



ROADEX III
NORTHERN PERIPHERY



Саара Ахо, Тимо Сааренкето

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ
ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ДОРОГАХ,
ПОДВЕРЖЕННЫХ СНИЖЕНИЮ НЕСУЩЕЙ
СПОСОБНОСТИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД**

Резюмирующий отчет

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

Проектирование и проведение восстановительных работ на дорогах, подверженных снижению несущей способности в весенний период

РЕЗЮМИРУЮЩИЙ ОТЧЕТ

Март 2006

Саара Ахо

Компания Roadscanners Oy

Тимо Сааренкето

Компания 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 отчет представляет собой резюме отчета Проекта ROADEX II 2005 “Управление снижением несущей способности дорог с низкой интенсивностью движения в весенний период – Описание проблемы, политика сезонных весовых ограничений, мониторинг и восстановление дорог”, подготовленного Тимо Сааренкетто и Сарой Ахо, компания Roadscanners Oy.

Цель отчета – послужить справочным руководством, основное внимание в котором уделено методам и практикам восстановления дорог с низкой интенсивностью движения, подверженных сезонным проблемам, в частности – проблеме снижения несущей способности в весенний период.

Настоящий отчет не заменяет собой какие-либо руководства, справочники и прочие материалы, имеющиеся по данному вопросу, однако, авторы надеются, что приведенная в отчете информация предоставит читателям возможность обрести лучшее понимание причин возникновения проблем и найти лучшие варианты их решения.

Отчет подготовлен Сарой Ахо и Тимо Сааренкетто из компании Roadscanners Oy, Финляндия. Английская версия отчета проверена менеджером Проекта ROADEX III Ронном Мунро. Макет отчета подготовлен Микой Пюяхухта из Лаборатории Улеборга.

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

Copyright © 2006 Roadex III Project

Все права защищены.

Лидирующий Партнер Проекта ROADEX III: Шведская Дорожная Администрация, Северный Регион, а/я 809, S-971 25 Лулео. Координатор Проекта: Кристер Пало.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ	5
1.1 ПРОЕКТ ROADEX	5
1.2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ДОРОГАХ СО СНИЖЕНИЕМ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД	6
РАЗДЕЛ 2. СНИЖЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОГ В ПРОБЛЕМНЫЕ ПЕРИОДЫ ГОДА – КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ	8
2.1 ФАКТОРЫ СНИЖЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОГ В ПРОБЛЕМНЫЕ ПЕРИОДЫ ГОДА	8
2.2 ФАЗЫ СНИЖЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОГИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД	9
2.3 КЛАССИФИКАЦИЯ УЧАСТКОВ СНИЖЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОГ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД	9
РАЗДЕЛ 3. ПРОЦЕСС ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДОРОГ	11
РАЗДЕЛ 4. ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ УЧАСТКОВ ДОРОГ СО СНИЖЕННОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД	13
4.1 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ДОРОГ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ	13
4.2 ИНТЕГРИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЙ	15
4.3 МОДЕЛЬ ДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И АНАЛИЗА ДОРОГ, НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КОТОРЫХ СНИЖАЕТСЯ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД	16
РАЗДЕЛ 5. УСИЛЕНИЕ ОСЛАБЛЕННЫХ УЧАСТКОВ ДОРОГ	21
5.1 ОБЩЕЕ	21
5.2 ЗАТРАТЫ В ТЕЧЕНИЕ ВСЕГО СРОКА СЛУЖБЫ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	21
5.3 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГРАВИЙНЫХ ДОРОГ	22
5.4 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДОРОГ С ТВЕРДЫМ ТИПОМ ПОКРЫТИЯ	26
5.4.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	26
5.4.2 Дороги с тонкослойными покрытиями – толщина покрытия: 20 – 100 мм	26
5.4.3 Дороги с покрытием толщиной свыше 100 мм	31
РАЗДЕЛ 6. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И КОНТРОЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ВОССТАНОВЛЕННЫХ УЧАСТКОВ ДОРОГ	33
РАЗДЕЛ 7. ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ	35
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 КАРТЫ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ МЕР ДЛЯ ГРАВИЙНЫХ ДОРОГ	36

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 ПРОЕКТ ROADEX

Проект ROADEX является проектом технического сотрудничества между дорожными организациями Северной Европы, цель которого – обмен между партнерами проекта информацией и результатами исследований в области автомобильных дорог. 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.

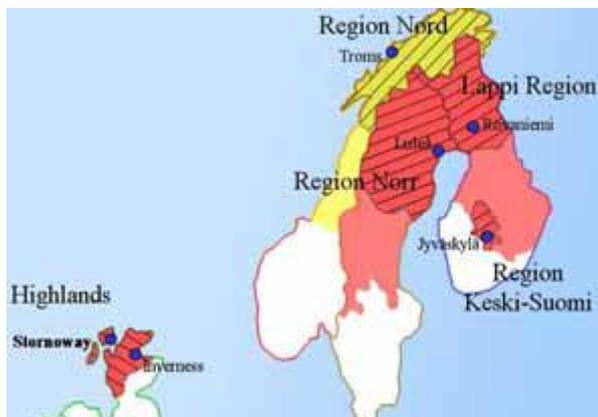


Рисунок 1 Территории Северной Периферии и Партнеры Проекта ROADEX II

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 дорожная администрация (Северный Регион), Норвежская Ассоциация автоперевозчиков, Шведская дорожная администрация (Северный Регион), 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.

Настоящий резюмирующий отчет представляет собой одну из 8 пояснительных записок, подготовленных в рамках проекта ROADEX III (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 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ДОРОГАХ СО СНИЖЕНИЕМ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Сезонные изменения, циклы замерзания/оттаивания и ущерб, наносимый дорожным конструкциям в результате их воздействия, являются ключевыми факторами, влияющими на состояние дорожных сетей, построенных в условиях холодного климата ряда территорий Европы, Азии и Северной Америки. Процессы замерзания/оттаивания создают риски разрушения и для участков возвышенностей в странах с более теплым климатом. В США в рамках исследовательской программы AASHTO ¹ проводились изучения деформаций дорожных конструкций в течение разных сезонов (White and Goree 1990), и согласно полученным данным 60% деформаций возникли именно в период весеннего оттаивания грунтов, когда относительные объемы движения составляли всего 24%. В летний период относительная величина новых повреждений дорожного покрытия составила только 2%, в то время как относительный объем движения составлял 30%.

Последствиями воздействия зимних морозов являются неравномерная величина морозного пучения, продольные и поперечные трещины, однако более всего их влияние очевидно весной, в период оттаивания дорожной конструкции и возникновения остаточных деформаций. При наихудшем сценарии дороги со сниженной несущей способностью в результате весеннего оттаивания становятся непроезжими. Как правило, ущерб в результате весеннего таяния максимален для «недостроенных» гравийных дорог, однако снижение несущей способности имеет место и на дорогах с твердым покрытием, особенно на ослабленных участках со слоем износа в виде поверхностной обработки.

В зависимости от масштаба проблемы весеннего паводка для управления состоянием дорог в проблемный период можно воспользоваться рядом политик и технологий. В целом, эти управленческие инструменты можно условно сгруппировать следующим образом:

- 1) технологии содержания дорог, направленные на уменьшение воздействия весенней распутицы
- 2) весовые ограничения и различные инструменты минимизации проблем, связанных с введением этих ограничений
- 3) усиление наиболее слабых участков дорог до уровня, позволяющего снять весовые ограничения или вводить их только при самых неблагоприятных условиях
- 4) сотрудничество с организациями, осуществляющими тяжелые грузовые автоперевозки.

Традиционно дорожные администрации стараются предотвратить ущерб в результате весеннего паводка путем введения весовых ограничений или даже закрытия дорог для движения. Введение весенних весовых ограничений способствует повышению срока службы дороги, но в то же время значительно увеличивает логистические издержки предприятий, осуществляющих тяжелые грузовые перевозки.

В частности, в Финляндии такие дополнительные затраты лесной отрасли в период действия весенних ограничений оцениваются в 100млн.€, из которых 65млн.€ связаны с транспортировкой грузов по дорогам общего пользования (Pennanen and Mäkelä 2003).

¹ American Association of State Highway and Transportation Officials - Американская ассоциация руководителей дорожных и транспортных служб штатов.

Таким образом, лучшим и наиболее устойчивым из возможных решений является управление рисками весеннего снижения несущей способности дорог посредством усиления и восстановления наиболее ослабленных участков дорог. Однако, это возможно и необходимо лишь тогда, когда дорожный округ обладает достаточными ресурсами для реализации требуемых мер, которые окажут длительный эффект. Многие ошибки были допущены, когда усиление проводилось на участках с особо слабыми конструкциями. Наиболее очевидными эти проблемы оказывались тогда, когда впоследствии на этих участках дорог устраивалось капитальное (асфальтобетонное) покрытие.

В данном отчете подробно рассмотрены технологии и методы усиления наиболее ослабленных участков дорог на основе исследований, проведенных в рамках под-проектов ROADEX II “Управление несущей способностью дорог с низкой интенсивностью движения в период весеннего паводка” (Saarenketo and Aho 2005) и “Остаточные деформации ” (Dawson and Kolisoja 2005), а также с учетом отчета “Проектирование и восстановление участков дорог, ослабленных весенним паводком” (Aho et al. 2005), подготовленного для Финской Дорожной Администрации (Fintra). Цель настоящего отчета – послужить практическим руководством для местных инженеров-дорожников, проектировщиков и других специалистов, представив систематизированный пошаговый аналитический подход к проектированию и проведению ремонтных работ на участках дорог в зонах подтопления весенним паводком. В документе также приводится система классификации участков, подвергшихся воздействию паводка, в целях лучшего понимания процессов, стоящих за проблемой. В отчете дан краткий обзор восстановительных конструкций и их применимости/пригодности для устранения разного вида разрушений.

Таким образом, в отчете представлены основные аспекты обеспечения качества и контроля функциональности восстанавливаемых дорог.

Дополнительную информацию о политиках и технологиях управления несущей способностью дорог в период весеннего паводка Вы можете найти в отчете ROADEX II “ Управление несущей способностью дорог с низкой интенсивностью движения в период весеннего паводка”, подготовленный Сааренкето и Ахо (2005).

Раздел 2. Снижение несущей способности дорог в проблемные периоды года – Краткое описание

2.1 ФАКТОРЫ СНИЖЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОГ В ПРОБЛЕМНЫЕ ПЕРИОДЫ ГОДА

Термин «снижение несущей способности в весенний период» имеет разные интерпретации на разных языках. В целом, им может обозначаться снижение несущей способности дороги в весенний период, когда промерзшие слои дорожной конструкции начинают оттаивать. Лаунонен и др. (Launonen et al., 1995) перечислил следующие факторы, необходимые для проявления признаков снижения несущей способности в весенний период:

- промерзание дорожной конструкции/земляного полотна
- материал является морозочувствительным
- в зоне промерзания достаточно воды
- в период таяния вода, высвобождаемая при таянии сегрегационного льда остается в дорожной одежде или в земляном полотне, ослабляя таким образом дорожную конструкцию
- в период весенней распутицы автомобильная дорога испытывает нагрузки от тяжелого транспорта

Если отсутствует хотя бы один из вышеперечисленных факторов, риск разрушений в результате снижения несущей способности в весенний период отсутствует. В странах с более теплым климатом (например, в Шотландии) снижение несущей способности дороги обычно связано с ослаблением дорожной конструкции после смены циклов замерзания/оттаивания в течение суток. Процессы, происходящие вслед за снижением несущей способности дороги в результате весеннего оттаивания подробно разъяснены в отчете ROADEX II “Управление снижением несущей способности дорог с низкой интенсивностью движения в весенний период” (Saarenketo and Aho, 2005).

Факторы, вызывающие снижение несущей способности в весенний период можно условно подразделить на факторы влияния тяжелого грузового движения, факторы окружающей среды и факторы проектирования (см. Таблицу 2.1). Факторы дорожного проектирования – локальные факторы, зависящие от местоположения дороги и ее окружения, которые влияют на промерзание конструкций, величину морозного пучения и рассеивание талых вод. Все упомянутые факторы, представленные в Таблице 2.1, оказывают воздействие друг на друга и вступают в симбиоз с другими факторами для усиления влияния. Мероприятия по содержанию дорог и несущая способность обочин также влияют на величину разрушений в результате весенней распутицы.

Таблица 2.1. Факторы, влияющие на снижение несущей способности в период весенней распутицы (обновлено Aho 2004)

ВЕСОВЫЕ НАГРУЗКИ	ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
Интенсивность движения тяжелого транспорта Величина осевых нагрузок Уровень давления воздуха в шинах Период времени между проходами соседних грузовых автомобилей	Погодные и гидрологические условия <ul style="list-style-type: none"> • Температура • УГВ • Осадки • Промерзание (линзы льда) 	Водоотвод <ul style="list-style-type: none"> • Топография дороги и ее окружения • Водоотводные конструкции Дорожная одежда <ul style="list-style-type: none"> • Толщина, качество, перемешивание слоев Земляное полотно <ul style="list-style-type: none"> • Грунты земляного полотна и их морозочувствительность

2.2 ФАЗЫ СНИЖЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОГИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Результаты мониторинга снижения несущей способности в весенний период выявляют 4 временные фазы снижения несущей способности с уникальными характеристиками, что требует отдельной классификации. Фазы приводятся в хронологической последовательности, и потребность во введении весовых ограничений, например, в каждой фазе зависит от увеличения влажности и прочности дороги в предыдущем периоде. Четыре фазы снижения несущей способности дороги:

- 1) фаза циклов замерзания-оттаивания,
- 2) фаза снижения прочности покрытия,
- 3) фаза снижения прочности дорожной одежды (структурная)
- 4) фаза снижения несущей способности земляного полотна.

