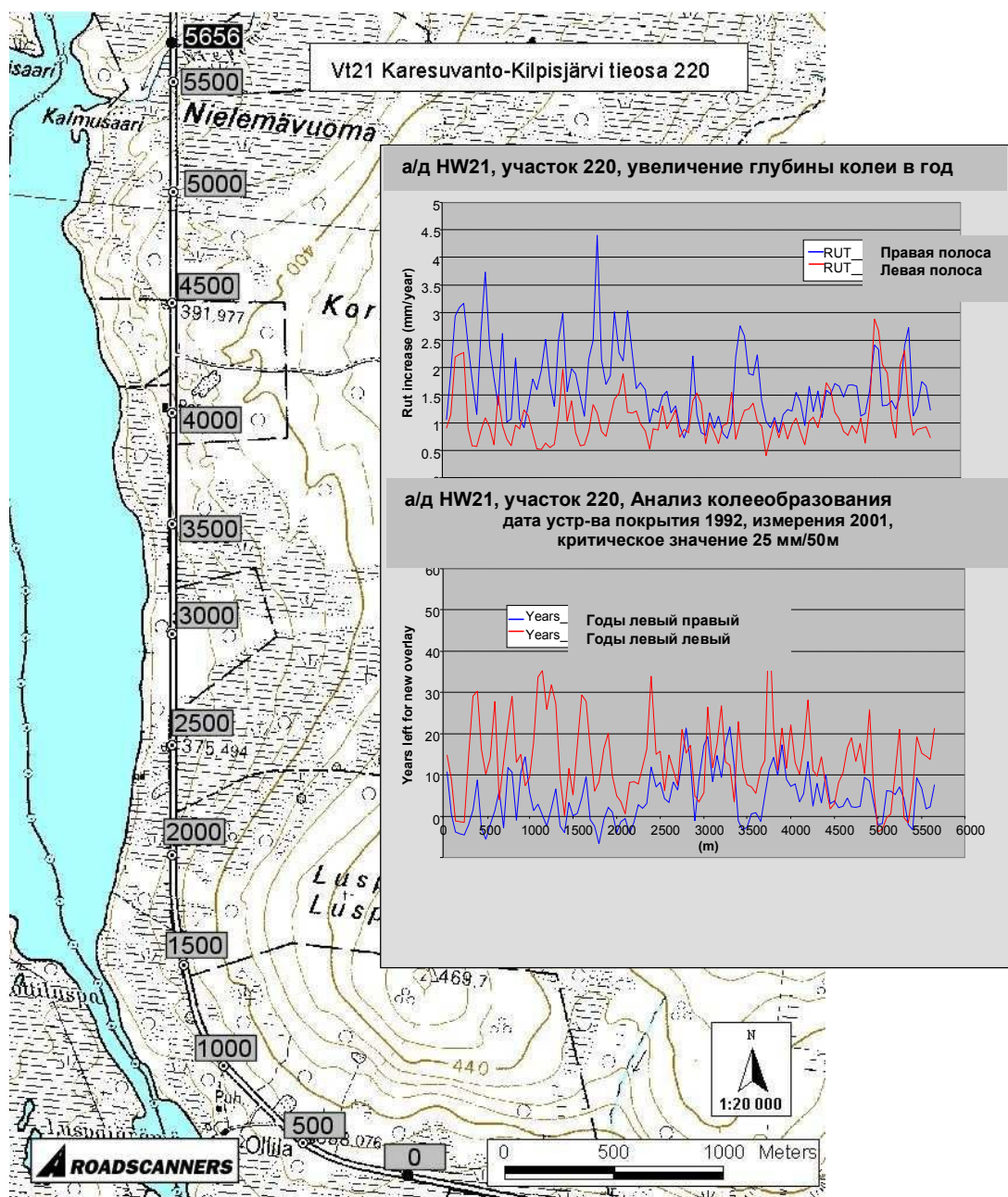


Рисунок 4.1 Участок дороги HW21 – Килписъярви, Финляндия: средние увеличение глубины колеи в год и остаточный срок службы

Пример: Полевые наблюдения на км184 а/д в губернии Тромс, Норвегия

В Норвегии глубина колеи измеряется ежегодно в обоих направлениях движения на всех национальных и губернских дорогах с твердым типом покрытия. Дороги делятся на однородные участки с примерно одинаковыми условиями. Такие участки используются в норвежской системе управления покрытиями. Для каждого участка рассчитывается статистическое распределение колейности, затем определяется глубина колеи для уровня 90% обеспеченности (т.е. 90% участка имеют показатель колейности ниже данного). Этот показатель глубины колеи используется в дальнейшем как сигнальный, и при достижении им

25мм Руководство по проектированию рекомендует выполнение работ по улучшению состояния покрытия.

