



**ROADEX III**  
NORTHERN PERIPHERY



Тимо Сааренкето

## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ДОРОГ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ

Резюме

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



---

# Мониторинг состояния дорог с низкой интенсивностью движения

## РЕЗЮМЕ АВГУСТ 2006

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](mailto:greenwave29@mail.ru)

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

[adc.ltd@mail.ru](mailto:adc.ltd@mail.ru)  
+7 (8182) 655-921

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный документ представляет собой резюме отчета «Мониторинг, коммуникационные и информационные системы и инструменты фокусирования действий» в рамках проекта ROADEX II, подготовленный г-ном Тимо Сааренкетто, компания Roadscanners Oy, Финляндия.

В отчете дано общее описание основных областей мониторинга состояния дорог, представлено резюме текущих и будущих процессов, включая применение сенсорной технологии, а также инновационные идеи в отношении новых мониторинговых систем, которые могли бы быть использованы в управлении состоянием дорог с низкой интенсивностью движения в Северных периферийных территориях.

Отчет подготовлен г-ном Тимо Сааренкетто, компания Roadscanners Oy, Финляндия. Английский перевод проверен г-ном Роном Мурро, менеджером проекта ROADEX III. Макет отчета подготовлен г-ном Мика Пюяхухта из Лаборатории Улеборга.

Авторы выражают благодарность ROADEX III Руководящему комитету проекта 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.

---

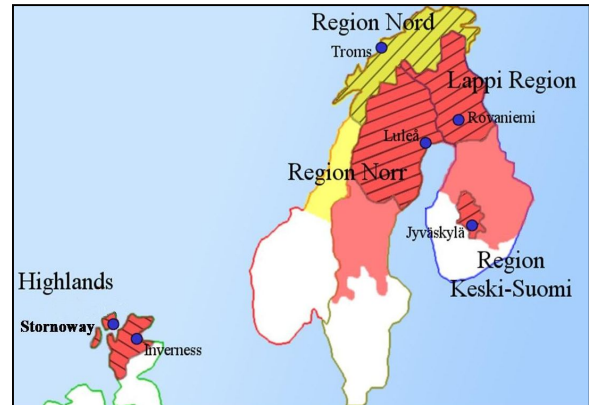
# СОДЕРЖАНИЕ

<b><u>ПРЕДИСЛОВИЕ</u></b>	<b>3</b>
<b><u>1. ВВЕДЕНИЕ</u></b>	<b>5</b>
1.1 ПРОЕКТ ROADEX	5
1.2 НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ ДОРОГАМИ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ	6
<b><u>2. МОНИТОРИНГ</u></b>	<b>7</b>
<b><u>3 НОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРАКТИКИ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ</u></b>	<b>9</b>
<b><u>4 МОНИТОРИНГ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ДОРОГ</u></b>	<b>13</b>
<b><u>5 ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ДОРОГИ И ИНСТРУМЕНТЫ МОНИТОРИНГА</u></b>	<b>17</b>
<b><u>6 МОНИТОРИНГ СНИЖЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД</u></b>	<b>20</b>
<b><u>7 МОНИТОРИНГ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК</u></b>	<b>23</b>
<b><u>8 ФОКУСИРОВАНИЕ НА ПОТРЕБНОСТЯХ ДОРОЖНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ</u></b>	<b>24</b>
<b><u>9 ФОКУСИРОВАНИЕ МЕР «ПО МЕСТУ»</u></b>	<b>27</b>
<b><u>10 СОЗДАНИЕ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА</u></b>	<b>29</b>

# 1. ВВЕДЕНИЕ

## 1.1 ПРОЕКТ ROADEX

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



**Рисунок 1 Территории Северной Периферии и Партнеры проекта Roadex II**

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

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

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

## 1.2 НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ ДОРОГАМИ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ

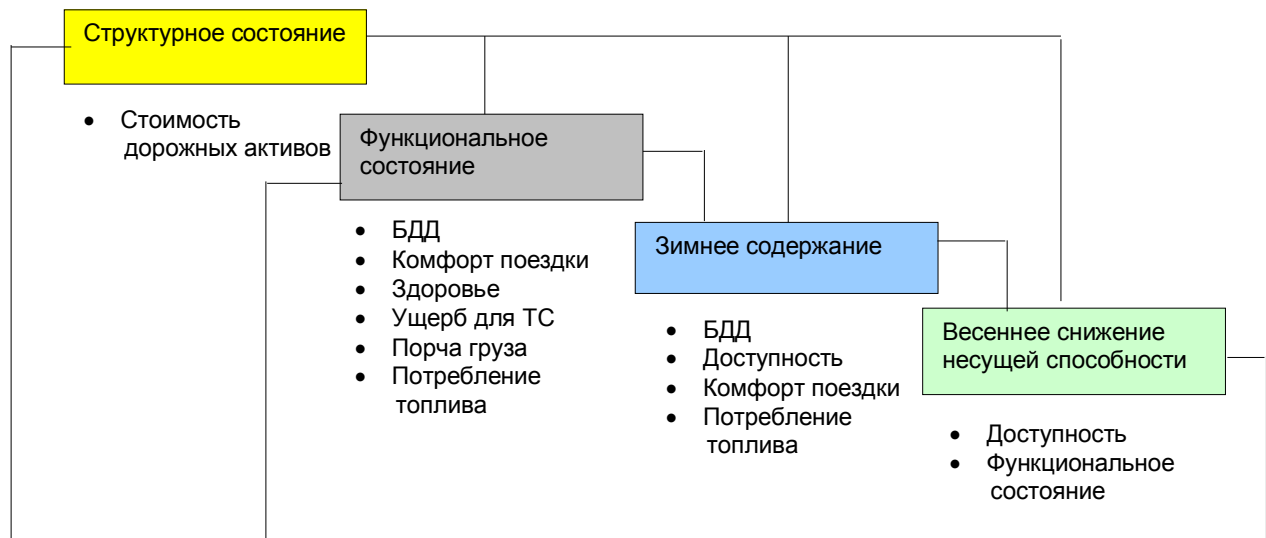
Следует признать маловероятным увеличение в ближайшем будущем финансирования управления дорогами с низкой интенсивностью движения в Северной Периферии в целях улучшения их состояния. Следовательно, возникает необходимость в новых технологиях, которые бы обеспечили лучшее содержание и совершенствование «стареющей» сети дорог с низкой интенсивностью движения на рассматриваемой территории, а также в большей обоснованности вложенных в это развитие инвестиций. Ключ к ответу на этот вызов заключается в лучшем фокусировании, что означает более тщательный и всесторонний подход к фокусированию на 1) потребностях дорожных пользователей, 2) сроках исполнения, 3) местоположении проблемных участков, 4) диагностике проблем и мерах по улучшению, как в отношении содержания, так и капитального ремонта.