Общим для всех вышеперечисленных фаз фактором является крио-всасывание (cryo suction). Возможной пятой фазой, когда происходит снижение несущей способности дорожной конструкции, можно считать сезон осенних ливней, хотя в этот период замерзание не является фактором процесса снижения несущей способности. В Шотландии и некоторых других странах с более теплым климатом основной проблемой является не весенняя распутица, а ежедневная смена циклов замерзания/оттаивания в зимний период. В таких районах фаза циклов замерзания-оттаивания обычно и является единственной фазой снижения несущей способности дороги.

Четыре приведенных выше фазы снижения несущей способности дороги в весенний период подробно описаны в отчете проекта ROADEX II “Управление снижением несущей способности дорог с низкой интенсивностью движения в весенний период”. Этой классификацией можно пользоваться при мониторинге и в коммуникационной терминологии при описании состояния дороги с периодом весенней распутицы, а также при принятии решений по введению или отмене весовых ограничений. Кроме этого, в части проектирования мер по восстановлению дорог важно определить наиболее проблемные фазы. Это важный фактор для назначения ремонтных работ.

2.3 КЛАССИФИКАЦИЯ УЧАСТКОВ СНИЖЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОГ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

В Отчете ROADEX II “Управление снижением несущей способности дорог с низкой интенсивностью движения в весенний период” (Saarenketo and Aho 2005) предлагается система классификации участков разрушений в результате снижения несущей способности дорог в весенний период на основе топографических условий, состояния земляного полотна и описания разрушений. При этом используются следующие критерии:

- грунты земляного полотна
- топография дороги и ее окружения
- степень разрушений
- частота разрушений

Каждый класс подразделяется на три (I-III) подкласса в зависимости от степени и частоты разрушений. Подклассы:

- I. Незначительные проблемы, когда снижение несущей способности не критично и имеет место не каждый год;
- II. Средневыраженные проблемы, когда каждую весну выявляются незначительные или умеренные проблемы снижения несущей способности дороги;
- III. Серьезные проблемы, когда ежегодно в период весенней распутицы выявляются умеренные или значительные структурные проблемы.

Применяя эту систему, участки снижения несущей способности в весенний период можно подразделить по 27 классам разрушений, приведенных в Таблице 2.2. Общее описание каждого проблемного участка приводится в отчете ROADEX II report «Управление снижением несущей способности дорог с низкой интенсивностью движения в весенний период» (Saarenketo and Aho 2005). Данная классификация рекомендуется для диагностики основных проблем и выбора оптимальных методов восстановления.

Таблица 2.2. Система классификации участков разрушений при снижении несущей способности дорог в весенний период

ГРУНТ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	ТОПОГРАФИЯ	СТЕПЕНЬ И ЧАСТОТА РАЗРУШЕНИЙ	КЛАСС РАЗРУШЕНИЙ
морена	Косогор (полунасыпь- полувыемка)	Незначительные	A.I
		Умеренные	A.II
		Значительные	A.III
	Равнинная местность	Незначительные	B.I
		Умеренные	B.II
		Значительные	B.III
	Пересеченная/ холмистая местность	Незначительные	C.I
		Умеренные	C.II
		Значительные	C.III
Глина и суглинок	Косогор (полунасыпь- полувыемка)	Незначительные	D.I
		Умеренные	D.II
		Значительные	D.III
	Равнинная местность	Незначительные	E.I
		Умеренные	E.II
		Значительные	E.III
	Влажная и низинная местность	Незначительные	F.I
		Умеренные	F.II
		Значительные	F.III
Торф	Преимущественно равнинная или переувлажненная низинная местность	Незначительные	G.I
		Умеренные	G.II
		Значительные	G.III
Горная порода	Преимущественно на косогорных участках	Незначительные	H.I
		Умеренные	H.II
		Значительные	H.III
	Прочие проблемы весеннего периода, не связанные с грунтами земляного полотна	Незначительные	I.I
		Умеренные	I.II
		Значительные	I.III

РАЗДЕЛ 3. Процесс восстановления дорог

Главной проблемой большинства проектов усиления дорог с низкой интенсивностью движения и/или улучшения их функционального состояния является то, что применяемые конструктивные решения выбираются наугад, основываясь только на опыте местных инженеров-дорожников. Во многих случаях это приводит к использованию единичного типового структурного решения для всех проблем дорожной сети, которые в одних случаях «срабатывают», а в других – нет. Тем не менее, проблема заключается в том, что механизмы разрушения в период снижения несущей способности дорог в весенний период являются комплексными, и поэтому разные участки разрушений требуют разных методов восстановления. По этой причине на диагностику исходных проблем и их причин должно выделяться достаточно ресурсов.

Проектирование мер и восстановление участков дорог, пострадавших в результате снижения несущей способности в период весенней распутицы должно рассматриваться как процесс продолжительностью 2-4 года (см. Рисунок 3.1). Этот процесс не должен завершаться выполнением первых восстановительных работ и даже после того, как будет подтверждена гарантия их качества. Процесс восстановления должен продолжаться в форме систематического контроля и мониторинга восстановленных дорог вместе с диагностикой новых разрушений и назначением восстановительных мер.

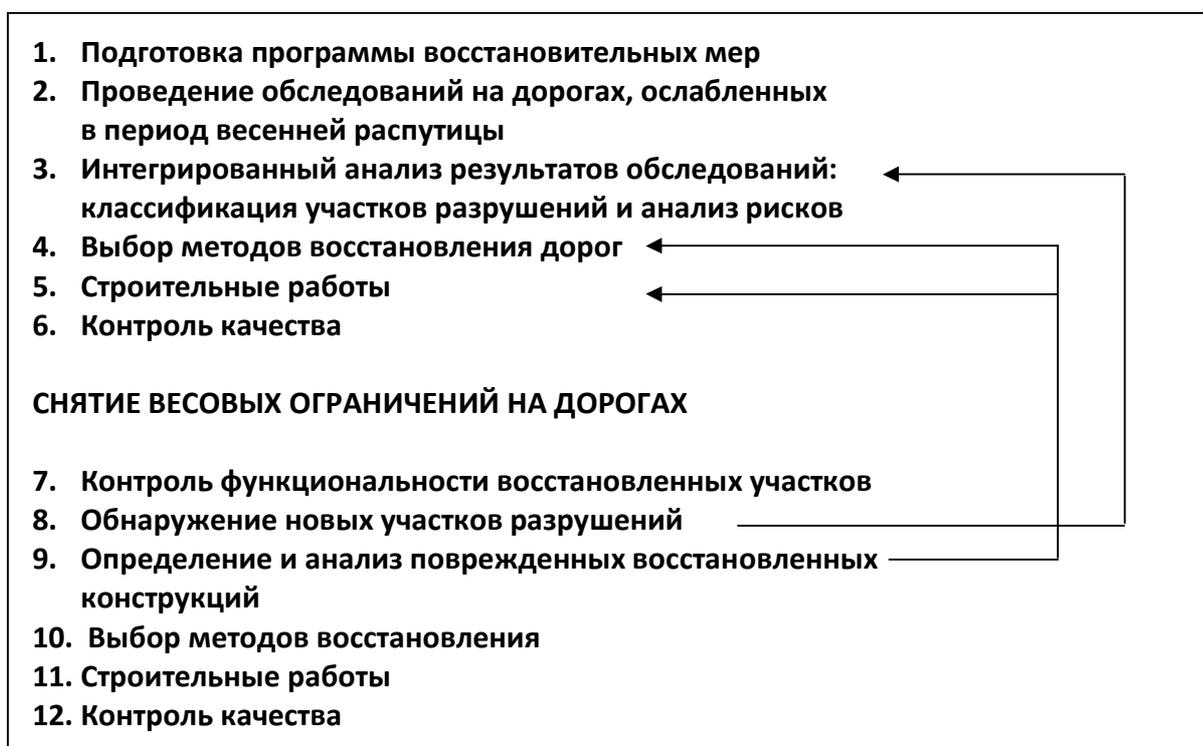


Рисунок 3.1. Процесс проектирования и проведения восстановительных работ на участках дорог, подвергшихся снижению несущей способности в весенний период.

В рамках процесса восстановления важно оценить риск разрушений на каждом участке дороги. Это необходимо сделать для выявления тех участков, где разрушения в момент проведения обследований отсутствуют, но могут появиться после снятия весовых ограничений

– в случае и в момент, когда они будут сняты. В таком анализе рисков дорога делится на участки на основе класса риска по разрушению. Наглядным примером анализа риска может служить анализ, выполненный для автомобильной дороги B871 между Кинбрейсом и Сайром в Шотландии, описание которого приводится в отчете ROADEX II “Мониторинг, коммуникации, информационные системы и инструменты для сфокусированных действий” (Saarenketo 2005).

При выполнении восстановительных работ (см. Рисунок 3.1) важно помнить о том, что данные, однажды собранные на дороге, могут использоваться в течение многих лет не только при проектировании и проведении восстановительных работ на ослабленных весенней распутицей участках, но и для мониторинга функционирования этих восстановленных участков. Достоверные данные мониторинга чрезвычайно важны для обучения выявлению ослабленных участков, которые будут разрушены вскоре после проведения работ, когда будут сняты весовые ограничения – таким образом, их можно будет усилить в течение первоначальной фазы восстановления. Кроме этого, данные мониторинга дают ценную информацию о сроке службы разных восстановленных конструкций и их применимости для разных классов разрушений.

Раздел 4. Исследования и анализ участков дорог со сниженной несущей способностью в весенний период

4.1 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ДОРОГ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ

Первым этапом выбора оптимального структурного решения для участка дороги является сбор достоверной информации о дороге, ее состоянии и конструктивных слоях, геологических условий и состоянии водоотвода. Для выполнения этой задачи могут применяться несколько методов, например, испытание динамическим конусным пенетрометром (DCP), измерения несущей способности дороги, георадарные обследования (GPR), технология профилометра для определения колейности и ровности покрытия, данные визуальной оценки состояния водоотвода, отбор образцов материалов дорожной одежды и грунтов земляного полотна. Данные визуальной оценки разрушений и прочие справочные данные (например, видеоданные) также могут оказаться полезными. Все эти данные должны собираться с указанием конкретного местоположения (системы глобального позиционирования).

В Таблице 4.1 представлены методы исследований, подходящие для дорог с низкой интенсивностью движения, информация, которую они предоставляют и лучшее время для их проведения. Сроки проведения таких обследований очень важны с позиции получения показательных и достоверных данных. Подробное описание этих методов приведено в отчетах ROADDEX II “Решение проблем несущей способности дорог с низкой интенсивностью движения, построенных на торфах” (Munro 2004), “Мониторинг, коммуникации и информационные системы и инструменты для сфокусированных действий” (Saarenketo 2005) и “Управление снижением несущей способности дорог с низкой интенсивностью движения в весенний период” (Saarenketo and Aho 2005).

Таблица 4.1. Методы обследований дорог с низкой интенсивностью движения

МЕТОД ОБСЛЕДОВАНИЯ	ДАННЫЕ (РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ)	СРОКИ ПРОВЕДЕНИЯ ОБСЛУДОВАНИЙ
Георадары (GPR)	Глубина фронта промерзания Линзы льда Дорожные конструкции – толщина и перемешивание слоев Местоположение участков заложения горной породы и торфа Местоположение морозочувствительных грунтов/участков морозного пучения	Зимний период – промерзшие грунты
	Толщина слоя покрытия/слоя износа Толщина слоев дорожной одежды и перемешивание слоев Оценка состояния и качество земляного полотна Местоположение горной породы и торфа	Летний период – непромерзшие грунты

Отбор образцов/ Бурение/Шурфы	Свойства материалов – дорожной одежды и земляного полотна Оценка характеристик грунтов земляного полотна Толщина слоев покрытия/слоя износа Толщина слоев дорожной одежды Ссылки на прочие методы обследований	Летний период – непромерзшие грунты
Цифровое видео	Топография дороги и ее окружения Функциональность водоотводной системы Визуальная оценка дефектов	Ясная погода, без снега
Посещение участков дорог (полевые наблюдения)	Местоположение ослабленных участков Визуальная оценка состояния водоотвода	Весна – паводковые/талые воды у дороги
Дефлектометр падающего груза (FWD)	Несущая способность (прочность) Оценка грунтов земляного полотна Местоположение горной породы	Конец лета – ранняя осень (август-сентябрь)
Динамический конусный пенетrometer (DCP)	Толщина слоев дорожной конструкции Предел прочности на сдвиг материалов дорожной одежды и грунтов земляного полотна Глубина фронта промерзания	Весна или лето
Акселерометр/ Профилометр	Дороги с твердым типом покрытия: колеи и ровность	Летний период
	Гравийные дороги: дифференциальное морозное пучение	Зимний период
Базы данных (если имеются) / исторические и данные мониторинга • Разрушения в период весеннего оттаивания грунтов • Деформации покрытия	Местоположение участков, несущая способность которых снижается в весенний период Степень и частота разрушений/повреждений дорог в период весеннего паводка	

Применять все перечисленные в Таблице 4.1 методы обследований не всегда экономически целесообразно, поэтому для каждого участка необходимо подобрать наиболее подходящий метод/методы. Следующим после проведения обследований шагом становится интегрированный анализ результатов обследования (Глава 4.2), который служит не только для выявления участков, которые подвержены снижению несущей способности в весенний период, но и для диагностики причин возникновения этой проблемы. В Главе 4.3 приводится модель действий по проведению исследований и анализу ослабленных участков дорог. Модель представляет пример и заключения по одной из комбинаций обследований, которую можно применить при планировании восстановительных работ.