В рамках анализа состояния водоотвода Roadex II была определена зависимость между глубиной колеи на стороне полувыемки (плохо дренируемая сторона) и полунасыпи (хорошо дренируемая сторона). Аналогичная зависимость определялась и для показателя ровности покрытия. На Рисунке 4.2 представлено кумулятивное распределение соотношения глубины колеи (плохо дренируемая/дренируемая полоса) для км184 рассматриваемой дороги. Согласно диаграмме только на 12% оцениваемой сети глубина колеи была больше на стороне полунасыпи (соотношение менее 1). На 19.5% оцениваемой сети соотношение глубин колеи составляло более 1.5, что означает, что глубина колеи на плохо дренируемой стороне в 1.5 раза больше, чем на той, где водоотвод хорошо обеспечен. На остальных 68.5% сети соотношение глубин колеи было между 1.0 и 1.5. Магнитуда соотношений показателей ровности для двух полос отличалась от той, что была получена для глубин колеи, однако очевидным стал тот факт, что показатели ровности были хуже на той полосе, отвод воды с которой обеспечивался хуже.

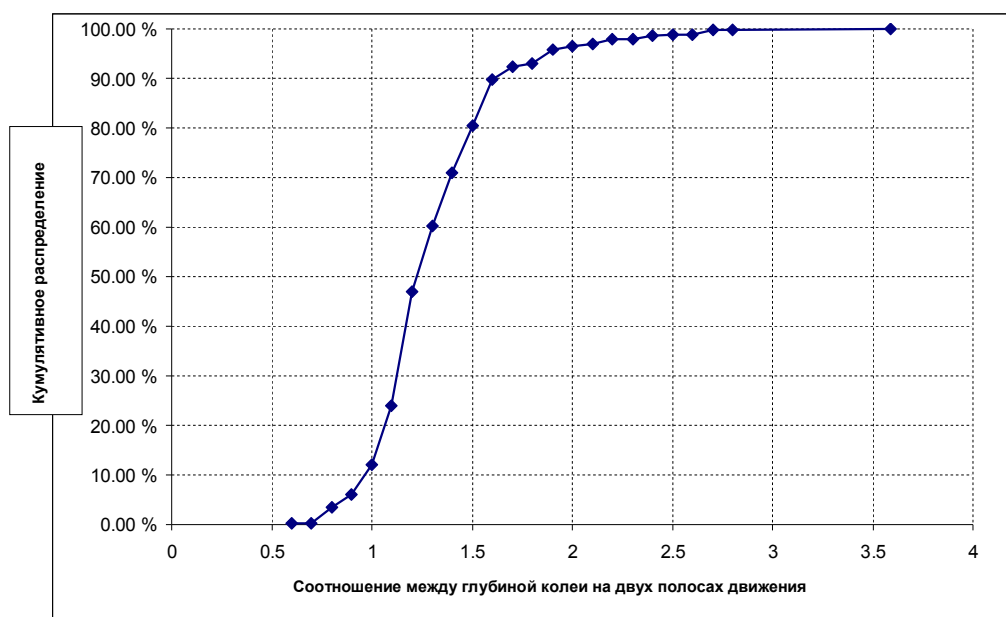


Рисунок 4.2 Кумулятивное распределение соотношения глубины колеи на плохо и хорошо дренируемых полосах дороги

Разница в сроках службы двух соседних полос движения в основном может объясняться различием в состоянии водоотвода. Уровень грунтовых вод ближе к поверхности приложения транспортной нагрузки на полосе полувыемки, и повышенное содержание влаги будет приводит к более интенсивному колееобразованию. Поэтому разница в сроках службы может рассматриваться как результат влияния пониженного уровня грунтовых вод.

4.4 ВЛИЯНИЕ НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОГО ВОДООТВОДА - РЕЗЮМЕ

Модели прогнозирования в Главе 3 были использованы для демонстрации того, что срок службы дорожной конструкции (с учетом количества стандартных осей) будет значительно больше, если улучшить состояние водоотвода. При сравнении результатов Шведского руководства по проектированию с данными полевых наблюдений оказывается, что полученные данные удивительно похожи. Все прочие модели прогнозирования показывают аналогичный или даже больший эффект.