В последние несколько лет наблюдалось быстрое развитие современных сенсорных технологий. При их комбинировании с новыми технологиями позиционирования (GPS) и беспроводными коммуникациями появится ряд благоприятных возможностей для их применения при управлении дорогами с низкой интенсивностью движения. Новые датчики, установленные на транспортных средствах, ежедневно пользующихся сетью дорог общего пользования, создают массу возможностей для фокусирования и усиления мер на сети дорог.

Основная деятельность в рамках данного под-проекта была сосредоточена на подготовке отчета, в котором изучались возможности использования новой сенсорной технологии для сбора в реальном режиме времени данных о состоянии дороги, весовых нагрузках ТС, рисках аварийности и т.д. и их передаче для последующей обработки и анализа и, если необходимо, дальнейшей передаче местным подрядчикам по дорожному содержанию и дорожным пользователям.

## 2. МОНИТОРИНГ

Управление состоянием дорог с низкой интенсивностью движения в Северной Периферии можно условно подразделить на четыре критических области, каждая из которых характеризуется наличием специфических проблем, требующих особых мониторинговых технологий и мер. Эти четыре области включают зимнее содержание, поддержание функциональности дорог в летний период, а также поддержание структурного состояния сети и управление несущей способностью в период весеннего оттаивания грунтов. На Рисунке 2 проиллюстрированы эти области и основные связанные с ними аспекты. В дополнение к этому в будущем можно учесть также пятое состояние сети – «экологическое состояние», о котором упоминается в последних отчетах Европейского Союза в области управления транспортными инфраструктурами. Также имеется ряд специфических областей, таких как управление грузоперевозками, весовые нагрузки и суммарный вес тяжелых грузовых автомобилей, потребности дорожных пользователей, которые также нуждаются в мониторинге на дорогах с низкой интенсивностью движения. Этим темам будет уделяться внимание в данном отчете.



**Рисунок 2** Основные области управления состоянием дорог в Северной Периферии, внутренние взаимосвязи и основные виды забот владельцев дорог

В **Таблице 1** приведены сводные критические параметры каждой области управления, текущие ключевые инструменты мониторинга, влияние на дорожных пользователей и владельцев дорог в случае, если упомянутые меры реализуются не в срок и не в соответствии с установленными требованиями. Далее в отчете будут обсуждаться новые технологии и параметры мониторинга.

**Таблица 1** Категории управления дорогами с низкой интенсивностью движения, критические параметры, технологии мониторинга и последствия для владельцев дорог и дорожных пользователей в случае несвоевременного выполнения работ

Показатель	Зимнее содержание	Функциональное состояние	Структурное состояние	Несущая способность в весенний период
Критические параметры	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сцепление (лед, черный лед)</li> <li>Снежный накат</li> <li>Метель, снежные наносы</li> <li>Снежная пыль за автомобилем</li> </ul>	<p><u>Все дороги</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>продольная ровность</li> <li>сцепление</li> <li>неровности</li> <li>колейность</li> <li>выбоины</li> </ul> <p><u>Гравийные дороги</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>эффект «стиральной доски»</li> <li>пыль</li> <li>устойчивость</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>водоотвод</li> <li>прогиб</li> <li>морозное пучение</li> <li>трещины</li> <li>остаточные деформации (колейность)</li> <li>ровность</li> <li>осадка</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>остаточные деформации (ускоренное колеобразование)</li> <li>трещины</li> <li>повышенная пластичность покрытия</li> </ul>
Последствия для дорожных пользователей в случае несоответствия выполняемых работ требованиям	<ul style="list-style-type: none"> <li>снижение безопасности</li> <li>увеличение издержек, связанных с задержкой в пути</li> <li>снижение доступности</li> <li>снижение комфортности поездки</li> <li>рост расхода топлива</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>снижение комфортности поездки</li> <li>вибрации, приводящие к ухудшению самочувствия</li> <li>ущерб для ТС</li> <li>повышенный расход топлива</li> <li>снижение уровня безопасности движения</li> <li>увеличение издержек, связанных с задержкой в пути</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>отсутствие прямого эффекта в краткосрочном измерении</li> <li>ухудшение функционального состояния в долгосрочном измерении</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>снижение комфортности поездки</li> <li>увеличение транспортных затрат</li> <li>затрудненная доступность объектов или ее отсутствие</li> <li>ущерб для ТС</li> <li>издержки, связанные с задержкой в пути</li> </ul>
Последствия для владельцев дорог в случае несоответствия выполняемых работ требованиям	<ul style="list-style-type: none"> <li>повышение затрат на содержание</li> <li>негативные отзывы дорожных пользователей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>повышение затрат на содержание</li> <li>негативные отзывы дорожных пользователей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>повышение затрат на содержание</li> <li>повышение затрат на восстановление/ капитальный ремонт и их частоты</li> <li>снижение стоимости дорожных активов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ускоренное разрушение дорог</li> <li>увеличение затрат в течение срока службы дороги</li> <li>запреты, связанные с ограничением весовых нагрузок</li> <li>негативные отзывы дорожных пользователей</li> </ul>
Технологии мониторинга и обследования дорог	<ul style="list-style-type: none"> <li>погодные станции</li> <li>метеорадары</li> <li>датчики толщины снега</li> <li>прогнозы погоды</li> <li>измерения коэффициента сцепления</li> <li>отзывы дорожных пользователей</li> <li>визуальное инспектирование дорог</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>визуальное инспектирование дорог</li> <li>профилометры (для дорог с твердым покрытием)</li> <li>акселометры (датчики, специально для гравийных дорог)</li> <li>лазерные сканеры</li> <li>отзывы дорожных пользователей</li> <li>специально оснащенные ТС</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>датчики влажности</li> <li>контроль состояния водоотвода</li> <li>FWD (дефлектометр падающего груза, русский аналог – Установка Динамического Нагружения)</li> <li>GPR (грунтовой радар)</li> <li>Измерение степени развития колейности</li> <li>Визуальное инспектирование дороги</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DCP (Dynamic Cone Penetrometer) – динамический конусный пенетрометр</li> <li>Перкостанции и аналогичные мониторинговые станции</li> <li>Пробы температуры</li> <li>FWD (дефлектометр падающего груза, русский аналог – УДН), также переносной</li> <li>Визуальное инспектирование дорог</li> <li>Контролирование дорожных пользователей</li> </ul>



### 3 НОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРАКТИКИ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ

Состояние дорог, безопасность дорожного движения и доступность объектов в зимний период в дорожных округах Северной Периферии вызывает наибольшую озабоченность дорожных администраций, а зимнее содержание составляет большую часть дорожного бюджета на содержание дорог.