При обсуждении методов обследования и мер по восстановлению дорог с низкой интенсивностью движения необходимо помнить о том, что любые капиталовложения не являются одноразовым вложением средств. Однажды собранные по сети дорог данные могут использоваться в течение многих лет не только для проектирования и проведения восстановительных мер на дорогах, подвергшихся снижению несущей способности в весенний период, но и для контроля функциональности отремонтированных участков. Достоверные результаты обследований и данные мониторинга важны для обучения выявлению тех ослабленных участков дорог, вероятность разрушения которых вскоре после восстановления и снятия весовых ограничений достаточно высока.

В дополнение к этому, собранные данные полезны для оценки срока службы восстановленных дорожных конструкций, следовательно собранные однажды данные могут использоваться еще долгое время.

4.2 ИНТЕГРИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЙ

Собранные данные обследований дорог можно применять при анализе рисков для выявленных участков. При таком анализе дороге необходимо разделить на участки на основе интегрированного анализа результатов обследований и следующих ключевых элементов, влияющих на транспортно-эксплуатационные показатели дорог в течение срока службы (см. Saarenketo 2001):

- состояние дорожного водоотвода,
- общее состояние слоя износа/дорожной одежды/прочих связанных структур,
- оценка состояния несвязных слоев
- усталостные явления в результате промерзания грунтов земляного полотна,
- разрушения в земляном полотне, связанные со слабостью грунтов (суглинок, торф),
- местные дефекты обследуемой дороги, например, осадка, дефекты труб, т.д.

Используя эти характеристики и анализ рисков можно выявить проблемные и потенциально проблемные участки, для которых затем можно провести тщательную диагностику проблем и классифицировать вид структурных дефектов и установить причины их возникновения. Рекомендуемая система классификации приведена в Главе 2.3.

На Рисунке 4.1 приводится пример интегрированного анализа результатов обследований с использованием программного обеспечения Road Doctor (Дорожный доктор), разработанного компанией Roadscanners. В этом случае данные обследования включают:

- результаты георадарных обследований (GPR) (данные 1 и 2)
- исторические данные по разрушениям в период весеннего таяния (данные 3)
- данные по ровности, полученные с использованием акселерометра (данные 4)
- результаты измерения несущей способности при помощи дефлектометра падающего груза (FWD) (данные 5)
- данные цифрового видео и GPS (данные 7)
- основная карта (данные 8).

Интегрированный анализ позволяет классифицировать участки разрушений (данные б Рисунка 4.1) с применением системы классификации, приведенной в Главе 2.3. Эта классификация

может также рассматриваться как базовый инструмент для диагностики вида структурных дефектов и причины их возникновения. По выполнении диагностики результаты обследований и прочую информацию можно использовать для выбора наиболее подходящих восстановительных мер для каждого конкретного вида дефектов каждого конкретного участка дороги (Saarenketo 2001).

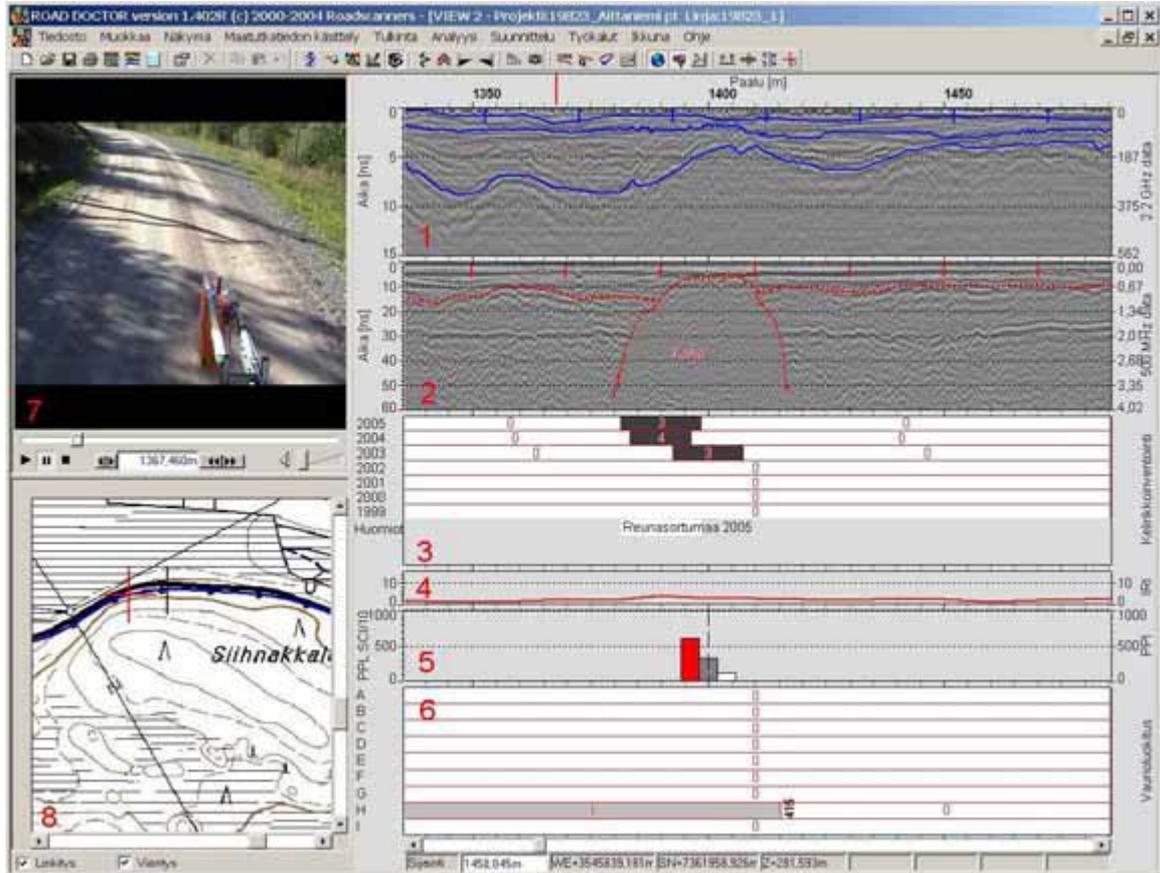


Рисунок 4.1. Пример интегрированного анализа, выполняемого программой Road Doctor

Зная точное местоположение дефектов и применяя меры по устранению причин их возникновения можно избежать ненужных строительных работ и неправильных мер по восстановлению (Saarenketo 2001). Кроме этого детальный анализ рисков позволяет выявить те дорожные участки, не требующие в течение определенного времени никакого особого внимания и сконцентрировать имеющиеся средства на проведении эффективных восстановительных мер на участках, требующих немедленного вмешательства. Методы усиления для участков, поврежденных в результате весенней распутицы, описаны в Разделе 5.

4.3 МОДЕЛЬ ДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И АНАЛИЗА ДОРОГ, НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КОТОРЫХ СНИЖАЕТСЯ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Ниже представлен пример типичной пошаговой процедуры обследования и анализа дороги для назначения восстановительных мер. Перечисленные шаги спланированы с учетом сбора достаточной достоверной и репрезентативной информации о характеристиках, влияющих на несущую способность дорожных конструкций в весенний период. Процедура равно применима и к гравийным дорогам, и к дорогам с твердым типом покрытия. При

необходимости (при проведении дополнительных обследований) процедура может быть дополнена дополнительными шагами.

А. Георадарные обследования – Зимний период

Зимний георадарные обследования рекомендуется проводить на гравийных дорогах, поскольку георадары не всегда эффективны в летний период, когда применяются обеспыливающие реагенты. Для измерения толщины слоев дорожной конструкции и участков перемешивания этих слоев применяется грунтовая антенна частотой 400 – 500 МГц. Георадарные данные, собранные на промерзших грунтах также включают информацию о глубине промерзания, наличии ледяных линз, а кроме того позволяют точно определить участки горной породы и торфа. Обычно для предоставления достаточной информации для дорог с низкой интенсивностью движения достаточно однополосного георадарного профиля, но если требуются более точные данные, то можно выполнить два прохода георадара.

Измерения величины морозного пучения позволяют быстро определить разрушения в результате весенней распутицы, однако они могут оказаться дорогостоящими.

Данные цифрового видео и GPS собранные в одно время с георадарными являются менее затратной, но не менее эффективной заменой измерениям величины морозного пучения (Рисунок 4.2). Местоположение дифференциального морозного пучения можно приблизительно определить при помощи цифрового видео, сделанного в зимний период. Акселерометр и профилометр также могут применяться для получения более точных данных.



Рисунок 4.2. Цифровая видеокамера и GPS-приемник, установленные на автомобиле, оснащенном георадарным оборудованием.

В. Местоположение и исторические данные по проблемным участкам

В данном параграфе рассматриваются способы выявления участков, подверженных снижению несущей способности в весенний период. Сюда включаются как новые участки разрушений, так и те, на которых уже проводились восстановительные работы. Также необходимо провести анализ рисков для других участков, на которых не имеется разрушений, но которые характеризуются высоким риском их появления сразу после снятия весовых ограничений.

Идентификация таких участков осуществляется с применением исторических данных и/или данных мониторинга, собранных на проблемных участках. Если таких баз данных не существует,

рекомендуется осуществлять визуальный мониторинг таких участков на протяжении 1-2 лет. Георадарные данные, собранные на этапе А также важны для выполнения анализа рисков. Самыми ценными данными для гравийных дорог являются результаты наблюдений за разрушениями в весенний период, а для дорог с твердым типом покрытия – данные по колеяности и ровности, измеренные профилометром. Если этот тип мониторинга не вписывается в установленные графики, то для оценки развития разрушений и их местоположения используются результаты анализа данных деформаций покрытия из видеосъемки и интервью с подрядчиками по содержанию дорог и дорожными пользователями.

С. Интегрированный анализ результатов обследований

После идентификации проблемных участков можно перейти к первоначальной диагностике проблемы (Глава 2.3) и подготовке первоначальных предложений по методам усиления дорог. Описание метода интегрированного анализа приводится в Главе 4.2. Важно выполнить первую диагностику причин проблем на этой стадии, чтобы потом иметь возможность подтвердить полученные результаты позже, в полевых условиях.

Д. Посещение участка - Весна

Посещение проблемного участка в весенний период необходимо для подтверждения адресации проблемных участков и любых других участков, которые так или иначе подвержены снижению несущей способности в весенний период. Также это позволяет подтвердить «первоначальный диагноз» проблемы и проверить первое предложение по усилению дороги. Лучше всего намечать посещение участков на весенний период, когда большинство боковых и водоотводных канав заполнены водой, и дорога находится в переувлажненном состоянии. Это время – лучшее для оценки состояния дорожного водоотвода и выявления участков с низкой несущей способностью обочин.

В этот период необходимо на всем протяжении дороги и на проблемных участках, в особенности, визуально оценить состояние водоотвода. Улучшение водоотвода позволит предотвратить или отсрочить возникновение прочих дорожных дефектов. Результаты георадарных обследований предоставляют информацию о состоянии водоотвода в дополнение к данным визуальной диагностики. При посещении участков полезно осуществлять видеосъемку, поскольку это позволяет выполнять оценку состояния дороги позднее, в любой момент, когда это потребует. В этих целях рекомендуется использовать систему из двух цифровых видеокамер, одна из которых должна быть направлена на дорогу, другая поперек дороги, в сторону боковых и водоотводных канав.

Е. Георадарные измерения – Лето

Такие георадарные обследования проводятся летом, когда дорожная одежда и земляное полотно просохли. Для определения толщины покрытия и слоев основания можно воспользоваться антенной частотой 1.0–2.2 ГГц (Рисунок 4.3). Также, используя 400МГц антенну на поперечных профилях дороги можно классифицировать участки по 'степени колеяности' (см. Dawson and Kolisoja 2005). Для калибровки и расшифровки данных георадарных обследований можно выполнить бурение.

Если считается, что проблемы связаны с поведением несвязных материалов, то следует выполнить соответствующий лабораторный анализ качества материала и его чувствительности к воде. Лабораторный анализ может выполняться также, например, для того, чтобы установить зависимость между ослаблением верхней части дорожной конструкции в весенний период и качеством материала покрытия.

Параметр, который оказался эффективным при оценке качества несвязных дорожных структур, - это диэлектрический показатель материала. С использованием и характеристиками этого

диэлектрического показателя можно познакомиться в Отчете ROADEX II “Обработка материалов” (Kolisoja and Vuorimies 2005).



Рисунок 4.3. Автомобиль, оснащенный георадарным оборудованием (рупорная антенна частотой 1ГГц)

Анализ слоя износа гравийных дорог можно также проводить на основе результатов георадарных измерений.

Г. Измерения несущей способности дорог – конец лета – ранняя осень

Измерения несущей способности гравийных дорог обычно служат способом подтверждения результатов расшифровки георадарных данных, оценки типа грунта земляного полотна и оценки качества несвязных дорожных материалов. Дефлектометр падающего груза (FWD, Рисунок 4.4) является наилучшим инструментом для случаев, когда дорожные проблемы вызваны ослаблением земляного полотна. Динамический конусный пенетрометр (DCP) также может применяться в случаях, когда максимальный размер зерен материала небольшой. Измерения несущей способности с использованием FWD и данные о степени колейности дают прекрасную основу для выявления причин проблем снижения несущей способности. Если классификация по степени колейности не была выполнена ранее, то необходимо сделать это на данном этапе.



