



ROADEX III
NORTHERN PERIPHERY



Нуутти Вуоримиес, Паули Колисойя

ОБРАБОТКА ГИДРОФИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Резюме

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



Обработка гидрофильных материалов

Резюме

Сентябрь 2006

Нуутти Вуоримиес

Паули Колисойя

Технологический Университет Тампере

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный документ представляет собой резюме отчета 2005г. «Обработка материалов» в рамках проекта ROADEX II, подготовленный г-ми Паули Колисой и Нуутти Вуоримиесом из Технологического Университета Тампере, Финляндия.

Данный отчет призван стать рабочим руководством по методам и практикам тестирования для дорог с низкой интенсивностью движения, подверженным проблемам переувлажнения материалов в результате влияния сезонных условий, особенно, снижения несущей способности в период весенней распутицы.

Отчет не заменяет собой каких-либо других материалов и руководств, имеющихся по данному вопросу, однако, авторы надеются, что приведенная в нем сводная информация обеспечит лучшее понимание излагаемых вопросов и познакомит читателей с возможными решениями проблемы.

Отчет подготовлен г-ми Нуутти Вуоримиесом и Паули Колисой из Технологического Университета Тампере, Финляндия. Английский перевод выполнен Сани Питкяранта (Технологический Университет Тампере) и проверен г-м Роном Мунро, менеджером проекта ROADEX III. Макет отчета подготовлен г-м Мика 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: г-н Кристер Пало.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<u>ПРЕДИСЛОВИЕ</u>	3
<u>1. ВВЕДЕНИЕ</u>	5
1.1 ПРОЕКТ ROADEx	5
1.2 ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ, ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ К ВОДЕ	6
<u>2. ОБРАБОТКА ГИДРОФИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</u>	8
2.1 ТРАДИЦИОННЫЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ	8
2.2 НЕТРАДИЦИОННЫЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ	8
<u>3 СБОР ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ</u>	10
3.1 БАЗОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ДОРОГЕ	10
3.2 ОТБОР ПРОБ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ	11
3.3 ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НЕОБРАБОТАННЫХ МАТЕРИАЛОВ	11
3.4 ИНФОРМАЦИЯ О НЕТРАДИЦИОННЫХ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВКАХ	13
3.5 ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ, ОБРАБОТАННЫХ НЕТРАДИЦИОННЫМИ СТАБИЛИЗИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ	14
<u>4 ПРИМЕР ВЫБОРА ПИЛОТНОГО УЧАСТКА И СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ</u>	15
4.1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	15
4.2 ЦЕЛЬ: МЕСТНАЯ ДОРОГА 13581	15
4.3 ЦЕЛЬ: МЕСТНАЯ ДОРОГА 19735	16
4.4 ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК	18
<u>5 ОБСУЖДЕНИЯ</u>	19
<u>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</u>	21

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

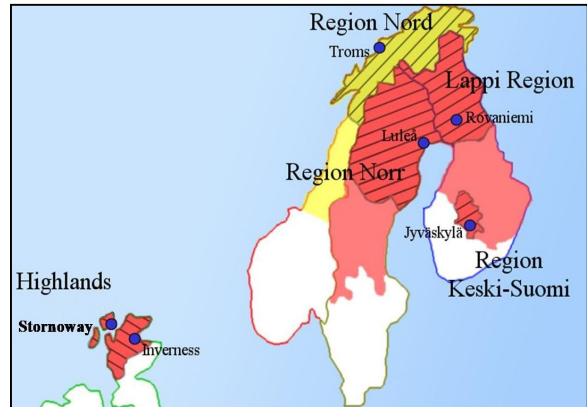


Рисунок 1 Территории Северной Периферии и Партнеры проекта Roadex II

в Шотландии, плавно перешедшего во второй проект, ROADEX II 2002-2005гг.

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, 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-Каръяла.

1.2 ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ, ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ К ВОДЕ

На территориях с холодным климатом сезонные изменения и циклы замерзания-оттаивания являются наиболее важными факторами, влияющими на снижение несущей способности гидрофильных материалов, т.е. материалов, чувствительных к воздействию воды. Разрушение дорожных конструкций происходит под воздействием избыточной накопившейся воды, которой некуда деться в период интенсивного таяния снегов. Под влиянием проходящего тяжелого транспорта ослабленная дорога разрушается еще быстрее.

В целях защиты гидрофильных материалов может применяться специальная обработка материалов дорожной конструкции. Если воды в структурных слоях до и после периода замерзания мало, то в таких слоях ледяные линзы, как правило, не образуются. Даже в период оттаивания весной конструкция будет функционировать надлежащим образом и распределять нагрузку по большей площади, что позволит дороге лучше выдерживать транспортные нагрузки.