Вопросы зимнего содержания дорог были оставлены за рамками исследований ROADDEX II по причине значительных различий в зимних погодных условиях на территории Северной Периферии. Однако, некоторые идеи в отношении будущих технологий мониторинга обсуждались в рамках проекта ROADDEX II, а часть из них, которые могут быть применены к дорогам с низкой интенсивностью движения, представлена далее.

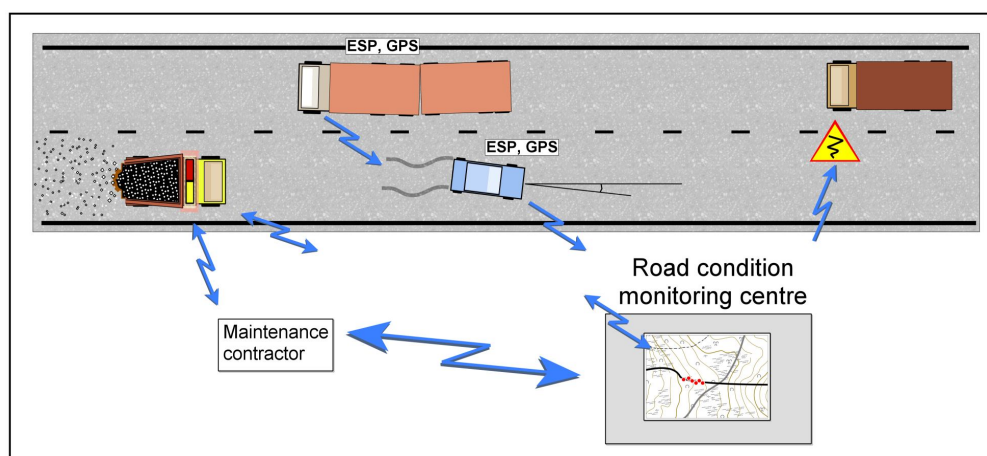
На сети дорог с низкой интенсивностью движения всегда есть трудности со своевременным реагированием на часто меняющиеся зимой условия движения. Прогнозы погоды, дорожные метеостанции и системы погодного мониторинга предоставляют в основном достоверную информацию для подрядчиков по содержанию дорог. Тем не менее, изменения погоды могут затрагивать лишь локальные участки или быть столь непредсказуемыми, что бригады по содержанию не могут своевременно получить информацию о плохих погодных условиях. Одним из решений той проблемы может стать оснащение транспортных средств местных резидентов (такси, школьные автобусы, т.д.) специальными устройствами удаленного сканирования дорожных условий и автоматическое информирование о возникновении опасных условий.

С учетом существующих трендов в области автомобильных технологий вполне возможно, что большая часть, если не все, автомобили будут оснащены GPS (глобальная система позиционирования) и ESP (Программа электронной стабильности) или другими похожими системами, контролирующими боковое скольжение. Эти системы, усиленные датчиками угла поворота управляемых колёс, датчиками отклонения от направления движения и датчиками бокового/поперечного ускорения, способны предоставлять исключительно ценную информацию об условиях движения.

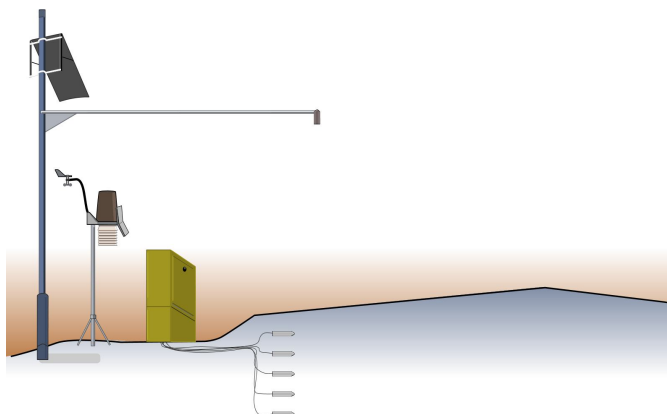
В будущем в школьных автобусах, такси и, например, почтовых автомобилях можно было бы установить такие системы, которые направляли бы координаты GPS в мониторинговый центр по мобильной связи, с тех участков, где активировалась система ESP (см. **Рисунок 3**). Эти «красные точки» в дальнейшем могли бы использоваться в качестве индикаторов того, что дорожные условия являются неудовлетворительными, и требуется выполнение работ по

содержанию. Такая система предоставляет информацию, которая, особенно для передающего автомобиля, является уже запоздалой, но для других пользователей – предупреждающей о наличии неудовлетворительных дорожных условий по радио или через другие системы информирования. Еще одним преимуществом такой системы является то, что в долгосрочном измерении можно будет выявить те участки, которые первыми становятся скользкими, что позволит сосредоточить меры по содержанию или применить новые конструкционные решения именно на этих участках.

Другими новыми технологиями, которые возможно было бы применить на дорогах с низкой интенсивностью движения для управления их состоянием, являются современные метеостанции и ультразвуковые датчики толщины снежного покрова. Традиционно дорожные метеостанции устанавливаются только на главных дорогах по причине высокой стоимости и потребности в близком расположении к телефонным линиям. Однако в настоящее время стоимость метеостанций снизилась вместе со стоимостью инструментария, необходимого для одной станции, до 1000 – 2000 Евро. Передача данных может осуществляться по сотовой связи, а работать она может на солнечных панелях. Такие станции можно было бы установить в тех же местах, что и станции мониторинга условий снижения несущей способности в весенний период, с учетом возможности их интеграции с метеостанцией таким образом, чтобы можно было осуществлять мониторинг выпадения осадков и испарений (см. Рисунок 4). Установка таких датчиков позволила бы не только осуществлять мониторинг толщины снежного покрова для целей управления действиями по зимнему содержанию, но и мониторинг эффективности работы подрядчиков.