Рисунок 4.4. Дефлектометр падающего груза KUAB (Аho 2004)

Данные FWD вместе с данными о толщине слоев дорожной конструкции, импортированные из результатов георадарных обследований, могут быть использованы для расчета несущей способности дорог с твердым покрытием. Модули упругости слоев материалов определяются вначале при помощи специальной программы обратного расчета. Затем можно применить традиционный расчет по Одemarkу для начальной оценки несущей способности дороги, результаты которого можно использовать для оценки масштабов усиления дороги. Специальные показатели, например, индекс кривизны поверхности (SCI) и индекс кривизны основания (BCI) также могут быть использованы для анализа несущей способности дороги.

Однако, при оценке рисков остаточных деформаций необходимо помнить, что данные FWD, собранные в сухие летние месяцы дают слишком оптимистичную картину в отношении несущей способности дороги. В целом, даже если показатели несущей способности достаточны, на дороге могут иметь место остаточные деформации и морозное пучение, а если эти показатели даже в сухую погоду неудовлетворительны, структурное состояние дороги всегда будет критично. Показатели несущей способности лучше всего сравнивать, если сбор данных проводится в одно и то же время – в конце лета и в начале осени, при «нормальной» влажности.

G. Детальная диагностика проблем и проектирование восстановительных мер

На этой заключительной стадии базовая диагностика проблем, выполненная на этапе C, обновляется с учетом данных, собранных на стадии D-F. Данные обследований дороги и прочая информация используется для планирования наиболее подходящих восстановительных мер для каждого вида дорожных дефектов на каждом из участков. На текущей стадии рекомендуется применять стратегию проектирования для предотвращения возникновения остаточных деформаций, представленную в отчете ROADEX II “Остаточные деформации” (Dawson and Kolisoja 2005). Толщину слоев дорожной конструкции можно определить также традиционными методами при помощи формул Одemarkа.

Важно помнить, что данные всех обследований, последующего проектирования и оценки качества строительства должны собираться и сохраняться систематически в целях контроля прочности восстановленных участков. Эти данные также можно использовать при анализе эффективности реализованных восстановительных мер и для подготовки предложений по последующим восстановительным работам. На будущее данные рекомендуется сохранять таким образом, чтобы обеспечить возможность их одновременной оценки.

Раздел 5. Усиление ослабленных участков дорог

5.1 ОБЩЕЕ

Проблемой усиления ослабленных участков дорог является, как указывалось в Разделе 3, возникновение новых разрушений на новых участках после того, как исходные разрушенные участки были восстановлены и весовые ограничения сняты. Если инженеры-дорожники не осознают этого и не предпринимают никаких действий, это может быть неправильно истолковано пользователями дорог, поэтому необходимо информировать их о том, что для полного восстановления всей дороги потребуется 2-4-летний проект по восстановлению. Это означает, что все меры, включая улучшение водоотвода и прочие меры по содержанию, необходимо проводить в то же время, что и восстановительные мероприятия. Более того, мониторинг весенних разрушений нельзя завершать сразу после ремонтных работ.

Риск разрушений в результате движения тяжелой строительной техники в период выполнения работ по усилению дорожных конструкций может быть снижен путем проработанного календарного графика работ и при помощи соответствующих практик. В идеальном варианте меры по усилению дорожных конструкций после весенней распутицы следует проводить летом, когда дорога просохла и обладает достаточной прочностью, чтобы противостоять нагрузкам от строительной техники. Нагрузка на дорогу в период восстановления может быть снижена за счет уменьшения загрузки автомобилей и соблюдения необходимых пауз между проходом соседних грузовых автомобилей для обеспечения восстановления дорог. Теоретические аспекты восстановительных пауз подробно освещены в отчете Проекта ROADDEX II “Управление снижением несущей способности дорог с низкой интенсивностью движения в весенний период” (Saarenketo and Aho 2005).

5.2 ЗАТРАТЫ В ТЕЧЕНИЕ ВСЕГО СРОКА СЛУЖБЫ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Усиление на участках разрушений должно выполняться только в том случае, если у дорожного региона имеется достаточно средств для выполнения мер, которые будут иметь долгосрочный эффект. Большинство ошибок допускалось в случаях, когда усиление осуществлялось с использованием слишком слабых конструкций. Ахо (Aho, 2004) выполнил ряд расчетов затрат для всего срока службы стандартных восстановительных конструкций для гравийных дорог, и результаты показали, что для устранения какого-либо разрушения в результате весенней распутицы не существует одного стандартного экономичного структурного решения. В зависимости от преобладающих условий на участке разрушений срок службы стандартной конструкции может быть меньше, а значит затраты на срок службы – выше.

Согласно результатам анализа варианты с наиболее тонкослойными структурными решениями более чувствительны к вариациям по сроку службы. Если конструкция недостаточно прочна с позиции возникновения разрушений в период весенней распутицы, срок службы конструкции будет меньше, а затраты в год будут увеличиваться. Сокращение срока службы не столь распространено для конструкций большей толщины, и по этой причине таким конструкциям (400 – 500мм) следует отдавать предпочтение при восстановлении наиболее поврежденных участков дорог.

Если для усиления недостаточно бюджета, наиболее эффективным методом борьбы с проблемами весенней распутицы является улучшение системы водоотвода и поддержания его в функциональном состоянии. Разные технологии дорожного водоотвода как и анализ затрат в течение всего срока службы подробно представлены в отчете ROADDEX II “Водоотвод на дорогах с низкой интенсивностью движения” (Berntsen and Saarenketo 2005) и других отчетах по водоотводу проекта ROADDEX III.

5.3 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГРАВИЙНЫХ ДОРОГ

Проектирование мер по восстановлению и усилению гравийных дорог выполняется, когда установлена причина разрушений. Восстановительные конструкции на гравийных дорогах обычно определяются на основе характеристик, описанных в Главе 2.3, а наиболее часто используемыми методами восстановления для гравийных дорог являются представленные в Таблице 5.1. Схемы и методы ремонта для каждой восстановительной конструкции приводятся в Приложении 1. При изучении этих конструкций необходимо помнить, что существуют базовые решения, и при назначении восстановительных работ необходимо учитывать специфические характеристики каждого участка разрушений. Также важно помнить о важности для функциональности восстановленной конструкции эффективной системы водоотвода. Улучшение водоотвода должно проводиться одновременно или чуть раньше, чем собственно восстановление.

Таблица 5.1. Строительные процессы при восстановлении гравийных дорог

I БАЗОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ
<ol style="list-style-type: none"> 1. удаление старого слоя износа 2. гомогенизация материала земляного полотна 300мм (если необходимо) 3. укладка геотекстиля, фильтрующая ткань 4. укладка слоя основания 200-300мм 5. устройство слоя износа 100мм
II УСИЛЕНИЕ СТАЛЬНЫМИ СЕТКАМИ
<ol style="list-style-type: none"> 1. удаление старого слоя износа 2. удаление слоя старого материала 100-150мм (если необходимо) 3. укладка геотекстиля, фильтрующий слой 4. укладка слоя основания 100мм 5. укладка стальной сетки усиления 6. укладка слоя основания 200мм 7. устройство слоя износа 100мм
III ПОДНЯТИЕ РАБОЧИХ ОТМЕТОК
<ol style="list-style-type: none"> 1. удаление старого слоя износа 2. гомогенизация материала земляного полотна 300мм (если необходимо) 3. укладка геотекстиля, фильтрующий слой 4. укладка нижнего слоя основания ≥ 200мм 5. укладка слоя основания 200мм 6. устройство слоя износа 100мм
IV ЗАМЕНА ГРУНТА
<ol style="list-style-type: none"> 1. удаление старого слоя износа 2. удаление старого материала ≥ 600мм 3. укладка геотекстиля, фильтрующий слой 4. фильтрующая подушка ≥ 300мм 5. укладка слоя основания 200-300мм 6. устройство слоя износа 100мм
V УСИЛЕНИЕ ОБОЧИН
<p>Ряд методов, например:</p> <ul style="list-style-type: none"> • замена грунта на обочинах • уширение внутренних откосов
VI ПРОЧИЕ КОНСТРУКЦИИ
<p>Ряд методов, например:</p> <ul style="list-style-type: none"> • стабилизация • морозоизоляция, т.д.

Наиболее подходящая мера по восстановлению дорожной конструкции должна выбираться после диагностики проблемы. Применимость восстановительных мер для различных классов разрушений дорог вкратце представлена ниже:

КОНСТРУКЦИИ I. “БАЗОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ” И III. “ПОДНЯТИЕ РАБОЧИХ ОТМЕТОК”

Под базовой конструкцией понимается минимальная конструкция по усилению ослабленных участков гравийных дорог. В принципе, такая конструкция подходит для ремонта участков с любым классом разрушений А-Н Таблицы 2.2.

В некоторых случаях может потребоваться более усиленная конструкция, гарантирующая надлежащее функционирование дороги. Примерами служат следующие:

- при умеренных или значительных проблемах на ослабленных в весенний период участках дорог (подклассы II и III) и когда повышение несущей способности при помощи базовой конструкции неадекватно
- когда количество умеренных и значительных разрушений весеннего периода зафиксированы на участке дороги, проходящем по низинной местности или характер разрушений связан с малыми рабочими отметками насыпи:
 - грунт земполотна – морена, равнинная местность (Таблица 2.2, класс В)
 - грунт земполотна – глина и/или суглинок, равнинная местность (Таблица 2.2, класс Е)
 - грунт земполотна – глина и/или суглинок, влажная или низинная местность (Таблица 2.2, класс F)
 - грунт земполотна – торф, равнинная, переувлажненная или низинная местность (Таблица 2.2, класс G)

Толщина конструкции усиления может определяться при помощи стратегии определения толщин, представленной в отчете Проекта ROADDEX II “Остаточные деформации” (Dawson and Kolisoja 2005). В случаях, когда разрушения дороги связаны с особенностями продольного профиля дороги усиление лучше осуществлять путем поднятия рабочих отметок и устройства новой дорожной конструкции толщиной 500 – 600 мм, как показано для Конструкции III. Данная конструкция может использоваться только там, где позволяют рабочие отметки насыпи и ширина дороги.

КОНСТРУКЦИЯ II. “УСИЛЕНИЕ СТАЛЬНЫМИ СЕТКАМИ”

В случае «слабого» и/или сжимаемого земляного полотна (Таблица 2.2, классы Е, F и G) и использования конструкций усиления значительной толщины необходимо оценить риск дифференциальной осадки. Дифференциальные осадки можно уменьшить за счет применения конструкции II (см. Таблицу 5.1), где общая толщина каменного материала сокращается за счет использования стального армирования (Рисунок 5.1). Усиление также предотвращает возникновение остаточных деформаций и уширение дороги за счет материала, «расползающегося» в период весенней распутицы.



Рисунок 5.1. Установка стальных сеток усиления (К. Niva)

Восстановительные конструкции с применением стальных сеток не рекомендуются для участков дорог, проходящих в полунасыпи-полувыемке (косогор) (Таблица 2.2, классы А, D и H). Неравномерное морозное пучение на этих участках может привести к выпячиванию стальной конструкции над поверхностью. Усиление стальными сетками также не рекомендуется на участках с водопропускными трубами, проложенными кабелями, поскольку в дальнейшем им потребуются содержание. На таких участках стальные сетки будут препятствовать проведению какого-либо ремонта в будущем.

КОНСТРУКЦИЯ IV. “ЗАМЕНА ГРУНТОВ”

При значительных разрушениях дороги в период распутицы, очевидным морозным пучением, единственным способом решения проблемы во многих случаях является замена грунта (Таблица 5.1, конструкция IV). Замена грунта на значительную толщину редко является экономичным решением для дорог с низкой интенсивностью движения, хотя замена грунта на морозоустойчивый и водонепроницаемый на участках выхода горной породы на поверхность может оказаться эффективной (Таблица 2.2, класс H.III). Однако, замена грунта не является наиболее подходящим решением для участков блокирования горной породой воды. В таких случаях следует рассмотреть вариант взрыва горной породы или применения конструкции с морозоизоляцией (Таблица 5.1, конструкция VI).

КОНСТРУКЦИЯ V. “УСИЛЕНИЕ ОБОЧИН”

При анализе проблемных ослабленных весенней распутицей участков, на которых выполненные ремонтные работы не дали результата, один из факторов возникновения проблем связан с усилением дорог на всю площадь уширения. Уширенные обочины, как правило, едва ли имеют какую-либо прочную конструкцию, и в результате дифференциальное морозное пучение и движение тяжелых грузовых автомобилей по «кажущимся прочными обочинам» приводит к разрушениям. В основном участки, характеризующиеся снижением несущей способности обочин, могут включаться в любой класс из представленных в Таблице 2.2.

Во избежание подобных ситуаций ширина поперечного профиля дороги должна быть уменьшена при выполнении работ по усилению. На Рисунке 5.2 представлен типичный «проблемный» поперечный профиль дороги и пример того, каким должен быть

«правильный» поперечный профиль при усилении. Если выполнить сужение дороги не представляется возможным, обочины должны быть усилены на требуемую толщину. В качестве альтернативы может быть предложена замена грунта на обочинах, посредством чего тонкослойные конструкции и грунты вынимаются и заменяются более прочными конструкциями. В Швеции замена грунта на обочинах является, возможно, самым распространенным методом усиления обочин.