На основании теоретических моделей и полевых наблюдений проблемы можно условно подразделить на 4 группы со схожими условиями и влиянием состояния водоотвода. В Таблице 4.1 приводятся оценочные показатели увеличения срока службы в случае улучшения состояния системы водоотвода.

Таблица 4.1 Изменения срока службы дороги в случае улучшения состояния водоотвода

Состояние водоотвода	Класс состояния водоотвода 1)	Коэффициент – изменение срока службы за счет улучшения состояния водоотвода
Группа 1 Водоотвод не работает совсем (или водоотвод отсутствует). Наличие в дорожной конструкции и земляном полотне материалов и грунтов, чувствительных к воздействию воды. Очень высокий уровень грунтовых вод. Низинное расположение и горная порода блокируют поток грунтовых вод.	>3	> 2,5
Группа 2 Система водоотвода не работает, материалы дорожной одежды и земляного полотна менее чувствительны к воде, чем в группе 1. Водоотвод функционирует плохо по причине недостатка содержания (боковые и водоотводные каналы не чистятся) и наличия чувствительных к воде материалов в дорожной конструкции	3	2-2,5
Группа 3 Водоотвод функционирует плохо по причине недостатка содержания (боковые и водоотводные каналы не чистятся). Материалы дорожной одежды и земляного полотна менее чувствительны к воде.	2	1,5-2
Группа 4 Водоотвод функционирует неудовлетворительно по причине недостатка содержания или стандарты содержания занижены	1-2	1-1,5

1) В сравнении с классами состояния водоотвода в Шведском Руководстве по проектированию дорог Увеличение срока службы дорожной конструкции зависит от масштаба улучшений. Коэффициенты в Таблице 4.1 показывают возможности для достижения.

5. ВОДООТВОД И ЗАТРАТЫ В ТЕЧЕНИЕ ВСЕГО СРОКА СЛУЖБЫ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

5.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для определения влияния хорошо функционирующей системы водоотвода на величину затрат в течение срока службы дорожной одежды необходимо знать величину затрат на содержание этой системы. Фактические затраты на содержание будут варьироваться по странам и территориям Северной Периферии.

Обычно затраты на содержание системы дорожного водоотвода намного меньше, чем на устройство нового слоя покрытия: в Норвегии, например, стоимость укладки нового слоя на дороге с низкой интенсивностью движения в 8-10 раз выше затрат на очистку боковых канав и труб (затраты на очистку канав составляют 10-12% затрат на устройство нового слоя покрытия, затраты на укладку нового слоя при этом равны 32-37 €/м, на очистку канав - 3.7-4.5 €/м). В Финляндии анализ затрат в течение срока службы дорожной конструкции также проводится, цены при этом немного ниже, но соотношение между затратами на очистку канав и укладку нового слоя покрытия примерно то же.

Иногда канава может не функционировать, даже если она устроена надлежащим образом в соответствии с руководством по проектированию. В таких случаях необходимо либо увеличить глубину канавы или устроить глубокий дренаж. Такие улучшения более затратны и зависят от характера проблемы. Затраты на устройство глубокого дренажа составляют 30 – 50% затрат на устройство нового слоя покрытия в зависимости от типа грунтов земляного полотна.

В следующих главах приводится сравнение между затратами на устройство нового слоя покрытия на 5-6м проезжей части дороги и затратами на очистку канав. Обычно из-за неудовлетворительного состояния водоотвода разрушение происходит лишь на небольших секциях дорог, однако такие проблемные секции становятся причиной полного переустройства покрытия на всем участке. По этой причине относительные затраты в дальнейшем будут снижены, а улучшение водоотвода будет еще более эффективным.

5.2 ЧАСТОТА/ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО УЛУЧШЕНИЮ ВОДООТВОДА

Часто мы задаемся вопросом: сколь часто необходимо выполнять работы по улучшению системы водоотвода, удерживая при этом затраты на приемлемом уровне? В качестве примера приведем расчеты в рамках анализа затрат в течение всего срока службы дороги с использованием величины затрат на улучшение системы водоотвода в размере 4,100 €/км и на замену покрытия - 35,000 €/км (соотношение 0.117). Результаты данного анализа приведены на рисунке 5.1.