Традиционные стабилизирующие добавки, такие как битум и цемент, обычно используются в целях значительного усиления, увеличения прочности и жесткости обрабатываемых слоев. Однако, такие технологии требуют большого количества стабилизирующих добавок, что свидетельствует о неэкономичности, а, значит, нецелесообразности данного подхода по отношению к дорогам с низкой интенсивностью движения.

Новые типы стабилизирующих добавок были разработаны в целях снижения чувствительности материалов к воздействию воды и повышения несущей способности в период смены сезонов. Эти новые стабилизирующие добавки, обычно именуемые нетрадиционными, разработаны специально для тех материалов, несущая способность и прочность которых обычно достаточны в течение всего срока службы за исключением коротких, но от этого не менее значительных, периодов потери стабильности, связанных с сезонными изменениями.

В настоящем отчете подробно представлены те типы данных и исследований, которые необходимы для назначения применения стабилизирующих добавок, способствующих снижению чувствительности материалов дорожных конструкций к воздействию воды.

Неотъемлемая задача отчета – уточнить и упростить процесс сбора и применения информации. Поскольку данный исследовательский проект сосредоточен, главным образом, на дорогах с низкой интенсивностью движения Северной Периферии ЕС, в отчете представлены экономичные и результативные методы сбора данных и исследований.

При прочтении данного отчета следует помнить о влиянии комплексного сочетания факторов на потоки воды и их влияние на дорожные сооружения в зависимости от типа дорожно-строительных материалов и погодных условий. Смешивание стабилизирующих добавок усложнит ситуацию, если характер их совместного взаимодействия неизвестен или не изучен достаточно хорошо. Особенно важно исследование нетрадиционных стабилизирующих добавок, поскольку в настоящее время не имеется достаточной и достоверной информации об их поведении в дорожных конструкциях на протяжении многолетнего периода.

Данный отчет основан на материалах отчета Roadex II “Обработка материалов” (Колисойя и Вуоримиес 2005) и финского отчета по новым технологиям обработки материалов для несвязных, чувствительных к воде слоев дорожных конструкций “Sitomattomien väylämateriaalien kosteustilahrkkyyttä vähentävät uudet käsittelytekniikat” (Вуоримиес и Колисойя 2005), который был профинансирован Финским агентством технологий и инноваций Tekes (Finnish Funding Agency for Technology and Innovation). В отчет вошли данные по результатам тестовых испытаний Финской Дорожной Администрации, полученным в рамках стратегического исследовательского проекта S14 в 2006г.



Рисунок 1.2. Обработка материалов слоя износа/основания стабилизирующей добавкой

2. ОБРАБОТКА ГИДРОФИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1 ТРАДИЦИОННЫЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ

Битум и цемент являются наиболее распространенными стабилизирующими добавками для повышения несущей способности дорожных конструкций. Битум также используется и для обработки гидрофильных материалов в районах с сезонным промерзанием грунтов. По традиционным стабилизирующим добавкам существуют качественные руководства, основанные на многолетнем опыте применения и исследований. В Финляндии Инструкция по стабилизации применяется дорожной администрацией с 2002г. Кроме битума и цемента в Инструкции по стабилизации также рассматривается применение доменного шлака и комбинированных продуктов. При комбинированной стабилизации два и более вяжущих материалов смешиваются для комбинирования лучших свойств вяжущих разной вязкости для достижения лучшего эффекта (Финская дорожная администрация 2002).

На дорогах с низкой интенсивностью движения от применения традиционных стабилизирующих добавок обычно отказываются ввиду их высокой стоимости. Кроме того, в условиях холодного климата их можно использовать только для материалов, максимальное содержание пылеватых частиц в которых составляет 12%.

2.2 НЕТРАДИЦИОННЫЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ

Классификации нетрадиционных стабилизирующих добавок не существует. В рамках подпроекта Roadex II "Обработка материалов" приводится описание новых стабилизирующих добавок и механизмы их влияния на свойства материалов. В данном разделе новые технологии представлены лишь кратко. В большинстве случаев нетрадиционные стабилизирующие добавки можно классифицировать по пяти основным классам:

- 1) полимерные
- 2) энзимные
- 3) ионные
- 4) лигнины
- 5) каучуковые

Полимерные вяжущие бывают нескольких видов. Полимеры - наиболее эффективные стабилизирующие добавки для крупнозернистых гидрофильных материалов. Большинство полимерных добавок производятся в виде эмульсии, однако также имеются и порошковые образцы.