В рамках определения эффективных решений по усилению дорожных обочин было протестировано множество различных вариантов. Новые, представляющие интерес эксперименты проводились с использованием стальных сеток для усиления дорожных обочин. Сетки устанавливались продольно, вдоль обочин, для предотвращения деформаций.

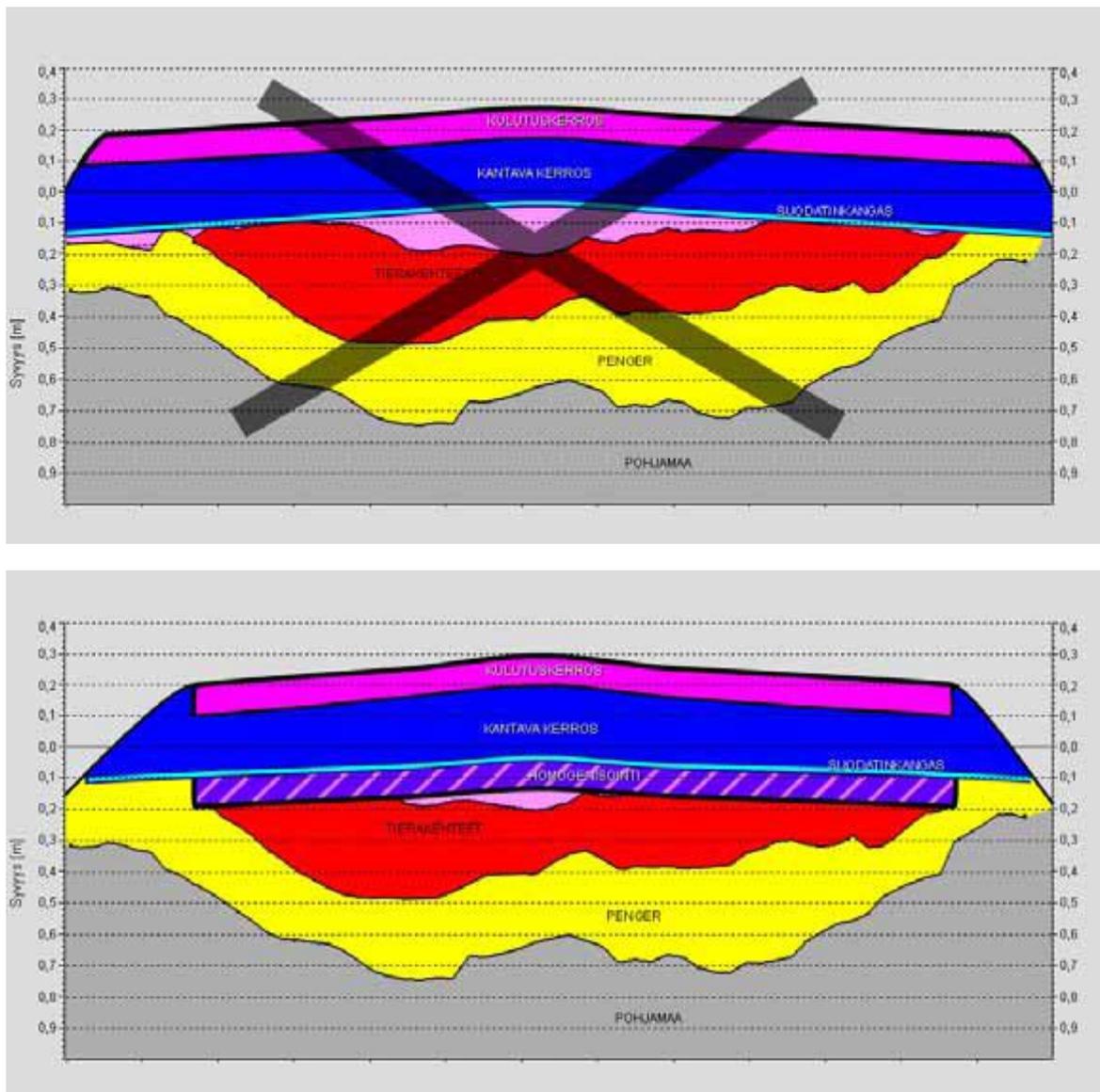


Рисунок 5.2. Типичные поперечные профили: на верхнем гарантировано произойдет разрушение, нижний служит образцом правильного усиления.

КОНСТРУКЦИЯ VI. “ПРОЧИЕ КОНСТРУКЦИИ ”

К данной категории относятся те методы усиления, которые не являются распространенными при устранении разрушений гравийных дорог после весенней распутицы. Таким образом, конструкции VI включают те технологии восстановления, которые применяются в особых случаях или все еще совершенствуются и тестируются. Сюда относятся следующие методы: укрупнение материала слоя износа, конструкции, содержащие морозозащитные слои, геотекстиль или побочные продукты промышленности.

Укрепление материала слоя износа рассматривается в качестве первичной восстановительной конструкции в случаях, когда деформации покрытия в результате распутицы вызваны значительной толщиной слоя износа при высоком содержании мелких/пылеватых фракций. В этих случаях новый и более крупный материал смешивается с существующим материалом слоя износа в особой пропорции. Этот метод может использоваться только при устранении разрушений, связанных с ослаблением верхних слоев дорожной одежды/покрытия.

Морозоизоляция является эффективным решением для участков косогора и расположенных во влажной местности дорог. Использование морозоизоляционных слоев грунтовые воды могут свободно перемещаться под дорогой, поэтому в насыпи отсутствуют линзы льда, формирование которых связано с блокировкой воды льдом. В таком случае морозоизоляция может также предотвратить неравномерное морозное пучение (Saarenketo et al. 2002). Несмотря на затратность, морозоизоляция может рассматриваться в качестве весьма конкурентоспособного метода в тех случаях, когда альтернативой является взрыв горной породы.

5.4 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДОРОГ С ТВЕРДЫМ ТИПОМ ПОКРЫТИЯ

5.4.1 Общие положения

Стратегия усиления дорог с твердым типом покрытия с проблемами снижения несущей способности дорог в весенний период аналогична той, что была предложена для гравийных дорог. Все решения для дорог с твердым типом покрытия обычно более затратны, чем для гравийных, и конструкция восстановления во многом зависит от толщины покрытия. По этой причине дороги с твердым типом покрытия в этом отчете условно подразделяются на две категории: дороги с общей толщиной слоя покрытия и битумосодержащего слоя 20-100мм и дороги, общая толщина связных слоев у которых превышает 100мм. Старые гравийные дороги с очень тонким слоем поверхностной обработки рассматриваются отдельно, с индивидуальным выбором стратегии из структурных вариантов для гравийных и дорог с твердым покрытием.

5.4.2 Дороги с тонкослойными покрытиями – толщина покрытия: 20 – 100 мм

Общие решения и строительные процессы при усилении дорог с твердым типом покрытия, несущая способность которых снижается в период весенней распутицы, представлены в Таблице 5.2. Однако, необходимо помнить о том, что все слои, упомянутые в Таблице, должны хорошо уплотняться.

Общая толщина восстановительных конструкций для дорог с твердым типом покрытия должна определяться индивидуально, с применением стратегии, изложенной в отчете

ROADEX II “Остаточные деформации ” (Dawson and Kolisoja 2005) или, например, с использованием традиционного метода определения толщин дорожных конструкций, например, по формулам Одемарка. Карты восстановительных мер для дорог с твердым типом покрытия не представлены в данном отчете, но методы ремонта для каждой конструкции и их применимость для устранения различных разрушений в период весенней распутицы приводятся ниже.

Таблица 5.2. Строительные процессы при восстановлении дорог с твердым типом покрытия. Описание процессов не включает уплотнение, которое должно выполняться всегда.

I УСТРОЙСТВО НОВОГО СЛОЯ ПОКРЫТИЯ
<ol style="list-style-type: none"> 1. выравнивание или измельчение старого покрытия 2. устройство нового покрытия или ремикс
II УСИЛЕНИЕ СТАЛЬНЫМИ СЕТКАМИ/ГЕОТЕКСТИЛЕМ
<ol style="list-style-type: none"> 1. удаление старого слоя покрытия / разрушение старого слоя покрытия / перемешивание старого покрытия со слоем основания 2. удаление старого некачественного материала основания 100-150мм (если необходимо) 3. грейдерование 4. устройство слоя основания 50-100мм (заклинцовка) 5. усиление стальными сетками/геотекстилем 6. устройство слоя основания 200мм (возможно, частично связного) 7. устройство нового покрытия
III ПОДНЯТИЕ РАБОЧИХ ОТМЕТОК
<ol style="list-style-type: none"> 1. удаление старого покрытия / разрушение старого покрытия / перемешивание старого покрытия со слоем основания 2. гомогенизация 300мм (если необходимо) 3. грейдерование 4. укладка нижнего слоя основания ≥ 200мм 5. укладка слоя основания 200мм (возможно, частично связного) 6. устройство нового покрытия
IV ЗАМЕНА ГРУНТА
<ol style="list-style-type: none"> 1. удаление старой конструкции ≥ 600мм (до поверхности земляного полотна) 2. укладка геотекстиля, фильтрующая ткань 3. фильтрующий слой или нижний слой основания ≥ 300мм 4. укладка слоя основания 200-300мм (возможно, частично связного) 5. устройство нового покрытия
V ТЕХНОЛОГИИ СТАБИЛИЗАЦИИ И ОБРАБОТКИ
<ol style="list-style-type: none"> 1. стабилизация верхних 80-200мм дорожной конструкции 2. устройство нового покрытия
VI ГОМОГЕНИЗАЦИЯ (ПОВЫШЕНИЕ ОДНОРОДНОСТИ)
<ol style="list-style-type: none"> 1. перемешивание старого слоя покрытия со слоем основания 50-200мм 2. грейдерование поверхности (с добавлением нового материала слоя основания) 3. устройство нового покрытия
VII ПЕРЕВОД ДОРОГИ С ТВЕРДЫМ ТИПОМ ПОКРЫТИЯ ОБРАТНО В ГРАВИЙНУЮ
<ol style="list-style-type: none"> 1. удаление старого покрытия / перемешивание старого покрытия со слоем основания 2. грейдерование поверхности (с добавлением нового материала слоя основания) 3. устройство нового покрытия
VIII ПРОЧИЕ КОНСТРУКЦИИ
<p>Ряд методов, например:</p> <ul style="list-style-type: none"> • морозоизоляция • разработка карьеров, т.д.

КОНСТРУКЦИЯ I. “УСТРОЙСТВО НОВОГО СЛОЯ ПОКРЫТИЯ”

Устройство нового слоя покрытия поверх старого является адекватной мерой усиления дорог на участках, на которых отсутствуют значительные проблемы несущей способности, риск новых разрушений невелик (отсутствие риска или низкий риск, см. Отчет Roadex II “Мониторинг, коммуникационные и информационные системы и инструменты для сфокусированных действий”, Saarenketo 2005) и/или класс несущей способности высокий. Новый слой покрытия обычно используется для любого класса дороги (А-Н в Таблице 2.2), если отсутствуют проблемы дифференциального морозного пучения. В этих случаях старое покрытие обычно выравнивается или измельчается для достижения требуемого поперечного уклона до укладки нового слоя покрытия.

КОНСТРУКЦИЯ II. “УСИЛЕНИЕ СТАЛЬНЫМИ СЕТКАМИ ”

Стальные сетки в течение многих лет использовались для предотвращения «отраженных» трещин на поверхности дорог с твердым типом покрытия, однако недавние исследования показали, что стальные сетки могут применяться и для предотвращения возникновения остаточных деформаций на участках разрушений в период весенней распутицы. Выгоды от усиления стальными сетками представляются большими для ослабленного земляного полотна, и поэтому рекомендуется их использовать на участках разрушений классов E-G Таблицы 2.2.

При использовании стальных сеток на гравийных или дорогах с твердым типом покрытия важно устанавливать их достаточно глубоко (оптимально на глубине 250мм от поверхности) и избегать содержания больших фракций каменных материалов в дорожном основании, которые могут выталкивать сетки на поверхность. Дефекты появляются, если стальные сетки установлены слишком рано, когда земляное полотно еще не оттаяло полностью.

Первым шагом к усилению дороги с относительно тонким покрытием стальными сетками является удаление, разрушение или перемешивание слоев старого покрытия и гомогенизация верхней части дорожной конструкции. Если уровень поверхности покрытия поднять невозможно, верхняя часть дорожной одежды также может быть удалена на этом этапе. Перед установкой стальной сетки необходимо восстановить грейдером поперечный профиль дороги с обеспечением необходимого поперечного уклона, после чего примерно 50 – 100 мм (0-35мм, 0-55мм) крупнозернистого материала укладывается с заклиновкой в сетку (Рисунок 5.3). Затем можно устанавливать сетку, укладывать поверх нее материал слоя основания и уплотнять. Толщина слоя основания обычно составляет 200 – 400мм в зависимости от степени разрушений дорог в период весенней распутицы.



Рисунок 5.3. Крупнозернистый материал необходимо уложить под стальной сеткой для фиксации (T.Ruohomäki)

КОНСТРУКЦИЯ III. “ПОДНЯТИЕ РАБОЧИХ ОТМЕТОК”

В случаях, когда разрушения в результате снижения несущей способности в весенний период связаны с тем, что дорога проходит в нулевых отметках и ниже, наилучшим решением по усилению является поднятие рабочих отметок. Этот вариант также можно рассматривать для случаев, когда невозможно улучшение дорожного водоотвода. Эта мера позволяет улучшить геометрию дороги (план, продольный профиль) и значительно сокращает проблемы зимнего содержания при условии, что рабочие отметки подняты до уровня, когда еще не требуется установки барьерных ограждений.