Рисунок 5.1 показывает, что в случае, если меры по улучшению/содержанию системы водоотвода удвоят срок службы (с 10 до 20 лет), то выполнение мер по содержанию раз в два года все еще будет экономически эффективным даже при коэффициенте

дисконтирования 8% (используется в Норвегии). Если срок службы будет увеличен только на 50% (с 10 до 15 лет) и коэффициент дисконтирования составит 4% (используется в Финляндии), то меры по содержанию водоотвода будут окупаться при частоте раз в три года. Обычно нет необходимости выполнять работы по совершенствованию системы дорожного водоотвода столь часто.

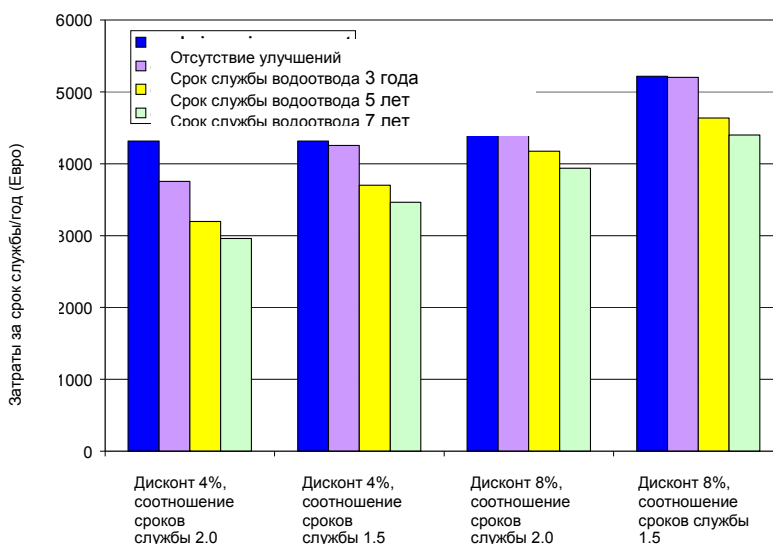


Рисунок 5.1 Пример результатов анализа затрат за срок службы, демонстрирующий выгоды от улучшения состояния водоотвода. Результаты приведены для двух соотношений сроков службы - 2.0 (увеличение с 10 до 20 лет) и 1.5 (с 10 до 15 лет) при использовании разных коэффициентов дисконтирования (4% и 8%).

В примере не учитывается увеличение затрат на содержание в результате неудовлетворительно функционирующего водоотвода. Фактически, выгоды от поддержания водоотвода в хорошем состоянии должны рассчитываться за более чем один срок службы дорожной одежды, поскольку морозное пучение из-за высокого содержания воды будет оказывать долгосрочное влияние на характеристики дороги.

Расчеты также показывают, что всегда следует принимать во внимание более дорогостоящие решения по улучшению состояния водоотвода, чем просто очистка канав от лишнего грунта, грязи и растительности. Например, если срок службы дорожной одежды увеличивается в два раза при коэффициенте дисконтирования 4%, улучшение водоотвода может стоить 8,400 €/км и обновляться раз в 5 лет, при этом затраты за срок службы будут все еще меньше, чем в случае отказа от восстановления водоотводной системы.

6. РЕКОМЕНДАЦИИ

В данном отчете при помощи теоретических моделей и полевых наблюдений была продемонстрирована возможность увеличения срока службы дороги по меньшей мере в 1.5-2 раза за счет улучшения системы водоотвода, если известно, что неадекватный водоотвод является причиной снижения несущей способности дороги и ее срока службы. Поэтому задача поддержания системы водоотвода в надлежащем состоянии является, возможно, самой выгодной мерой для владельцев дорог, обеспечивая устойчивость и экономичность системы управления состоянием дорог. Поэтому эффективное содержание системы водоотвода должно стать приоритетным по отношению ко всем остальным мерам.

Первый шаг на пути процесса усиления дорожных конструкций заключается в обеспечении надлежащего функционирования системы дорожного водоотвода. Это должно быть сделано за 1-2 года до устройства нового слоя покрытия, поскольку гарантирует хорошее дренирование дорожной конструкции и лучшее ее состояние перед капитальным ремонтом.