Энзимные и ионные стабилизирующие добавки наилучшим образом проявляют себя в отношении материалов с содержанием мелких/пылеватых частиц, поэтому их применение с крупнозернистыми материалами в условиях холодного климата с низким содержанием пылеватых частиц в материалах.

Лигнины – побочные продукты лесной отрасли, и благодаря своей способности к биологическому разложению, они главным образом применяются при обеспыливании.

Каучуковые стабилизирующие добавки обычно производятся из натуральных продуктов, масел или смол, и потому обычно обладают лишь краткосрочным эффектом. С другой стороны, применение масляных каучуков содержит небольшой риск загрязнения окружающей среды.



Рисунок 2.1 Различные стабилизирующие добавки

3 СБОР ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

3.1 БАЗОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ДОРОГЕ

У каждой автомобильной дороги – своя история, и в корне любого ремонта лежит та или иная причина. Если процессы строительства и содержания дороги хорошо документированы, и эти данные хранятся в базе данных, у владельца дороги есть возможность ознакомиться с полезной информацией о материалах, использованных ранее или планируемых к использованию в дорожной конструкции, а также получить данные по отремонтированным участкам. Если таких данных в архивах нет, можно проинтервьюировать опытных дорожных мастеров, местных представителей дорожной администрации и т.д. Путем проведения дополнительного небольшого исследования, например, при помощи георадара, можно обновить данные непосредственно перед производством ремонтных работ.

При оценке того, целесообразна ли обработка материалов слоев дорожной конструкции для улучшения транспортно-эксплуатационных характеристик дороги, необходима следующая информация:

- толщина слоев дорожной одежды
- материалы, использованные в дорожном строительстве
- данные по предыдущему ремонту дороги
- данные по выявленным дефектам и разрушениям
- состояние боковых канав и расстояния от свободной воды до дорожной конструкции
- объемы движения (особенно, доля тяжелых грузовых автомобилей)
- предыдущий опыт использования аналогичных материалов
- доступность подходящего оборудования для обработки дорожных материалов.

Для оценки также требуется информация или прогнозные данные о факторах, которые могут ограничить использование тех или иных технологий ремонта. Ответы на следующие вопросы позволят выявить наиболее важные аспекты выбора стабилизирующей добавки для обработки материалов:

- Каково значение/важность дороги и каковы объемы движения?
- Планируется ли устройство нового слоя покрытия?
- Какова величина бюджета?

На основании этих фактов можно установить целесообразность обработки материалов специальными добавками. Необходимо помнить о том, что объем и точность информации может значительно различаться от случая к случаю. В то же время следует оценить выгоды

от проведения таких исследований и отборов образцов материалов для последующих возможных ремонтных работ.

3.2 ОТБОР ПРОБ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Следует тщательно подойти к выбору количества и места отбора проб. Материалы в дорожной конструкции могут значительно различаться по длине трассы, в зависимости от того, когда производились строительные работы, каковы были условия и т.д. В таких случаях следует отобрать пробы в нескольких точках. Количество проб и расстояние между точками отбора определяются в зависимости от длины обрабатываемого участка и достоверности предварительно собранной базовой информации. Рекомендуется отбирать пробы по меньшей мере из 2-4 точек для каждого планируемого к обработке слоя. Затем можно визуально оценить, одинаков ли материал, взятый из различных точек. Отобранный материал следует помещать в пластиковые коробки так, чтобы предотвратить испарение влаги во время транспортировки образцов в лабораторию.

В настоящее время при фиксировании толщины слоев дорожной конструкции в местах отбора проб следует сделать хотя бы одну фотографию, например цифровым фотоаппаратом. Количество отбираемого материала по анализируемому слою должно быть достаточным. Минимальное количество каждого вида материала составляет порядка 80 кг. Если лабораторные испытания проводятся в целях сравнения влияния на материал различных стабилизирующих добавок или выбора того или иного технологического решения, количество исследуемого материала должно быть увеличено.