Эта конструкция работает наилучшим образом тогда, когда проблемы относятся к классу разрушений В и Е-Г (см. Таблицу 2.2). Она может применяться и для других классов разрушений, однако если весной ожидаются значительные разрушения, могут потребоваться конструкции с большей толщины. Суммарная толщина дорожной конструкции должна рассчитываться индивидуально. При поднятии рабочих отметок проектировать поперечный профиль необходимо так, чтобы новые дорожные конструкции опирались на существующие и чтобы внутренние откосы не были излишне крутыми.

КОНСТРУКЦИЯ IV. “ЗАМЕНА ГРУНТА”

При значительных разрушениях на участках дорог в весенний период и существенном дифференциальном морозном пучении на этих же участках единственным способом решения проблемы является выемка морозочувствительного грунта и материалов дорожных конструкций и замена их новыми. Процедура замены грунта является дорогостоящей из-за большого объема новых дорожно-строительных материалов, что требует тщательного обоснования для дорог с низкой интенсивностью движения. Тем не менее, в большинстве случаев это решение – единственное возможное для устранения неровностей.

Замена грунта крупнозернистым материалом возможна для случаев, когда присутствует горная (класс Н.III), но неприемлема если горная порода блокирует поток грунтовых вод. В этих случаях следует рассмотреть взрыв горной породы в канавах. Кроме этого, еще одним эффективным решением проблемы является устройство конструкции, содержащей слой морозоизоляции (конструкция VII в Таблице 5.2).

КОНСТРУКЦИЯ V. “ТЕХНОЛОГИИ СТАБИЛИЗАЦИИ И ОБРАБОТКИ”

Технологии стабилизации и обработки материалов являются эффективными для усиления дорог и противостояния разрушениям в период весенней распутицы, особенно если значительная часть остаточных деформаций сосредоточена в верхней части дорожной конструкции (0 – 250 мм). Данный метод является хорошим вариантом, если слой основания содержит значительное количество мелких/пылеватых частиц, а поднятие рабочих отметок не представляется возможным. При использовании данного варианта всегда важно произвести отбор образцов и провести лабораторные испытания материалов для подтверждения причин проблемы и определения правильного типа и пропорции стабилизирующих добавок. При планировании стабилизации самым важным моментом является обеспечение того, что стабилизированный материал не будет адсорбировать воду. Во влажных условиях для таких классов разрушений как В и E-G в Таблице 2.2 могут использоваться стабилизирующие добавки с гидрофобными характеристиками.

При надлежащем выполнении работ стабилизированная конструкция будет способствовать снижению уровней напряжений в несвязном слое до уровня, когда возникновение остаточных деформаций будет невозможно. Тем не менее, дифференциальное морозное пучение может привести к функциональным проблемам – развитию продольных трещин на стабилизированных участках дорог. По этой причине вариант стабилизации должен быть тщательно изучен, если проблемный участок расположен на косогоре или если на нем присутствует горная порода (классы А, D и H в Таблице 2.2).

Более подробно с технологиями стабилизации и обработки дорожно-строительных материалов можно ознакомиться в отчете ROADEX II “Обработка материалов” (Kolisoja and Vuorimies 2005) и в отчете ROADEX III по стабилизации.

КОНСТРУКЦИЯ VI. “ГОМОГЕНИЗАЦИЯ”

В условиях ограничений дорожного бюджета гомогенизация верхней части дорожной одежды с новой поверхностной обработкой или укладка холодной смеси могут стать наиболее незатратными вариантами восстановления дорог с твердым типом покрытия, несущая способность которых была снижена в период весенней распутицы. В основном, гомогенизация может применяться для всех классов разрушений А-Н, представленных в Таблице 2.2, если толщина покрытия составляет более 100мм.

При гомогенизации существующее покрытие измельчается и перемешивается со слоем основания (Рисунок 5.4). Глубина смешивания обычно составляет 50 – 200мм или больше, однако она не должна быть излишней, чтобы предотвратить попадание обломков горной породы и крупных камней на поверхности слоя. После гомогенизации поверхность дороги выравнивается грейдером, гомогенизированный материал уплотняется, и поверх него укладывается новый битумосодержащий слой износа. Эта технология особенно хороша для дорог с глубокой колеиностью. Еще одна выгода такого подхода заключается в возможности улучшения поперечного профиля с обеспечением быстрого отвода воды с поверхности покрытия в канавы.



Рисунок 5.4. Слой существующего покрытия измельчается и перемешивается с материалом основания (T.Ruohomäki)

Практика добавления нового материала основания, способствующая увеличению его толщины и улучшению грейдерования, также применялась на дорогах с проблемами возникновения значительных деформаций в период весенней распутицы (подклассы II и III в Таблице 2.2). При этой технологии существующее покрытие и основание измельчаются и перемешиваются, после чего поверх этого слоя укладывается новый, затем вновь осуществляется проход ремиксера, грейдерование, уплотнение и укладка нового слоя износа. Другие версии этой технологии заключаются в укладке нового материала основания поверх покрытия перед процессом гомогенизации.

Гомогенизация тестировалась в Финляндии на нескольких участках гравийных дорог, проблемных в период весенней распутицы. В некоторых случаях добавлялось некоторое количество шлакового песка для повышения качества материала.

КОНСТРУКЦИЯ VII. “ПЕРЕВОД ДОРОГИ С ТВЕРДЫМ ТИПОМ ПОКРЫТИЯ ОБРАТНО В ГРАВИЙНУЮ”

Если битумосодержащее покрытие на участке дороги характеризуется постоянным образованием выбоин, выкрашиванием, колеиностью, и введение сезонных весовых ограничений не помогает (или их введение невозможно), самым лучшим способом сократить высокие затраты на содержание является перевод дороги с твердым типом покрытия обратно в гравийную.

В последние годы в Финляндии и Швеции эта мера применялась для ряда дорог, на улучшение дорожных конструкций которых не было средств. В первые годы эти меры вызывали неприятие местным населением, однако водители тяжелых грузовых автомобилей проявили большее понимание причин таких мер. Автомобильная дорога вблизи Перкостанции Ängesby в Швеции служит прекрасным примером сокращения проблем в результате перевода дороги с твердым типом покрытия в гравийную (проект ROADDEX).

5.4.3 Дороги с покрытием толщиной свыше 100 мм

Обычно покрытия дорог с низкой интенсивностью движения в Северной Периферии являются тонкослойными. Исключением является Шотландия, где толщина битумосодержащего слоя часто превышает 100мм. На этих дорогах организации, отвечающие за их содержание, обычно

придерживаются тех же принципов, что описаны в параграфе 5.4.2, хотя, как уже упоминалось ранее, наиболее значительные проблемы Шотландии в зимний период – это ежедневная смена циклов замерзания/оттаивания вместе с растущей влажностью грунтов земляного полотна. В таких обстоятельствах всегда необходимо улучшать водоотвод на дороге в части проектов по усилению.

При выборе метода восстановления дорог со значительной толщиной битумосодержащего покрытия вначале необходимо определить причину проблемы путем классификации типа повреждения покрытия.

Если для дороги характерна колейность 1 степени из-за низкого качества материала основания (см. Dawson and Kolisoja 2005), а толщина покрытия составляет 100 – 140мм, оптимальным решением по восстановлению является укладка более толстого слоя износа поверх существующего покрытия. Результаты проекта Roadex II (Dawson and Kolisoja 2005) показали, что связный слой основания толщиной 200мм может снизить напряжения до уровня, безопасного с позиции возникновения остаточных деформаций. Если состояние покрытия неудовлетворительно, лучшим вариантом является гомогенизация, перемешивание существующего покрытия с несвязным основанием.

При толщине покрытия 100мм и глубокой колейности и/или ускоренном колееобразовании, связанных со значительным ослаблением земляного полотна (что может подтверждаться данными FWD (аналог УДН) или георадарных обследований), наиболее экономичным решением является измельчение битумосодержащих слоев для повторного использования и, если это возможно, укладка более толстого слоя несвязного основания и нового слоя покрытия. Хорошим решением для таких случаев является стальная сетка, особенно, если существует риск дифференциальных осадков из-за сжимаемости грунтов земляного полотна. В Шотландии имеется положительный опыт использования геосеток в битумосодержащих слоях, и эта мера рекомендуется, если толщина битумосодержащих слоев превышает 200мм. В некоторых случаях повреждения покрытий значительной толщины можно отнести к дезинтеграции битумосодержащих слоев из-за неудовлетворительного водоотвода под слоями (расслоение). Это может вызвать высокие гидравлические напряжения в слоях под воздействием тяжелого грузового транспорта в период весеннего таяния. В этой ситуации единственным решением является улучшение дорожного водоотвода, удаление битумосодержащих слоев, укладка водонепроницаемого материала на подготовленную поверхность (макадам или крупнозернистый материал) и устройство нового слоя износа.

Если тип повреждений покрытия – в основном продольные трещины и сетка «крокодиловых трещин» близко к обочине дороги, эти проблемы следует отнести к воздействию дифференциального морозного пучения или осадкам в результате оттаивания грунтов. В этом случае причина проблем – в неудовлетворительном водоотводе на участке косогора или в неправильном уширении дороги. Первоначальным методом ремонта для таких участков является приведение в порядок системы водоотвода. Если трещины расположены близко к колее движения транспорта, покрытие необходимо измельчить, а несвязные слои усилить стальными сетками перед укладкой нового битумосодержащего слоя.

Раздел 6. Контроль качества и контроль функциональности восстановленных участков дорог

Согласно исследованиям функционирования и определению затрат в течение всего срока службы восстановленных участков гравийных дорог (Aho 2004) самой основной причиной разрушения восстановленных участков является то, что при строительстве не были соблюдены рекомендации проектировщиков по толщине конструкций. Поэтому рекомендуется большое внимание уделять контролю качества строительных работ. В частности желательно, чтобы подрядчик обязался гарантировать качество восстановительных работ. Это касается не только контроля качества материалов, но и контроля при строительстве толщины слоев, качества уплотнения и правильного местоположения восстановленных конструкций.

Результатом сокращающихся дорожных бюджетов стало то, что восстановительные меры на дорогах со сниженной в весенний период несущей способностью обычно выполняются только на ослабленных участках. Это означает, что необходимо точно знать адресацию дефектов, оставляя за пределами внимания участки с достаточным сроком службы и инвестируя только в те участки, которые требуют срочного ремонта. Для такого типа «сфокусированного восстановления» важно прийти к единому позиционированию при обследованиях перед проведением восстановительных работ. В противном случае восстановительные меры могут быть реализованы не там, где имеются дефекты.

Кроме правильного местоположения восстановленных конструкций, важно обеспечить правильность толщины этих конструкций. Это можно сделать путем простого измерения толщины слоев в разведочном шурфе. Толщину слоя можно также определить при помощи георадара. Георадары признаны прекрасным инструментом для измерения толщины слоев конструкций, позволяя получить непрерывный продольный профиль и гарантируя точное местоположение восстановленных конструкций.

Контроль уплотнения на участках гравийных дорог с проблемами снижения несущей способности в весенний период обеспечить трудно ввиду того, что существующая дорожная одежда и земляное полотно слишком ослаблены. Однако на дорогах с твердым типом покрытия контроль качества уплотнения должен осуществляться обязательно, чтобы в дальнейшем не образовалась колейность. Плотность следует проверить с применением методов, утвержденных в той или иной стране. Также рекомендуется комбинированное использование георадаров и дефлектометра падающего груза FWD.

На Рисунке 6.1 приведен прекрасный пример результатов георадарных обследований как метода контроля качества гравийных дорог в Финляндии. Георадарограмма четко показывает, что слои износа и основания имеют достаточную толщину, а место производства восстановительных работ выбрано неверно.