Оценку состояния водоотвода всегда рекомендуется проводить по окончании каждого периода действия контракта на содержание или, по меньшей мере, каждый восьмой год. Во время оценки рекомендуется разделить дорогу на однородные участки, основываясь на состоянии системы дорожного водоотвода и используя такие классы состояния как «обычный класс водоотвода» и «особый класс водоотвода». Проблемы водоотводной системы для «обычного класса водоотвода» можно решить при помощи текущих мер по содержанию, выполняемых с определенной периодичностью. Участки с «особым классом водоотвода» требуют специального мониторинга в период действия контракта на содержание, и для их улучшения потребуются не только текущее содержание. Эта концепция анализа состояния водоотвода и, особенно, «особого класса водоотвода» будет рассматриваться далее в под-проекте ROADDEX III «Руководство по обеспечению водоотвода».

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

Ахо С., Сааренкето Т., Бернтсен Дж., Доусон А., Колисойя П., Мунро Р. (2005). Структурные инновации. Отчет ROADDEX II. www.roadex.org

Бернтсен Дж., Сааренкето Т. (2005). Обеспечение водоотвода на дорогах с низкой интенсивностью движения. Отчет ROADDEX II. www.roadex.org

Лари Дж.А. и Махоуни Дж.П. 1984. Сезонное влияние на прочность дорожных конструкций. Результаты транспортного исследования 954.

Носс П.М. 1978. Poresug i jordarter (Всасывание грунта). Тезисы докторской диссертации. Норвежский институт науки и технологии. Тронхейм.

Проект Roadex 1998-2001. Северная Периферия. CD-ROM

Сааренкето Т. 2005. Мониторинг, коммуникационные и информационные системы и инструменты для сфокусированных действий. Отчет ROADDEX II. www.roadex.org

Сааренкето Т. и Ахо С. (2005). Управление снижением несущей способности дорог с низкой интенсивностью движения в весенний период. Отчет ROADDEX II. www.roadex.org

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

РАСПОЗНАВАНИЕ ПРОБЛЕМ ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА И ПРЕДЛАГАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ

Категория	Описание проблемы	Как распознать проблему	Что вызывает проблему	Решения для улучшения водоотвода Предложения
Проблемы, связанные с содержанием	Водонасыщение дорожной конструкции в период весеннего оттаивания и при циклах замерзания/оттаивания в период теплых зим.	<p><i>Проблемы несущей способности.</i></p> <p>Дороги с твердым покрытием: колейность, трещины, деформации.</p> <p>Гравийные дороги: пластические деформации в период весеннего оттаивания. В худших случаях дорога может стать непроезжей.</p>	<p>Морозочувствительные грунты земляного полотна или несвязные дорожные материалы, где формируются линзы льда в холодный период года, в результате чего в порах образуется избыточная вода, снижается несущая способность дороги в весенний период.</p> <p>Талый снег и поверхностные воды проникают в дорожную конструкцию из канав, с обочин и через трещины в дорожном покрытии.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Очистка боковых канав от снега и льда для обеспечения плавного потока поверхностных вод по канавам. • Глубокий дренаж • Замена пучинистых грунтов • Морозоизоляция • Стабилизация основания • Усиление дорожных конструкций в период весеннего оттаивания • Обеспечение достаточного поперечного уклона

Категория	Описание проблемы	Как распознать проблему	Что вызывает проблему	Решения для улучшения водоотвода Предложения
(продолжение) Проблемы, связанные с содержанием	Засоренные боковые канавы, т.е. канавы не открыты для потока воды	<i>В целом данная проблема связана с несущей способностью и вызвана недостаточной очисткой канав.</i> Мелкозернистые и пылеватые грунты заполняют канаву, оседая на дне, и очистка канав является весьма трудоемкой операцией. Эрозия внешнего откоса боковой канавы.	Слишком крутые откосы боковых канав, что связано с типом грунта земляного полотна Недостаточная защита от эрозии	<ul style="list-style-type: none"> • Более частая очистка канав • Устройство трубы в канаве (подземный дренаж) • Устройство кюветных траншей, заполненных крупнозернистым материалом, обернутым в геотекстиль • Защита от эрозии. Крупнозернистый материал, растительность или различные виды геотекстиля на откосах
	Дефекты водопропускных труб	В результате визуального инспектирования выполнена оценка структурного состояния трубы. Имеются разрушения (осадка насыпи, неровности на покрытии) вблизи трубы. Часто встречаются морозные пучины. Провалы в дорожной конструкции.	Осадка, засоренное входное отверстие трубы, перемещения морозных пучин, слишком малый диаметр трубы, ошибки строительства трубы или входного отверстия	<ul style="list-style-type: none"> • Замена трубы трубой большего диаметра • Очистка входного/выходного отверстия трубы • Устройство пластиковой трубы (см. параграф 5.2.2.1, Рисунок 43)