3.3 ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НЕОБРАБОТАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для проведения лабораторных испытаний необходимо зарезервировать достаточное количество времени, поскольку некоторые из тестов занимают большое количество времени. Идеальным считается трехступенчатое лабораторное исследование необработанных материалов, если это позволяет календарный график работ. Это чрезвычайно важно, если есть неопределенности в установлении того факта, что разрушения дорожной конструкции произошли именно в связи с проблемами чувствительности материалов к воздействию воды. На первом этапе исследования проводятся самые простые и незатратные тесты. Полученные результаты используются при проектировании ремонтных работ. На основании результатов, полученных на первом этапе, делается предварительная оценка чувствительности анализируемого материала к воздействию воды. Лабораторные испытания первого этапа включают определения:

- Влажности
- Кривой гранулометрического состава
- Содержания органического материала

Единообразие различных дорожных одежд и однородность использованных дорожных материалов можно оценить, исходя из величины содержания влаги в различных контрольных точках дорожного участка. Распределение по размеру частиц следует выполнять методом влажного просеивания. Если содержание пылеватых частиц при влажном просеивании составляет 10% и более, необходимо также определить распределение пылеватых частиц по размерам. Содержание пылеватых частиц и характер кривой гранулометрического состава влияет на выбор стабилизирующей добавки. Также при построении кривой гранулометрического состава обычно определяется содержание органических веществ. Высокое содержание органических включений может вызывать повышенную чувствительность к воздействию воды, а, значит, также влияет на выбор добавки.

На втором этапе лабораторных испытаний гигроскопичность материалов определяется при помощи теста всасывающей трубки (Tube Suction test). Обычно такой тест проводится для материалов размером менее 20 мм. Более подробное описание данного метода испытаний приводится в отчете Сааренкетто (2000) и в описании данного метода Техасским Департаментом Транспорта (2003). При таком виде испытаний подошва сухого образца помещается в дистиллированную воду. Затем измеряются диэлектрическая проницаемость и условная электропроводность в зависимости от времени путем помещения измеряющего устройства в верхнюю часть образца. Величина и скорость изменения диэлектрического показателя свидетельствуют о том, какое количество воды и как быстро способно подняться в верхнюю часть образца под действием капиллярных сил.

В Таблице 3.1 представлена классификация несвязных гранулированных материалов по диэлектрическому показателю по Сааренкетто (2000). В отчете проекта Roadex II «Обработка материалов» приводится ряд примеров по результатам испытаний Tube Suction test.

Таблица 3.1 Классификация качества несвязных гранулированных материалов на основании результатов теста всасывающей трубки (Сааренкетто 2000).

Диэлектрический показатель	Классификация
<10	Качественный материал основания
10-16	Качество материала под вопросом
>16	Материал не подходит для устройства дорожного основания

В Финляндии диэлектрический показатель равный 9 также рассматривается как максимальный в классификации качественного материала основания дорожной одежды.

На втором этапе определение удельной поверхности и коэффициента водопоглощения позволит выяснить, почему конструкция функционирует неудовлетворительно. Результаты скорее всего подтвердят результаты испытаний с использованием всасывающей трубки. Удельная поверхность свидетельствует о полной площади поверхности пылеватых частиц. Чем она больше, тем выше вероятность влагоудержания частицами материала. Коэффициент водопоглощения показывает способность пылеватых частиц связывать влагу на поверхности частиц при 100% удельной влажности воздуха, поэтому это также индикатор того, насколько активно взаимодействие между материалом и водой. При невысоком содержании пылеватых частиц (менее 4%) и умеренном коэффициенте водопоглощения маловероятно, что анализируемый материал является гигроскопичным и может стать причиной возникновения разрушений дороги. При интерпретации результатов испытаний следует помнить, что образцы материалов дорожной конструкции могут содержать, например, соли, применяемые при обеспыливании дорог.

Если результаты первых двух этапов лабораторных испытаний показывают, что материал является гигроскопичным, и возможна его обработка стабилизирующими добавками, то третий этап будет состоять в проведении теста Проктора (Proctor test) для необработанного материала. Тест Проктора показывает совместимость материала с варьирующимся содержанием воды и наилучшие показатели уплотнения при оптимальной влажности. Уплотнение и смешивание большинства стабилизирующих добавок осуществляется в полевых условиях при оптимальной влажности материала, поэтому тест Проктора предоставляет важную исходную информацию об обрабатываемых материалах.

3.4 ИНФОРМАЦИЯ О НЕТРАДИЦИОННЫХ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВКАХ

Исходные данные о пригодности различных видов нетрадиционных стабилизирующих добавок лучше всего получать непосредственно от поставщиков. Обычно известен диапазон размера частиц кривой гранулометрического состава или, по меньшей мере, приемлемой содержание мелких/пылеватых частиц для той или иной добавки. Также следует запросить таблицу данных по безопасности материала и инструкцию по транспортировке, хранению и применению стабилизирующей добавки. Этот документ содержит информацию о возможно содержании потенциально опасных веществ в добавке.