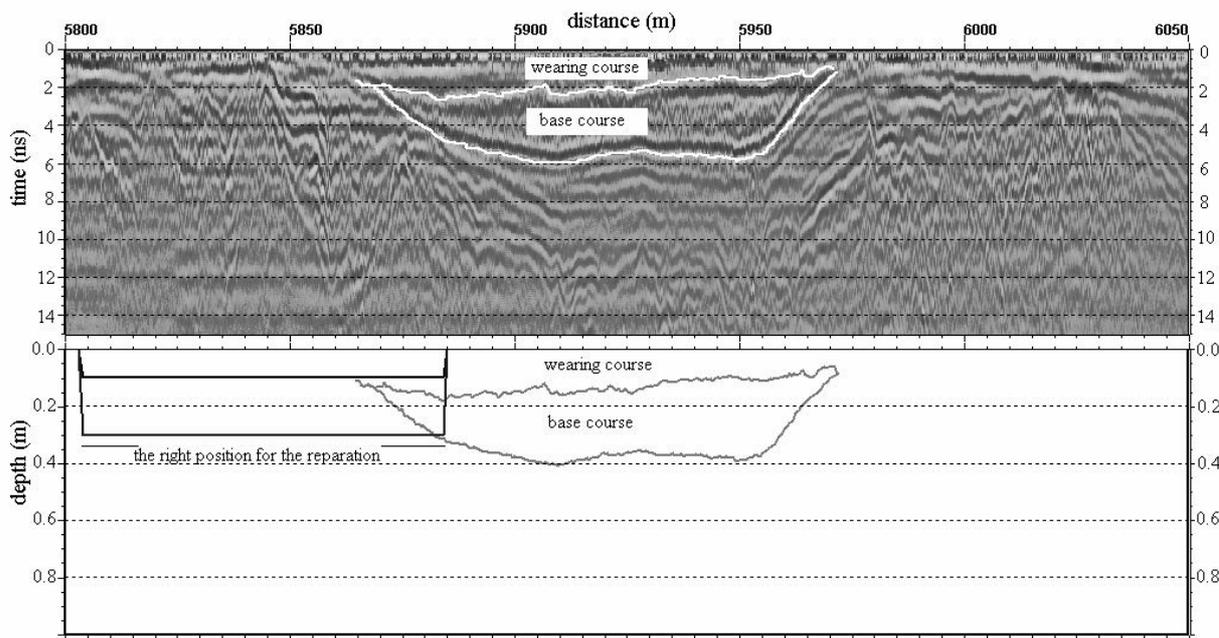


Рисунок 6.1. Неправильная адресация восстановительных работ, установленная по результатам георадарных исследований (Pälli et al. 2005)

Если новые разрушения появляются вскоре после восстановительных работ, причиной этого, возможно, является низкое качество использованных материалов, поэтому особое внимание при этом должно уделяться контролю качества. При назначении работ по усилению дорожных конструкций необходимо следовать национальным спецификациям на дорожно-строительные материалы, учитывая их морозочувствительность и гранулометрический состав. Хорошей практикой являются рекомендации подрядчикам проверять качество используемых материалов. Все отклонения по местоположению, толщине слоя и качеству материала важны с позиции определения причин новых разрушений. От подрядчиков всегда необходимо требовать ремонтировать участки, на которых после восстановительных мер обнаружены новые дефекты. Неотъемлемой частью контроля функциональности восстановленных участков является точная документация по мерам восстановления, их адресации, примененным видам конструкций.

Согласно Разделу 3 контроль качества восстановительных мер необходимо продолжить с обеспечением систематического контроля функциональности восстановленных участков. Этот процесс должен включать анализ и устранение любых новых/повторных разрушений, чтобы по мере накопления данных обследований и контроля стало бы возможным повысить прогнозируемость весенних разрушений, следующих за снятием весовых ограничений. Контроль функциональности также предоставляет ценную информацию о сроке службы восстановленных конструкций и их применимость для устранения различных классов разрушений.

Раздел 7. И использованные источники²

1. Aho S. (2004). Sorateiden kelirikkokorjausten toimivuus ja elinkaarikustannukset. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere. (English abstract)
2. Aho S., Saarenketo T., Berntsen G., Dawson A., Kolisoja P. and Munro R. (2005). Structural Innovations. ROADEX II report. www.roadex.org
3. Aho S., Saarenketo T. and Kolisoja P. (2005b). Kelirikkokorjausten suunnittelu ja rakentaminen. Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito – tutkimusohjelma. Tiehallinnon selvityksiä 64/2005, Tiehallinto. Helsinki. (English abstract)
4. Berntsen G. and Saarenketo T. (2005). Drainage on Low Traffic Volume Roads. ROADEX II report. www.roadex.org
5. Dawson, A. and Kolisoja, P. 2005. Permanent deformation. ROADEX II report. www.roadex.org
6. Kolisoja P. and Vuorimies N. (2005). Material Treatment. ROADEX II report. www.roadex.org
7. Launonen P. ja Turunen P. (1995). Sään ja hydrologisten tekijöiden vaikutus kevätkelirikkoon. Tielaitoksen selvityksiä 20/1995. Kuopio. (in Finnish)
8. Niva, K. (2004). Finnish Road Administration, Lappi District. Photo.
9. Pälli A., Aho S. and Pesonen E. (2005). Ground Penetrating Radar as a Quality Assurance Method for Paven and Gravel Roads in Finland. 3rd International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar. May 2-3, 2005. Delft, The Netherlands.
10. Pennanen O. and Mäkelä O. (2003). Raakapuukuljetusten kelirikkohaittojen vähentäminen. Metsätehon Raportti 153, 19.8.2003. (in Finnish)
11. Roadex Project 1998-2001. Northern Periphery. CD-ROM
12. Ruohomäki, T (2004). Skanska. Photos.
13. Saarenketo, T. 2005. Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions. ROADEX II report. www.roadex.org
14. Saarenketo T. and Aho S. (2005). Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads. ROADEX II report. www.roadex.org
15. Saarenketo T. and Aho S. (2003). Kelirikkoteiden painorajoitusten yhtenäistäminen, Tiemestari-kysely-tutkimuksen raportti. Roadscanners Oy. Rovaniemi, Tampere. (in Finnish).
16. Saarenketo T., Lähde A., Peltoniemi H. ja Rantanen T. (2002). Vaasan sorateiden korjaussuunnittelun kehittäminen. Tutkimusraportti. Roadscanners Oy. Rovaniemi. (in Finnish)
17. Saarenketo, T., 2001. GPR Based Road Analysis - a Cost Effective Tool for Road Rehabilitation Case History from Highway 21, Finland. In Proceeding of 20th ARRB Conference, Melbourne, Australia 19-21 March, 19 p.
18. Tielaitoksen selvityksiä 2/1993 (1993). Massanvaihto. Geotekniikan informaatiojulkaisuja. Tielaitos, Helsinki. (in Finnish)
19. White T.D. and Coree B.J. (1990). Threshold Pavement Thickness to Survive Spring Thaw. Third International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields Proceedings. Volume 1. Trondheim, Norway. 3-5 July 1990.

² В целях облегчения поиска список приводится на оригинальном языке.

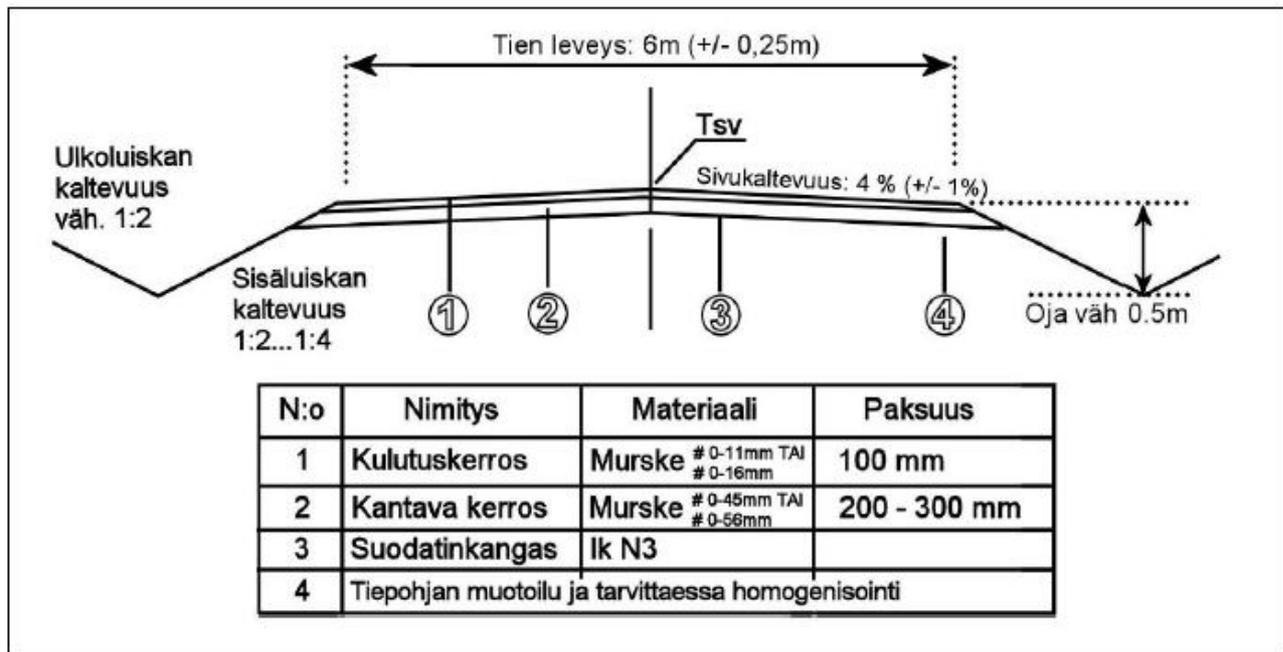
Приложение 1 КАРТЫ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ МЕР ДЛЯ ГРАВИЙНЫХ ДОРОГ

- I. Базовые конструкции, BS
- II. Усиление стальными сетками, SRI
- III. Поднятие рабочих отметок, RA
- IV. Замена грунта, SRP

TREATMENT CARD

GRAVEL ROAD REHABILITATION

METHOD: Structure I
Basic Structure, BS



МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ:

Удаление старого покрытия, гомогенизация земляного полотна

Восстановление начинается с удаления существующего слоя покрытия на толщину 50 – 150 мм от поверхности дороги. Старый слой износа также должен быть удален на участках сопряжения (переходных). Материал слоя износа с высоким содержанием мелких/пылеватых частиц запрещается оставлять под новой конструкцией, но его можно использовать для нового слоя износа или дорожных обочин. После удаления старого слоя износа верхние 300мм конструкции при необходимости следует гомогенизировать. Гомогенизация осуществляется в целях удаления крупных камней и создания однородной платформы для устройства новой конструкции. Перед укладкой геотекстиля (фильтрующая ткань) необходимо придать поверхности поперечный уклон 4%, после чего выполнить работы по уплотнению.

Фильтрующая ткань, слой основания, слой износа

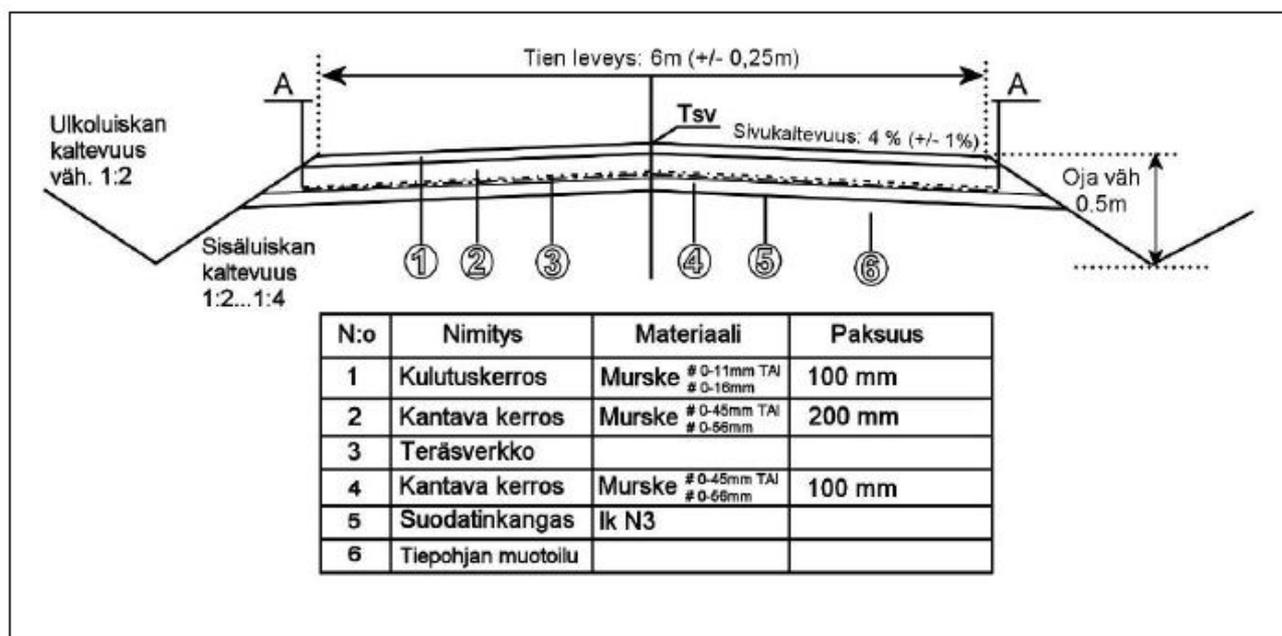
Геотекстиль укладывается поперечно с перекрытием не менее 500мм. Слой основания укладывается поверх геотекстиля, после чего уплотняется. Толщина слоя основания обычно составляет 200 или 300мм. Поверхности слоя основания придается поперечный уклон 4%, затем укладывается слой износа толщиной 100мм. Если предполагается повторное использование материала слоя износа, в новом проекте следует предусмотреть слой износа, состоящий максимум на 50% из старого материала. На участке сопряжения слою основания придается уклон 1:40, слой износа устраивается толщиной 100мм. На переходных участках геотекстиль не используется.

Анализ состояния водоотвода и его улучшение должны проводиться до производства работ, описанных выше. Процесс оценки состояния водоотвода приведен в отчете Roadex III "xxx" (Aho and Saarenketo 2006).

TREATMENT CARD

GRAVEL ROAD REHABILITATION

METHOD: Structure II
Steel Reinforcement, SRI



МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ:

Удаление старого материала

Восстановление начинается с удаления существующего слоя покрытия на толщину 50 – 150 мм от поверхности дороги. Старый слой износа также должен быть удален на участках сопряжения (переходных). Материал слоя износа с высоким содержанием мелких/пылеватых частиц запрещается оставлять под новой конструкцией, но его можно использовать для нового слоя износа или дорожных обочин. После удаления старого слоя износа оставшиеся 100-150мм старого материала необходимо ликвидировать, если материал неоднороден. В дальнейшем этот материал можно использовать для обочин. Удаление материала следует проводить не менее чем на 300мм шире, чем новая обочина. Перед укладкой геотекстиля (фильтрующая ткань) необходимо придать поверхности поперечный уклон 4%, после чего выполнить работы по уплотнению.