Категория	Описание проблемы	Как распознать проблему	Что вызывает проблему	Решения для улучшения водоотвода Предложения
	Заблокированное входное отверстие трубы	Мусор, ветки, трава, грязь засоряют входное отверстие. Проблема возникает чаще после сильных ливней, когда требует отводить огромное количество поверхностных вод.	Возможно неверное проектирование входного отверстия трубы. Слишком малый диаметр трубы. Местность вверх по течению от трубы эродирована, и вымытый материал проникает и оседает в трубе	<ul style="list-style-type: none"> • Очистка входного отверстия • Реконструкция входного отверстия • Замена трубой большего диаметра
	Блокирование труб льдом	Льдины и вода в период оттепели зимой или при весеннем таянии снегов идут потоком через тело насыпи. Заболачивание верхней канавы	Лед проникает в трубу извне или формируется непосредственно в ней. Малая скорость потока воды в трубе. Рабочая поверхность водоотвода уменьшена в результате недостатка очистки.	<ul style="list-style-type: none"> • Очистка трубы от песка, гравия, т.д. уменьшит остроту проблемы • Использование пара для прогрева трубы и таяния скопившегося в ней снега • Реконструкция трубы (понижение ее, если это возможно), входного и выходного отверстий • Использование солнечных панелей или ветряной мельницы для работы обогревательного кабеля

Категория	Описание проблемы	Как распознать проблему	Что вызывает проблему	Решения для улучшения водоотвода Предложения
	Дерн на обочине	Трава на обочине прорастает и мешает поверхностным водам стекать с проезжей части в канавы. Проблема обеспечения безопасности дорожного движения (лужи на покрытии), разрушения покрытия	Растительность на обочине и внутреннем откосе формирует дерн, который с каждым годом все разрастается.	<ul style="list-style-type: none"> • Ликвидация дерна
Проблемы, связанные с проектированием	Травяные обочины	Покрытие начинает разрушаться с кромки проезжей части, соседствующей с травой, в самой нижней точке, где остается вода после дождей.	На некоторых дорогах вместо канав используются травяные обочины. Поверхностным водам некуда стекать с покрытия, поэтому они проникают в тело насыпи	<ul style="list-style-type: none"> • Ликвидация травяных обочин и устройство канав • Устройство глубокого дренажа • Устройство прикромочного водоотвода • Поверхностные воды должны отводиться с покрытия как можно быстрее

Категория	Описание проблемы	Как распознать проблему	Что вызывает проблему	Решения для улучшения водоотвода Предложения
Проблемы, связанные с проектированием (продолжение)	Проблемы водоотвода из-за прохождения дороги по низине (самая низкая точка равнины)	Дорогу затоплена в период таяния снегов и сильных ливней. Проблема остаточных деформаций на данных участках дороги. Проблемы дифференциального морозного пучения	Топография не позволяет перенаправить воду дальше от дороги. Уровень грунтовых вод располагается слишком близко к дорожной конструкции	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Морены</i> • Инфильтрационные колодцы/канавы • Поднятие рабочих отметок с использованием крупнозернистых материалов • <i>Глина/суглинок или торф</i> • Поднятие рабочих отметок с использованием крупнозернистого материала • Инфильтрационные сооружения в данном случае не работают!
	Неадекватный водоотвод со стороны полувыемки (косогор)	Колееобразование на полосе движения полувыемки из-за косогора	Высокий уровень грунтовых вод на полосе полувыемки Слабая дорожная конструкция Верхние канавы не чистятся	<ul style="list-style-type: none"> • Улучшение системы водоотвода путем очистки канав • Глубокий дренаж для снижения УГВ • Усиление дорожной конструкции на стороне полувыемки • Усиление конструкции с использованием арматуры