Также должны быть определены требования к погодным условиям для использования стабилизирующих добавок и рекомендации по ограничению движения после уплотнения материала.

Обладая вышеперечисленной информацией и данными по стоимости поставки стабилизирующих добавок, а также опубликованными результатами исследований, можно сузить перечень потенциальных кандидатов до нескольких наиболее эффективных стабилизирующих добавок для последующих лабораторных испытаний.

3.5 ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ, ОБРАБОТАННЫХ НЕТРАДИЦИОННЫМИ СТАБИЛИЗИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ

Пригодность стабилизирующих добавок для выполнения запланированных работ должна быть подтверждена лабораторными испытаниями, и здесь наиболее подходящим методом сравнения выгод от обработки материала той или иной добавкой является испытание всасывающей трубкой (Tube Suction tests) необработанного и обработанного образцов. Диэлектрический показатель материала дорожного основания согласно испытаниям всасывающей трубкой должен быть в пределах значений, рекомендованных в Таблице 3.1 для качественного материала основания. Также могут проводиться испытания на морозное пучение для проверки того, что обработанный материал не будет ему подвержен. Важно, чтобы данные испытания проводились на образцах с показателями сухой плотности, которые только можно обеспечить на строительной площадке.

В настоящее время не существует длительного опыта проведения испытаний всасывающей трубкой для планирования использования нетрадиционных стабилизирующих добавок в материалах, которые будут подвергаться продолжительным морозам и многочисленным циклам заморозания-оттаивания в условиях холодного климата. Поэтому следует помнить о том, что показатель, полученный при помощи единственного теста, не дает достаточной информации для целей проектирования. Всегда необходимо придерживаться здравого смысла, опыта для оценки результатов лабораторных испытаний для эффективного применения полученных результатов на практике.

Влияние, которое нетрадиционные стабилизирующие добавки, снижающие гигроскопичность, оказывают на несущую способность, может быть проверено рядом тестов, например, испытаниями несущей способности CBR, если это необходимо. Однако, исходным требованием в этом случае является достаточная несущая способность обрабатываемого материала в полевых условиях еще до обработки; материал должен быть сухой для сохранения свойств.

Вопрос выщелачивания может оказаться актуальным при производстве работ по стабилизации, и если предыдущий опыт применения выбранных нетрадиционных стабилизирующих добавок отсутствует, рекомендуется провести испытания по

выщелачиванию для определения того, не произойдет ли миграция отдельных компонентов из материала основания. В этом случае необработанный материал должен аналогичным образом тестироваться на растворимость для проведения сравнений.

4 ПРИМЕР ВЫБОРА ПИЛОТНОГО УЧАСТКА И СТАБИЛИЗИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ

4.1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Финансирование строительных работ на пилотном участке и необходимых исследований осуществлялось Финской Дорожной Администрацией в рамках стратегического исследовательского проекта S14 (Экономичное содержание дорог с низкой интенсивностью движения). Местные дорожные округа участвовали в поиске пригодных пилотных участков для определения эффекта от применения двух различных стабилизирующих добавок для улучшения характеристик гидрофильных материалов. На основании предыдущих изучений (Вуоримиес и Колисойя 2005 и Колисойя и Вуоримиес 2005) для проведения испытаний были выбраны три стабилизирующие добавки.

4.2 ЦЕЛЬ: МЕСТНАЯ ДОРОГА 13581

Местная трасса 13581 – автомобильная дорога с тонкослойным покрытием, состояние которой планировалось улучшить при помощи стабилизации битумным вяжущим. В качестве альтернативы битумной стабилизации рассматривались нетрадиционные стабилизирующие добавки, способствующие снижению чувствительности материала к воздействию воды, поскольку на пилотном участке уровень грунтовых вод располагался близко к покрытию. На Рисунке 4.1. проиллюстрирован пилотный участок. Толщина слоя основания составляла 20-25см в контрольных точках отбора образцов и уменьшалась в поперечном профиле по мере удаления от оси к боковым канавам. Содержание воды в слое основания составляло 3.8%. Содержание пылеватых частиц, определенное влажным просеиванием, составило 7%.



Рисунок 4.1. Отбор проб на местной дороге 13581.