Укладка новых слоев и стальной сетки

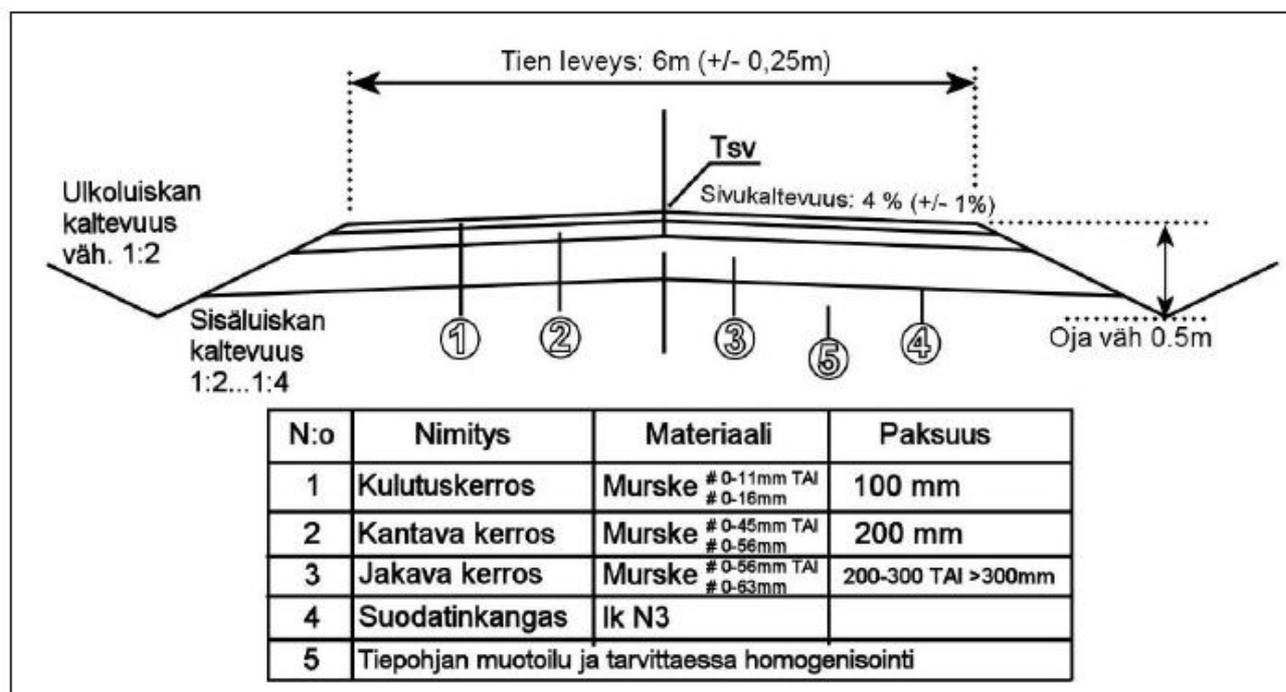
Геотекстиль выстилается на дно выемки, затем укладывается и уплотняется материал слоя основания толщиной 100мм. Слой основания выравнивается с приданием ему уклона 4%, затем укладывается стальная сетка. Она должна захватывать внутренний откос на величину 'A' – глубину укладки стальной сетки. Армирующая сетка должна укладываться таким образом, чтобы поперечные прутья сетки были внизу. Обычно на стальную сетку укладывается слой основания толщиной 200мм. Он уплотняется с приданием поверхности поперечного уклона 4%, а затем укладывается слой износа толщиной 100мм с последующим приданием поверхности поперечного уклона 4%. Если планируется повторное использование материала старого слоя износа, в новом проекте следует предусмотреть слой износа, состоящий максимум на 50% из старого материала. На участке сопряжения слою основания придается уклон 1:40, слой износа устраивается толщиной 100мм. На переходных участках геотекстиль не используется.

Анализ состояния водоотвода и его улучшение должны проводиться до производства работ, описанных выше. Процесс оценки состояния водоотвода приведен в отчете Roadex III "xxx" (Aho and Saarenketo 2006).

TREATMENT CARD

GRAVEL ROAD REHABILITATION

METHOD: Structure III
Raising Road Alignment, RA



МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ:

Удаление старого покрытия, гомогенизация земляного полотна

Восстановление начинается с удаления существующего слоя покрытия на толщину 100 – 150 мм от поверхности дороги. Старый слой износа также должен быть удален на участках сопряжения (переходных). Материал слоя износа с высоким содержанием мелких/пылеватых частиц запрещается оставлять под новой конструкцией, но его можно использовать для нового слоя износа или дорожных обочин. После удаления старого слоя износа верхние 300мм конструкции при необходимости следует гомогенизировать. Гомогенизация осуществляется в целях удаления крупных камней и создания однородной платформы для устройства новой конструкции. Перед укладкой геотекстиля (фильтрующая ткань) необходимо придать поверхности поперечный уклон 4%, после чего выполнить работы по уплотнению.

Новые слои

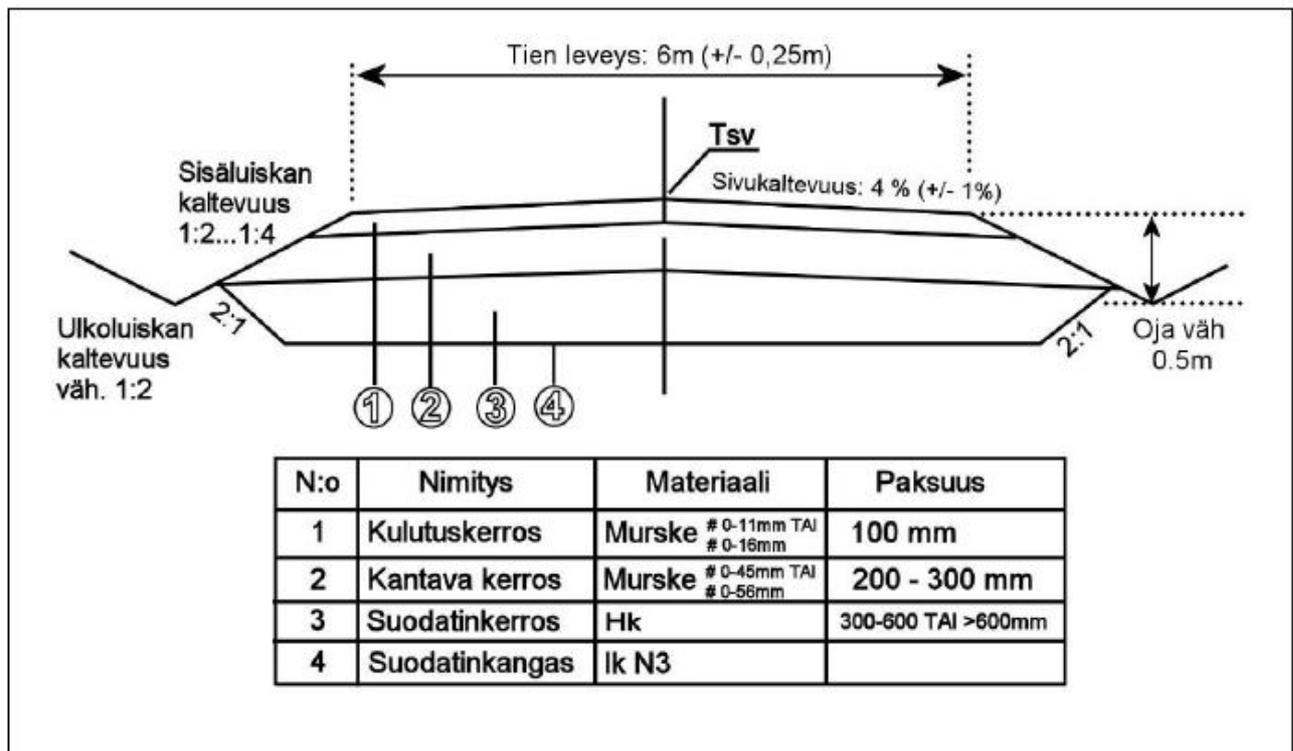
Геотекстиль укладывается поперечно с перекрытием не менее 500мм. На геотекстиль укладываются нижний слой основания толщиной 200 – 300мм (конструкция IIIA) или > 300мм (конструкция IIIB) и слой основания толщиной 200мм с последующим уплотнением. Поверхность выравнивается и ей придается уклон 4%, после чего укладывается слой износа 100мм (поперечный уклон поверхности 4%). Если планируется повторное использование материала старого слоя износа, в новом проекте следует предусмотреть слой износа, состоящий максимум на 50% из старого материала. На участке сопряжения слою основания придается уклон 1:40, слой износа устраивается толщиной 100мм. На переходных участках геотекстиль не используется.

Анализ состояния водоотвода и его улучшение должны проводиться до производства работ, описанных выше. Процесс оценки состояния водоотвода приведен в отчете Roadex III "xxx" (Aho and Saarenketo 2006).

TREATMENT CARD

GRAVEL ROAD REHABILITATION

METHOD: Structure IV
Soil Replacement, SRP



МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ:

Удаление старого материала, укладка фильтрующей ткани, участки сопряжения 1:15

Восстановление начинается с удаления существующего слоя покрытия на толщину 100 – 150 мм от поверхности дороги. Старый слой износа также должен быть удален на участках сопряжения (переходных). Материал слоя износа с высоким содержанием мелких/пылеватых частиц запрещается оставлять под новой конструкцией, но его можно использовать для нового слоя износа или дорожных обочин. После удаления старого слоя износа вынимается старый материал на глубину 600-900мм (конструкция IVA) или >900мм (конструкция IVB). Затем укладывается геотекстиль. Ширина экскавации определяется по Рисунку 1 (Tielaitoksen selvityksiä 2/1993). Часть старого материала может использоваться для обочин.

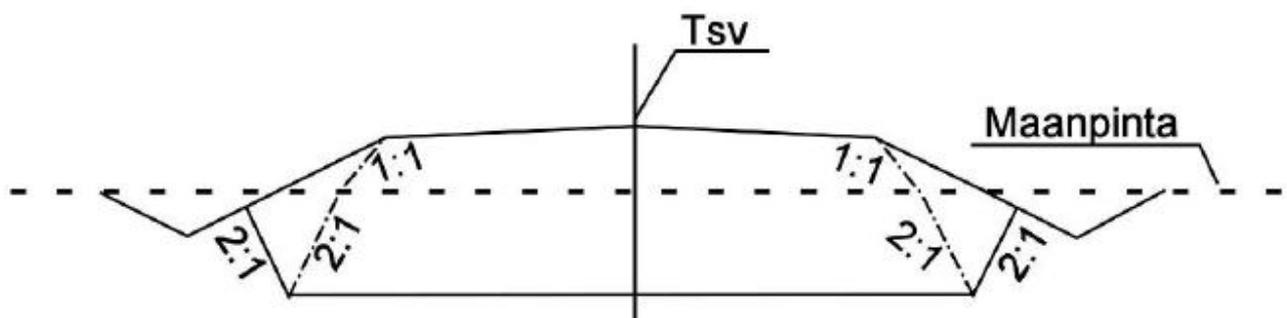


Рисунок 1. Определение ширины экскавации

Переходные участки, приведенные на Рисунке 2, должны продлеваться до участка замены грунта. Фильтрующий слой необходимо устраивать с заложением 1:15, а слой основания – с заложением 1:40. Слой износа возводится толщиной 100мм. Геотекстиль на переходных участках не используется.

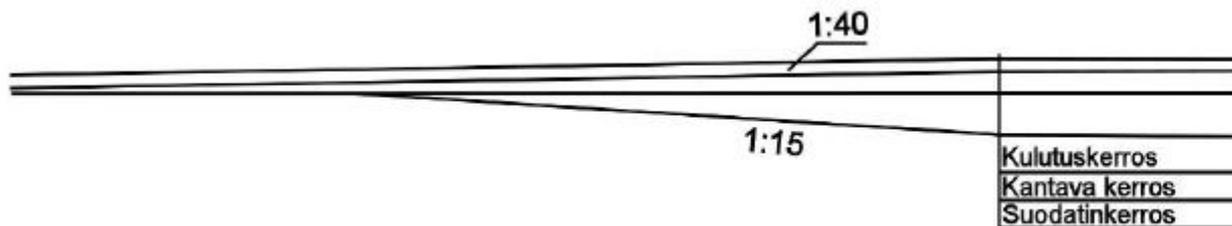


Рисунок 2. Продольный профиль переходного участка

Новые слои

На геотекстиль укладываются фильтрующий слой толщиной 300 – 600мм (конструкция IVA) или > 600мм (конструкция IVB) и слой основания толщиной 200-300мм с последующим уплотнением. Поверхность выравнивается и ей придается уклон 4%, после чего укладывается слой износа 100мм (поперечный уклон поверхности 4%). Если планируется повторное использование материала старого слоя износа, в новом проекте следует предусмотреть слой износа, состоящий максимум на 50% из старого материала.

Анализ состояния водоотвода и его улучшение должны проводиться до производства работ, описанных выше. Процесс оценки состояния водоотвода приведен в отчете Roadex III "xxx" (Aho and Saarenketo 2006).