**Рисунок 3** Иллюстрация системы мониторинга сцепления с дорогой  
в режиме реального времени



**Рисунок 4** Схематическая диаграмма интегрированной системы, сочетающей в себе перкостанцию и метеостанцию для применения на дорогах с низкой интенсивностью движения. В дополнение к показателям, измеряемым перкостанцией (см. Главу 6.3) метеостанция способна измерять температуры, скорость и направление ветра, величину осадков, испарений. При этом она оснащена датчиком измерения толщины снега на покрытии. Система генерирует собственную энергию при помощи солнечной панели и передает данные при помощи системы GPRS

В дополнение к обзору технологий мониторинга состояния дорог в режиме реального времени проект ROADDEX II разрабатывает идею, которая может распространяться и далее с выгодой для управления зимним содержанием дорог, особенно дорог с низкой интенсивностью движения в удаленных районах, обслуживающих транспортировки леса. Все больше и больше лесовозов в настоящее время оборудуется нижними ножами и распределителями песка (**Рисунок 5**), поскольку лесовозные компании берут все большую ответственность за выполнение работ по содержанию лесных дорог. Это происходит потому, что лес зачастую транспортируется по тем участкам сети дорог общего пользования, которыми редко пользуются другие пользователи дорог. По причине низкой интенсивности движения эти дороги находятся в «хвосте» очереди по выполнению работ по дорожному содержанию – а отсюда и ирония по поводу того, что грузовые автомобили, оснащенные оборудованием для зимнего содержания, которое они не вправе использовать, должны транспортировать грузы по дорогам, которые не всегда проезжаемы, поскольку снег на них еще не убран бригадами по дорожному содержанию. Таким образом, если бы во время снегопада или метели лесовозы, оборудованные для зимнего содержания, могли бы выполнить эти работы на определенных участках дорог общего пользования, подрядчики по дорожному содержанию смогли бы сконцентрироваться на обеспечении лучших услуг для пользователей на дорогах с более высокой интенсивностью движения.

Естественно, для этого имеется ряд препятствий, поскольку контракты на содержание дорог заключаются между дорожными округами и подрядчиками, но новые формы партнерства и современные информационные технологии могли бы дать ответы на эти вопросы, что стало

бы взаимовыгодной сделкой для всех заинтересованных сторон. В этом случае можно было бы применить практически ту же технологию, что применялась при управлении грузоперевозками или управлении снижением несущей способности в весенний период.



**Рисунок 5** Нижний отвал-нож, установленный на лесовозе в Финляндии, которые используются также для зимнего содержания лесных дорог

## 4 МОНИТОРИНГ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ДОРОГ

Структурное состояние дороги является наиболее критическим параметром с точки зрения стоимости активов сети дорог с низкой интенсивностью движения. Игнорирование структурного состояния дорог значительно сказывается на затратах владельцев дорог в долгосрочном измерении, и вместе с тем, неудовлетворительное структурное состояние гравийных дорог может незамедлительно создать проблемы с доступностью в период весеннего оттаивания грунтов. В дополнение к этому, неудовлетворительное состояние водоотводной системы также может отразиться на доступности, особенно после ливней (**Рисунок 6**).



**Рисунок 6** *Сильные дожди могут привести к эрозии грунтов на дорогах с низкой интенсивностью движения в случае неудовлетворительного функционирования водоотвода*

Проблемы управления структурным состоянием возникают, конечно, не только из-за недостаточного финансирования, и дорожники могут иначе подойти к решению некоторых вопросов, чтобы обеспечить более качественное содержание дорожных конструкций в долгосрочном измерении. Одним из примеров такого подхода является поддержание системы водоотвода на более качественном уровне. Отчет по обеспечению дорожного водоотвода, подготовленный в рамках проекта ROADDEX II (Бернтсен и Сааренкетто 2005) демонстрирует, что поддержание водоотводной системы в хорошем состоянии позволяет увеличить срок службы дорожной конструкции в 1.5-2.5 раза.

Улучшение структурного состояния может также положительно сказаться на сокращении проблем периода весенней распутицы и улучшении дорожных условий в зимний период, сокращая таким образом затраты на этот вид работ. Например, увеличение уклона и поднятие уровня дороги при ее прохождении по равнине (Сааренкетто и Ахо 2005, Норме 2001) способствуют уменьшению проблем, связанных с аккумуляцией снежных наносов.

Существует ряд параметров, которые могут быть использованы для описания структурного состояния дорог с низкой интенсивностью движения. В каждой стране-партнере ROADDEX имеется свое определение, описывающее структурное состояние дороги, но имеющее одно и то же значение (несущая способность, *bearing capacity*, *bärighet*, *kantavuus*). В отчете ЕС (EU Cost 325) дано следующее определение “*Несущая способность – обобщенное понятие, описывающее способность дорожной конструкции выдерживать нагрузки тяжелого грузового транспорта*”. Поэтому определение несущей способности имеет весьма широкое

значение и не может указываться в форме одного единственного числа. Множество вещей могут оказывать влияние на структурное состояние дороги: источник проблемы может быть отнесен к а) плохому качеству вяжущих материалов, б) плохому качеству или недостаточной толщине слоев несвязных материалов и с) слабым грунтам земляного полотна или объясняться просто d) неудовлетворительным функционированием дорожного водоотвода.

В Финляндии несущая способность дороги традиционно выражается показателем **E2**, рассчитываемым на основе данных измерения дефлектометром падающего груза FWD (российский аналог – установка динамического нагружения). Однако E2, оригинально применяемый с системами тестирования нагрузки на статическую плиту, в значительной степени зависит от качества грунтов земляного полотна. Например, если горная порода слишком близко подходит к поверхности покрытия, показатели E2 всегда высоки, в то время как для участков дорог, проходящих по торфам, показатели E2 всегда низкие, даже несмотря на хорошие транспортно-эксплуатационные характеристики участка, согласно данным диагностики. Именно поэтому при оценке на уровне проекта и анализе дороги рекомендуется применять Surface Curvature Index (**SCI, индекс кривизны поверхности**), описывающий прочность верхних слоев дорожной одежды, и Base Curvature Index (**BCI, индекс кривизны основания**), описывающий распределение нагрузки по слабому земляному полотну.