Испытания методом всасывающей трубки производились для необработанных и обработанных материалов с использованием двух параллельных образцов. Образцы уплотнялись под стандартной нагрузкой при содержании влаги 5.5%, и полученная плотность сухих образцов составила 22.3 – 22.8 кН/м³. На Рисунке 4.2 приводится изменение диэлектрических показателей в зависимости от времени, когда образцы были помещены в воду после сушки в сушильном шкафу при 40-45°C. Максимальные диэлектрические показатели необработанных образцов составили 8.9 и 9.9 в первые 10 дней, после чего показатели стали слегка повышаться. Диэлектрические показатели обработанных образцов оказались ниже. Показатели проводимости, измеренные для необработанных образцов, оставили менее 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

После обсуждения полученных результатов испытаний, с учетом того, что согласно испытаниям всасывающей трубкой диэлектрические показатели необработанных образцов не превысили установленный лимит (9-10), было принято решение о поиске более подходящего пилотного участка.

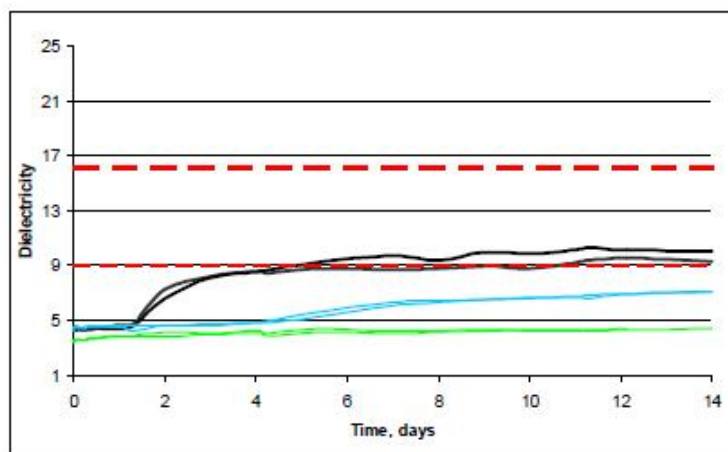


Рисунок 4.2. Результаты испытаний всасывающей трубкой: диэлектрические показатели необработанных (черный) и обработанных (цветной) образцов материалов для пилотного участка местной дороги 13581.

4.3 ЦЕЛЬ: МЕСТНАЯ ДОРОГА 19735

Местная гравийная дорога 19735 известна снижением несущей способности в весенний период. Осенью 2005г. на ней производился ремонт боковых канав. На трассе был выбран участок, проходящий по слабым грунтам и более пригодный для обработки нетрадиционными стабилизирующими добавками в целях снижения чувствительности материалов к воздействию воды. На Рисунке 4.3 приведены две фотографии, снятые осенью 2005г. На фотографии справа представлены канавы, заросшие травой, на фотографии слева проиллюстрированы структурные слои дорожной одежды на глубину 20см. Содержание пылеватых частиц в материале дорожной конструкции согласно кривой гранулометрического состава составило более 7%. Содержание влаги в образцах - 3.5%.

Испытания всасывающей трубкой проводились для необработанных и обработанных материалов. Образцы уплотнялись под стандартной нагрузкой при содержании влаги 5.5%, и полученная плотность сухих образцов составила 21.8 – 22.2 кН/м³. На Рисунке 4.4 приводится изменение диэлектрических показателей в зависимости от времени, когда образцы были помещены в воду после сушки в сушильном шкафу при 40-45°C. Диэлектрические показатели необработанных образцов составили 40-50, обработанных – оказались гораздо ниже – 20-25. Следует отметить, что диэлектрические показатели, приводимые здесь, были очень высоки даже в начале испытаний, поскольку содержание воды после сушки составило около 2%. Показатели проводимости для необработанных образцов составили 200-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Соответствующие максимальные показатели обработанных материалов составили порядка 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Высокая проводимость, вероятно, связана с наличием обеспыливателей в составе материала верхнего слоя, и неоднородное распределение этих добавок привело к возникновению различий в двух параллельных образцах.



Рисунок 4.3. Отбор проб на местной дороге pt 19735. (фотографии Яни Риихиниеми)