Категория	Описание проблемы	Как распознать проблему	Что вызывает проблему	Решения для улучшения водоотвода Предложения
	Проблемы отвода воды в месте выхода горной породы близко к поверхности дороги	Вода не отводится из тела насыпи, что приводит к снижению несущей способности дороги В холодный период года лед образуется на поверхности горной породы, блокируя водный поток, в результате чего на поверхности дороги образуются неровности.	Горная порода блокирует стекание воды с дороги. Вода достигает морозочувствительного материала на поверхности горной породы. Морозный фронт достигает горной породы и начинает блокировать поток грунтовых вод.	<ul style="list-style-type: none"> • Взрывание горной породы на глубину 1-2 м до основания насыпи • Замена грунта до горной породы с использованием крупнозернистых материалов • Взрывание горной породы под канавой, расположенной на стороне верхнего откоса • Устройство глубокого дренажа на верхнем откосе для предотвращения проникания воды в тело насыпи • Использование нескольких труб • Защита от морозного пучения • Устранение горной породы/валунов, блокирующих поток воды

Категория	Описание проблемы	Как распознать проблему	Что вызывает проблему	Решения для улучшения водоотвода Предложения
	Проблемы обеспечения водоотвода в равнинной местности	Канавы, а иногда и дорога затопляются в период таяния снегов или сильных ливней. Проблемы остаточных деформаций, особенно на обочинах	Из-за равнинного характера местности возникают сложности с отводом воды дальше от дороги. Высокий уровень грунтовых вод создает повышенное содержание влаги в дорожной конструкции.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Морены:</i> • Поднятие рабочих отметок дороги • Замена материалов на водо- и морозоустойчивые • Стабилизация чувствительных к воде материалов • Устройство инфильтрационных колодцев или канав • Устройство протяженных канав или глубокого дренажа • <i>Глина/суглинок или торф</i> • Инфильтрационные сооружения здесь не работают • Поднятие рабочих отметок (необходимо учесть возможную осадку) • Протяженные канавы (наземные или подземные)

Категория	Описание проблемы	Как распознать проблему	Что вызывает проблему	Решения для улучшения водоотвода Предложения
Прочие проблемы	Насыщенные водой слои из-за устроенной ловушки для воды между вновь уложенным слоем асфальтобетона и старым, между которыми находится новый слой крупнозернистого основания (влагоуловитель)	Ускоренное колееобразование и формирование крокодиловой сетки трещин после устройства нового слоя покрытия. Вода проникает через трещины в покрытии в период весенней распутицы и после ливней	Старое водонепроницаемое покрытие оставлено и засыпано несвязным крупнозернистым материалом нового основания на толщину менее 40 см от вновь уложенного слоя покрытия. В результате вода окажется в «ловушке» между двумя этими непроницаемыми слоями, и материал основания будет насыщен водой. Динамические нагрузки вызовут гидростатическое напряжение, что приведет к разрушению покрытия.	<ul style="list-style-type: none"> • Проверка наличия старого покрытия под несвязным материалом основания поверх него, например, при помощи георадара • Разрушение старого покрытия, если оно располагается на глубине менее 40 см от поверхности нового слоя покрытия • Измельчение всех связных слоев до низа старого покрытия и смешивание полученного материала с гравийным слоем. Добавление битума для стабилизации материала при измельчении

Категория	Описание проблемы	Как распознать проблему	Что вызывает проблему	Решения для улучшения водоотвода Предложения
	Эрозия и сползание грунта по откосам	Происходит эрозия материалов внешнего откоса, они сползают вниз, блокируя канаву и повышая уровень грунтовых вод	Слишком крутое заложение откосов. Высокий уровень грунтовых вод и/или сильный поток грунтовых вод. Наличие на откосе материалов, подверженных эрозии.	<ul style="list-style-type: none"> • Поверхностный дренажи • Устройство боковой канавы со стороны выемки для снижения уровня грунтовых вод • Посадка трав • Покрытие откосов крупнозернистых материалов – гравием или щебнем. Укладка геотекстиля между нижним слоем и крупнозернистым материалом
	Проблемы обеспечения водоотвода на гравийных дорогах (дренирование дорожной конструкции гравийной дороги)	Покрытие дороги теряет прочность, становится пластичным и практически непроезжим в период весеннего оттаивания	Наличие в дорожной конструкции материалов, подверженных морозному пучению. Эта проблема не вызвана исключительно состоянием водоотвода, но улучшение его могло бы уменьшить остроту проблемы	<ul style="list-style-type: none"> • Достаточно частая очистка канав • Устройство глубокого дренажа для понижения уровня грунтовых вод • Замена части дорожной конструкции крупнозернистыми материалами • Увеличение толщины дорожной одежды за счет нового гравийного слоя основания и покрытия • Обеспечение достаточного поперечного уклона проезжей части