В Швеции были разработаны новые параметры, описывающие несущую способность дороги. Это показатель "**bärförmåga**", являющийся функцией расчетной деформации под дорожной одеждой и числом стандартных осей, а также достаточно показательной характеристикой для описания состояния покрытия. Bärförmåga успешно применяется в Швеции при сетевом анализе структурного состояния дорог с низкой интенсивностью движения (Регион Митт).

Возможно, самой серьезной проблемой с точки зрения структурного состояния дорог с низкой интенсивностью движения в Северной Периферии является снижение несущей способности и наличие остаточных деформаций в несвязных грунтах и грунтах земляного полотна в период весенней распутицы (см. Доусон и Колисоя 2005, Сааренкетто и Ахо 2005). **Риск остаточных деформаций** не всегда возможно мониторить при помощи традиционных методов измерения несущей способности в летний период. Необходимо помнить о том, что, даже если, например, показатели E2 и *bärförmåga* адекватны, на участке дороги могут присутствовать проблемы, связанные с остаточными деформациями и морозным пучением – но если и эти показатели также неудовлетворительны, то дорога всегда будет находиться в неудовлетворительном структурном состоянии. Еще один показатель, признанный эффективным с точки зрения оценки состояния, - показатель **диэлектрической проницаемости** несвязных дорожных материалов.

Надежным инструментом выявления проблем структурного состояния дорог является также анализ увеличения глубины колеи дорог с твердым покрытием. Если **скорость колееобразования** выше среднего показателя, это может являться результатом ухудшения структурного состояния дороги.

Структурное состояние дороги можно измерить тремя способами (см. Отчет ЕС - Cost report 325). Первый способ заключается в измерении толщины дорожной конструкции при помощи грунтового георадара **Ground Penetrating Radar (GPR)**, второй метод подразумевает измерение прогиба с использованием современных инструментов, например, таких как **Falling Weight Deflectometer (FWD или УДН)**, а третий – оценку структурной прочности путем мониторинга различных видов **разрушения покрытия** дороги. Последний метод может использоваться только для дорог с твердым покрытием, и даже если структурные проблемы выявлены, в большинстве случаев может оказаться слишком поздно для проведения мер по устойчивому управлению состоянием дороги.

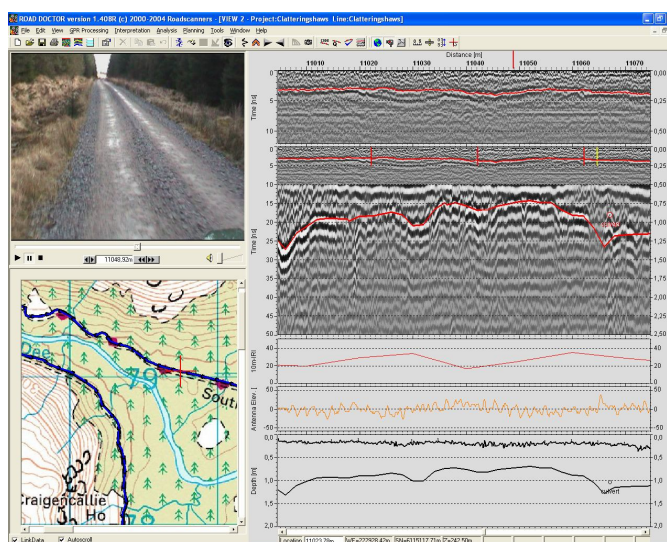
Проект ROADEx II рекомендует добавить в инструментарий по меньшей мере 2 параметра для оценки структурного состояния дорог с низкой интенсивностью движения: **оценка состояния водоотвода** и метод **Динамического конического пенетromетра (DCP)**. Риск остаточных деформаций несвязных материалов можно оценить путем отбора проб из слоя основания и последующего проведения тестирования всасывающих свойств отобранных материалов - **Tube Suction Tests (TST)**.

Подробное описание вышеупомянутых методов представлено в отчете ROADEx II, подготовленном Сааренкетто и Ахо в 2005г. и отчете COST report 325 (1997). Из всех этих методов в Финляндии регулярно используется метод грунтового радара, установки динамического нагружения (FWD), анализа разрушения покрытия при оценке на уровне сети дорог с низкой интенсивностью движения. В Швеции применяются грунтовые радары, FWD, анализ разрушения покрытия, инвентаризация водоотвода при изучениях на проектном уровне. Кроме того, Норвегия успешно применяет метод динамического конического пенетromетра (DCP) при обследованиях дорог. Шотландия пока еще не следует какой-либо стандартной процедуре для оценки структурного состояния дорог, хотя в последние годы там начали тестироваться различные методы структурной оценки.

В Шотландии Лесным предприятием начат пилотный проект по оценке на уровне сети структурного состояния лесных дорог (см. Рисунок 7). В рамках испытаний проводится обследование лесных дорог с применением грунтовых радаров и портативной установки FWD (аналог УДН). На этих же участках измеряются международные показатели ровности IRI с применением системы сбора данных, основанной на акселерометре. Во время сбора

данных при помощи грунтового радара также ведется видеосъемка дороги с позиционированием GPS.

Еще одним примером развития практики мониторинга структурного состояния в Шотландии стало обследование, проведенное в 2001-2005гг. для анализа влияния транспортировки леса по однополосным дорогам B871 и B873 из Кинбрейса в Сайр. Проект был нацелен на разработку надежной и экономически эффективной системы оценки прогнозирования влияния транспортировок леса на состояние дорог с низкой интенсивностью движения, испытывающих проблемы с несущей способностью. Эта аналитическая система должна была в будущем использоваться для создания базы данных для выбора оптимальных технологий содержания и ремонта каждого участка дороги с обеспечением приемлемого состояния дорог общего пользования в период и после прохода лесовозного транспорта. Результаты данного проекта, подготовленного Сааренкетто (2005), были многообещающими, поэтому этот анализ рисков в настоящее время все более широко используется в различных проектах на территории Северной Периферии.