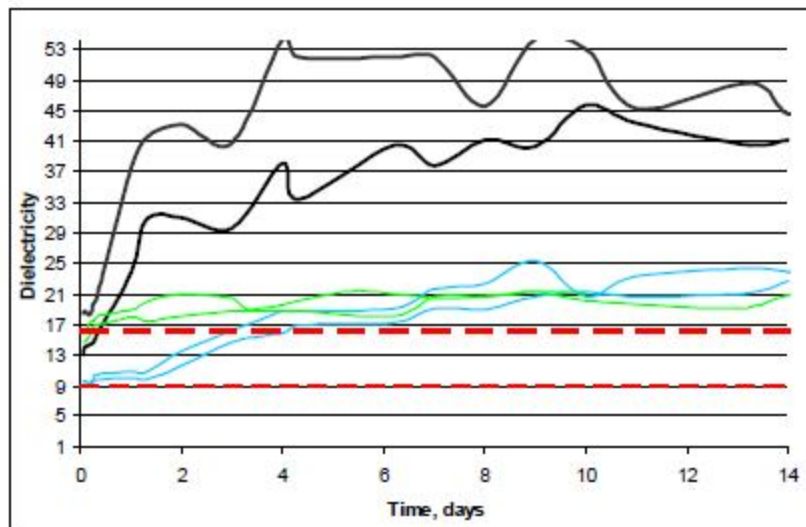


Рисунок 4.4. Результаты испытаний всасывающей трубкой: диэлектрические показатели необработанных (черный) и обработанных (цветной) образцов материалов для пилотного участка местной дороги 19735.

На основании полученных результатов было сделано заключение о том, что данная дорога подходит в качестве пилотной для применения нетрадиционных стабилизирующих добавок в целях улучшения характеристик дороги, поскольку испытания всасывающей трубкой показали, что необработанный материал дорожной конструкции очень чувствителен к воде, и стабилизирующие добавки существенно снизили гигроскопичность согласно проведенным тестам.

До принятия окончательного решения был проведен тест на морозное пучение на двух параллельных образцах. В течение трех дней испытаний на морозное пучение в обработанных образцах не было найдено следов воздействия морозного пучения. В необработанном образце величина морозного пучения составила 7мм (4%). Был сделан вывод о том, что согласно испытаниям всасывающей трубкой и тесту на морозное пучение нетрадиционные стабилизирующие добавки «работают» в изучаемом материале. Перед назначением рассматриваемого участка пилотным для последующих процедур образцы были проверены на максимальную растворимость из-за отсутствия опыта применения нетрадиционных стабилизаторов в местности, схожей с пилотной. На основании испытаний по выщелачиванию был сделан вывод о том, что обработанные материалы не нанесут вред окружающей среде.

4.4 ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК

До настоящего времени опыт применения низкочастотных добавок на дорогах с низкой интенсивностью движения в Северной Периферии Европы был незначительным, ограниченным лишь несколькими изучениями на пилотных участках и лабораторными тестами. Последние проводились лишь на протяжении одного года, поэтому информации по длительному опыту применения/функционирования нетрадиционных стабилизирующих добавок в реальных условиях было недостаточно.

Несмотря на это, все же возможно разработать процедуру выбора подходящей добавки, которая позволит улучшить транспортно-эксплуатационные характеристики дороги. В Приложении 1 приведена диаграмма, иллюстрирующая проект такой процедуры.

При рассмотрении применения стабилизирующих добавок при улучшении состояния дорог важно иметь качественную базу результатов исследований как основу для последующего проектирования, а также достаточное количество времени для сбора, пересмотра и корректировки данных предыдущих работ по обработке материалов. Это особенно актуально для применения нетрадиционных стабилизирующих добавок, которые на настоящий момент используются редко и обычно производятся за многие сотни километров от строительных площадок, а подчас и требуют доставки морем.

На текущий момент широко доступно только оборудование для обработки материалов стабилизирующими добавками типа битума или цемента. Следует ожидать, что новые нетрадиционные стабилизирующие добавки будут отличаться от привычных битума и цемента, и их дозирование и перемешивание в слоях могут быть установлены только по мере развития проекта. В этом случае заказчики и подрядчики должны быть готовы к более низкой производительности и более качественному мониторингу, пока не будет приобретен достаточный опыт. Скорее всего, в краткосрочном измерении нетрадиционными стабилизирующими добавками будет обработан лишь небольшой процент дорог с низкой интенсивностью движения, пока наконец опыта применения таких материалов не окажется достаточно для более масштабных внедрений.

5 ОБСУЖДЕНИЯ

В данном отчете изучается применение новых нетрадиционных стабилизирующих добавок для обработки гидрофильных материалов в тех случаях, когда битум и цемент слишком дороги, а укрупнение материала слоя невозможно. Применение этих новых видов стабилизации – важный вопрос с позиции повышения несущей способности гигроскопичных грунтов в районах Европейской Северной Периферии, особенно с учетом снижения несущей способности дорог в период весеннего оттаивания, когда содержание воды в грунтах земляного полотна и дорожной одежде максимально.

Практический опыт обработки гигроскопичных материалов весьма ограничен, поэтому по причине отсутствия достоверных знаний по этому вопросу, отчет сфокусирован на описании того, что следует изучить в попытке поиска альтернативных решений проблемы сезонного снижения несущей способности дороги. Предлагаемая процедура проектирования выглядит многообещающе, поскольку необходимые лабораторные тесты недороги и просты. Кроме того, по мере приобретения опыта, технология станет более определенной.

Наибольшая озабоченность многих инженеров-дорожников, намеревающихся применять новые материалы, может быть связана с необходимостью проведения нового испытания под названием «метод всасывающей трубки», а также с тем, как выбирать стабилизирующую добавку с использованием результатов этого испытания. Это особенно важно, если лицо, ответственное за интерпретацию результатов, не обладает опытом проведения таких испытаний. С учетом этого ниже приводятся отчеты и статьи, посвященные потенциалу и применимости испытаний всасывающей трубкой:

- В сравнительных тестах, например в США, испытания всасывающей трубкой были признаны наиболее подходящим методом оценки морозочувствительности несвязных материалов дорожной конструкции (Saeed et al. 2001)
- Данный тест совершенствовался и уточнялся с точки зрения отбора образцов и их хранения Саарекето (2000), с круговым подписанием документа с результатами испытаний.
- Процесс стандартизации был впоследствии усовершенствован в Техасе, где было опубликовано проектное предложение (2003), а Барбу и Скаллион изучили повторяемость и воспроизводимость результатов испытаний всасывающей трубкой (2006).
- Гутри (2001) выявил хорошую повторяемость результатов испытаний всасывающей трубкой
- В настоящее время данный метод испытаний используется в качестве тестового критерия испытаний в инструкциях по стабилизации Финской Дорожной Администрации (2002) для мониторинга содержания битума и цемента в материалах в полевых условиях
- В Техасе Скаллион и Харрис (1998) установили, что результаты испытаний всасывающей трубкой объясняют быстрое разрушение дорог, стабилизированных цементом.

Однако критерий для применения испытаний всасывающей трубкой будет определен точнее только по получении результатов мониторинга гигроскопичных материалов в полевых условиях. До тех пор предлагаемая в отчете процедура должна применяться с осторожностью и опираться на здравый смысл.

В заключении необходимо упомянуть, что как и в случае с любыми строительными альтернативами, даже в тех случаях, когда стабилизация материалов целесообразна, ее следует осуществлять только, если суммарные затраты конкурентоспособны по сравнению с другими методами восстановления дорог.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Барду Б.Г. и Скаллион Т. (2006). Повторяемость и воспроизводимость результатов испытаний всасывающей трубкой. FHWA/TX-06/5-4114-01-1. <http://tti.tamu.edu/documents/5-4114-01-1.pdf>

2. Гутри С.В., Эллис П.М. и Скаллион Т. (2001). Повторяемость и воспроизводимость результатов испытаний всасывающей трубкой. Транспортное исследование 1772, стр.151-157.
3. Финская дорожная администрация (Finnra) (2002). Инструкция по стабилизации для целей испытаний.
4. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100009-02.pdf> (на финском языке)
5. Колисойя П. И Вуоримиес Н. (2005). Обработка материалов. Отчет Roadex II
6. Сааренкетто Т. (2000). Испытания всасывающей трубкой – результаты испытаний несвязных материалов с оформлением документа с круговой подписью. Отчеты Finnra 19/2000.
7. Сааренкетто Т. (2000). Испытания всасывающей трубкой - результаты испытаний несвязных материалов с оформлением документа с круговой подписью. Отчеты Finnra 20/2000.
8. Саэд А., Холл Дж.Х. и Баркер В. (2001). Отчет NCHRP 453. Испытания материалов на основании их эксплуатационных характеристик для последующего применения в несвязных слоях дорожной одежды. Бюро транспортных исследований – Национальный Исследовательский Совет.
9. Скаллион Т. И Харрис П. (1998). Судебная оценка трех разрушившихся дорожных одежд, обработанных цементом. Транспортное исследование 1611. стр. 10-18.
10. Метод испытаний Тех-144 (проект) (2003).
11. Вуоримиес Н. И Колисойя П. (2005). Новые технологии стабилизации для снижения гигроскопичности несвязных материалов (Sitomattomien välämateriaalien kosteustilaherkkyyttä vähentävät uudet käsittelytekniikat).
12. Технологический Университет Тампере. Институт фундаментов, оснований и сооружений, Исследовательский отчет 61.