**Рисунок 7** Оценка структурного и функционального состояния лесных дорог в Шотландии. На приведенном профиле дороги представлены данные GPR с антенны частотой 2.1ГГц, которая позволяет измерять толщины покрытия и основания, если представляется возможным их идентифицировать. На втором поле представлены комбинированные данные грунтовых георадаров с частотой 2.1 ГГц (10 нс) и 400 МГц (10 – 50 нс). В третьем поле приведены показатели ровности IRI - средние для интервала 10 м, в четвертом поле – расстояние между воздушной антенной георадара и поверхностью покрытия, что является показателем того, как автомобиль «подпрыгивает» на неровностях дороги при движении. Большие скачки означают выбоины/большие неровности. На нижнем профиле представлены данные по толщине дорожной конструкции над земляным полотном. Слева в интерфейсе программы Road Doctor (Дорожный доктор) – цифровое видео и карта обследуемого участка.



## 5 ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ДОРОГИ И ИНСТРУМЕНТЫ МОНИТОРИНГА

“**Функциональное состояние**” дороги является комплексом нескольких отдельных элементов, влияющих на комфортность поездки, здоровье и безопасность людей, пользующихся дорогой. Кроме этого, оно оказывает влияние на транспортные затраты предприятий, стоимость продукции, а, следовательно, экономическую жизнь районов. Неудовлетворительное функциональное состояние дорог повышает расход топлива, приводит к задержкам грузов и пассажиров в пути, а, иногда, и порче и потере грузов, ущербу для транспортных средств.

Критическими параметрами, описывающими функциональное состояние дорог с низкой интенсивностью движения, имеющих твердое покрытие, являются: колеиность, коэффициент сцепления, продольная ровность, включая неровности и выбоины и широкие продольные трещины. Комфортность поездки также ухудшается из-за некачественно произведенного ямочного ремонта, волнообразного поперечного уклона, что может создавать проблемы при движении, особенно, грузовых автомобилей. Что касается гравийных дорог, то к вышеперечисленному можно добавить «эффект стиральной доски», повышенное пылеобразование, излишняя жесткость покрытия.

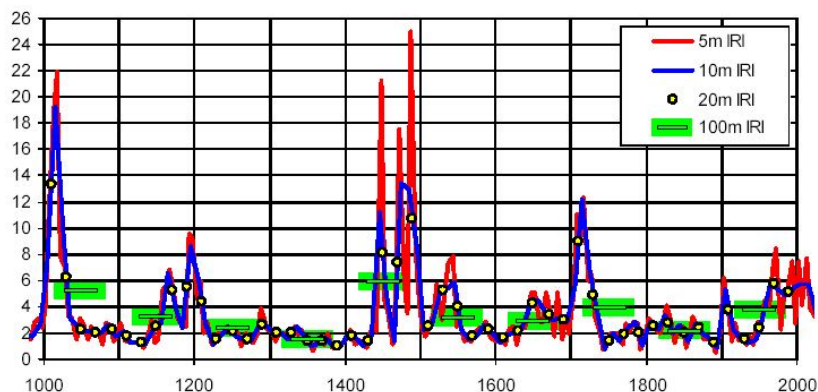
Из всех функциональных параметров состояния **колеиность** является самым значимым, поскольку напрямую влияет на безопасность. Еще один параметр, который оказывает прямое воздействие на безопасность дорожного движения – **сцепление колеса с покрытием** (сопротивление скольжению). Однако в Северных периферийных районах сцепление не было приоритетным вопросом, главным образом, по причине интенсивного использования шипованных шин. В Хайландсе, Шотландия, шипованные шины не столь распространены, поэтому требуемый коэффициент сцепления поддерживается нанесением поверхностной обработки покрытия.

Основными параметрами, влияющим на комфортность поездки и здоровье дорожных пользователей, являются показатели вертикального ускорения по результатам реальных замеров. На эти показатели влияет продольная ровность дороги. Ровность покрытия формируется различными длинами волн, поэтому скорость движения также влияет на комфортность поездки и количество вредных вибраций для человеческого тела. Высокие (неудовлетворительные) показатели ровности в основном связаны с неровностями в результате дифференциального морозного пучения, а также выбоинами и трещинами.

Наиболее распространенным параметром, применяемым для описания ровности дорог с твердым покрытием, является Международный показатель ровности (International Roughness Index, IRI). Однако последние тесты в Швеции показали, что показатели IRI могут служить не лучшими индикаторами комфортности поездки на дорогах с низкой интенсивностью движения в отличие от **вертикального ускорения**. Кроме того, на гравийных дорогах показатели IRI могут быть недостоверны при измерении лазерными сенсорами. Проект ROADDEX III сосредоточится на рассмотрении этих вопросов под руководством г-на Йохана Гранлунда.

Результаты интервью с профессиональными дорожными пользователями в рамках Фазы I ROADDEX и проекта Финской национальной дорожной администрации Finnra S14 (Лямся и Бэлт 2004) по изучению комфортности поездок, дали весьма схожие заключения, которые идут вразрез со стандартами, которым следуют дорожные администрации относительно функционального состояния дорог. В обоих изучениях был сделан вывод о том, что, с позиции дорожного пользователя, наиболее важными параметрами, характеризующими функциональность дороги с твердым покрытием, являются выбоины и неровности в результате морозного пучения.

При рассмотрении комфортности поездки, здоровья и безопасности, важным является то, что традиционно показатели колеяности и ровности определяются как средние значения для участка 100-400м. Когда эти усредненные показатели определяются для протяженных участков дорог, в большинстве случаев на участке может располагаться одна значительная неровность, в то время как ровная часть проезжей части может быть проигнорирована (см. Рисунок 8). Результаты тестов четко показывают, что в случае использования показателей ровности, усредненных по 100 м участку, практически невозможно обнаружить те ярко выраженные «хампы», которые водители тяжелых грузовых автомобилей считают абсолютно неприемлемыми.

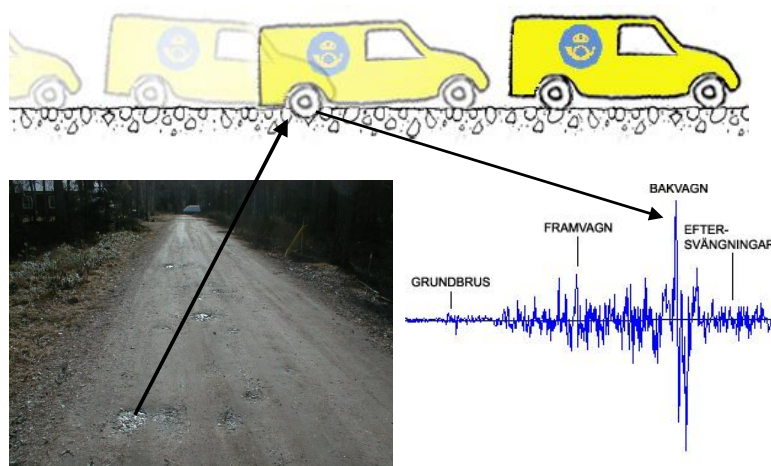


**Рисунок 8** Международные показатели ровности (IRI), измеренные на участке дороги с низкой интенсивностью движения неудовлетворительного качества, а/д 8250, участок 2 вблизи Оулу. Средние показатели ровности указаны для разных расстояний- 5м, 10м, 20м, 100м. Рисунок взят из Лямся и Бэлт 2004а.

Ровность и колеяность дорог с твердым покрытием, а также уклон поперечного профиля в основном измеряются при помощи лазерного профилометра. На дорогах с низкой интенсивностью движения могут применяться более дешевые системы, основанные на акселерометрах, установленных на задней оси транспортного средства. Акселерометры являются лучшими сенсорами для измерения ровности на гравийных дорогах. Швеция собирается осуществить идею установки акселерометров на почтовых автомобилях, которые регулярно пользуются сетью дорог с низкой интенсивностью движения (Рисунок 9). Благодаря технологии датчика в шинах новые интеллектуальные системы могут обнаруживать изменения в шине и, на основе этих изменений, рассчитывать ровность. В будущем это означает возможное использование датчиков на обыкновенных легковых автомобилях.

В настоящее время существует ряд научно-исследовательских проектов, нацеленных на разработку лазерных сканеров для подготовки 3D модели дорожного покрытия. С такими моделями станет возможным рассчитывать параметры дорожного покрытия. Кроме этого доступны такие технологии, как системы автоматического мониторинга разрушения покрытия. Разрушение покрытия, эффект стиральной доски, выбоины и пыль на гравийных дорогах традиционно оцениваются визуально из движущегося транспортного средства, однако некоторые организации начали анализировать эти показатели, используя цифровое видео, что дает более достоверные результаты с высокой повторяемостью

### Определение вибраций из-за неровностей дорожного покрытия



**Рисунок 9** Шведская система мониторинга гравийных дорог, в которой датчики акселерометра установлены на почтовых автомобилях, которые ежедневно пользуются сетью дорог. Рисунок взят из материалов Йоханссона и др., 2005.

## 6 МОНИТОРИНГ СНИЖЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Циклы замерзания-оттаивания и снижение несущей способности грунтов в период весенней распутицы признаны одной из самых сложных проблем управления состоянием дорог с низкой интенсивностью движения в зоне действия проекта ROADDEX. Основная часть разрушений дорог формируется именно в весенний период, поэтому лучшее управление данными рисками могло бы удвоить срок службы сети дорог с низкой интенсивностью движения в Северной Периферии. Предпочтительно добиться этого без введения весовых ограничений и с минимальными помехами для транспортной отрасли. Более подробно снижение несущей способности в весенний период, политики весовых ограничений и технологии мониторинга представлены в отчете ROADDEX II “Управление снижением несущей способности дорог с низкой интенсивностью движения в весенний период”, Сааренкетто и Ахо (2005).

По причине комплексности природы снижения несущей способности грунтов в весенний период существует несколько критических параметров, мониторинг которых необходимо осуществлять в рамках современной системы управления. В целом области мониторинга можно подразделить на три основных категории: а) погодные условия и температуры, влияющие на дорожные конструкции и грунты земляного полотна (циклы замерзания-оттаивания), б) содержание влаги, жесткость, риск остаточных деформаций и с) информация о тяжелом грузовом транспорте. В оптимальной системе должен осуществляться мониторинг всех вышеупомянутых параметров.

**Глубина промерзания и температура грунта** – наиболее часто используемые метеорологические параметры, применяемые для оценки того, в каком состоянии находятся материалы – оттаявшем или замерзшем. Результаты проекта ROADDEX II показали, что **суточная величина осадков** также важна, особенно в Шотландии, для мониторинга риска разрушения дороги после циклов замерзания/оттаивания. **Выпотевание** также может стать важным показателем в будущем, особенно для гравийных дорог.

Вторая категория включает «инженерные параметры», из которых главным является **объемное содержание влаги** (свободная вода) в дорожных материалах и грунтах земляного полотна. Наилучшим показателем, описывающим объемное содержание влаги, является **показатель диэлектрической проницаемости**. Также важными параметрами, которые, однако, сложно и дорого мониторить, - прочность дорожной конструкции и грунтов земляного полотна (**модуль или калифорнийский показатель несущей способности - CBR**) и такие показатели как **электропроводность**, которая может быть использована для

оценки риска остаточных деформаций. Изменение отметок дорожного покрытия под влиянием морозного пучения и осадки в период оттаивания также могут применяться в качестве полезного показателя.

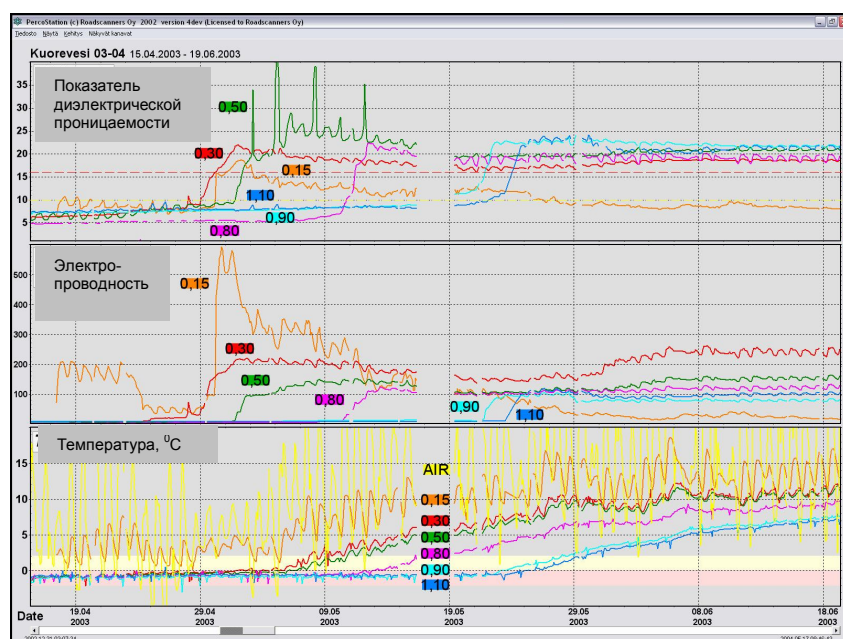
Третья категория параметров, представляющих данные о тяжелом грузовом транспорте, включает **осевые нагрузки** и **общий вес** грузовых автомобилей. Результаты проекта ROADX II показывают, что критическим вопросом обсуждений в целях предотвращения разрушений дорожных конструкций в весенний период являются временные интервалы между прохождениями грузовых автомобилей и последующие за этим периоды **восстановления дороги**. Интересная идея осуществлять мониторинг несущей способности дороги в период весенней распутицы - измерять **сопротивление качению** грузового автомобиля, что возможно сделать при помощи современных компьютеров, установленных на автомобилях и измеряющих расход топлива, и сенсорной системы пневморессор (Air Spring Weigh Sensor System), измеряющей нагрузку от грузового автомобиля. На ослабленных грунтах сопротивление качению выше, благодаря большому изгибу под колесами автомобиля, и сравнение данных, полученных летом, на более прочных основаниях, с этими данными предоставляет необходимую информацию об областях риска.

Из всех методов мониторинга снижения несущей способности в весенний период наиболее популярным является **Визуальное инспектирование дорог**. Однако этот метод весьма субъективен, и из всех стран-партнеров ROADX только Финляндия системно подходит к визуальному мониторингу разрушений и повреждений дорог в весенний период и хранит эту информацию в базе данных.

Еще одной областью интереса является мониторинг глубины промерзания. В 1980-е и ранние 1990-е мониторинг глубины промерзания грунтов осуществлялся во многих странах при помощи т.н. "**трубки Гандаля**", устанавливаемой на дороге, или, как это делается в Финляндии, на парковках с твердым покрытием, расположенных на базах дорожного содержания. Однако этот и другой типы трубок быстро ломались, и сбор данных представлял собой трудоемкий процесс, поэтому в настоящее время такой метод не применяется столь широко. Если целью является мониторинг того, в замерзшем ли состоянии находятся материалы дорожной конструкции и грунты земляного полотна, лучшим методом является установка **температурных датчиков** в покрытии и грунтах земляного полотна. Также используются датчики, которые измеряют **электрическую проводимость или удельное сопротивление**. Этот метод основан на том, что при замерзании грунты становятся электрически сопротивляемыми.

Диэлектрический показатель можно измерять при помощи динамического рефлектометра-уровнемера (**Time Domain Reflectomete**) или проб, которые позволяют обнаруживать изменения в емкостном сопротивлении (**electrical capacitance**). Мониторинг показателя диэлектрической проницаемости материалов также можно осуществлять при помощи грунтового пенетрационного радара (**георадара** - GPR). Наилучшие результаты гарантированы, если одновременно выполняется мониторинг сразу нескольких параметров. На тестовых площадках ROADEX II для одновременного измерения показателя диэлектрической проницаемости и температуры материала применялась **Перкостанция (Percostation)** (см. Рисунок 10).

Прочность дорожной конструкции и несущая способность грунтов земляного полотна в период весенней распутицы можно оценивать при помощи **Дефлектометра падающего груза (FWD, российский аналог - УДН)** или **Динамического конического пенетрометра (DCP)**. Результаты измерений с FWD (УДН), особенно в случае сбора данных при разных уровнях нагрузки, в рамках испытаний проекта ROADEX II были весьма достоверны. Метод DCP также обладает хорошим потенциалом применения, поскольку он недорог и прост в использовании, позволяет получать данные по прочности конструкций и информацию о глубине морозного пучения (Сааренкетто и Ахо 2005, Ахо и др. 2005).



**Рисунок 10** Результаты мониторинга с Перкостанции Куоревеси в период весенней распутицы 2003 г. Разным цветом выделены показания датчиков, расположенных на различных глубинах

## 7 МОНИТОРИНГ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

Мониторинг управления грузоперевозками с использованием сенсорных технологий и современных беспроводных коммуникаций стремительно развивается в последние годы. Новые системы управления грузоперевозками применяются в Центральной Европе (Конуэй и Уолтон 2005), однако эти технологии также имеют потенциал использования при управлении грузоперевозками и нагрузками также и в районах Северной Периферии.

Существует ряд протестированных технологий, которые можно использовать в системах взвешивания в процессе движения (WIM) на дорогах с низкой интенсивностью движения. Среди стран-партнеров ROADEX II только Швеция провела масштабные испытания систем WIM, и в настоящее время применяет систему SiWIM в повседневной деятельности (Публикация Дорожной администрации VV Publ 2003:165, Сааренкетто и Ахо 2005). Наиболее широко используемые сенсоры WIM основаны на технологиях изогнутых балок, пьезоэлектрических датчиков и отдельных датчиков нагрузки. Кроме этого были разработаны новые датчики, наибольшим потенциалом из которых обладают кварцевые и оптоволоконные датчики (Конуэй и Уолтон 2005).

Системы автоматической идентификации транспортных средств (AVI) также были разработаны в последние годы, главным образом по причине применения пошлин на наиболее загруженных автомагистралях Германии и Швейцарии. 1 января 2005г. Германия перешла на систему сбора пошлин с использованием GPS. Перевозчики, применявшие автоматические системы, должны были оборудовать свои грузовые автомобили системой OBU – бесплатной версией от Toll Collect. После установки системы, она, применяя технологии GPS, обнаруживает грузовые автомобили на платных дорогах и рассчитывает пройденное расстояние (Конуэй и Уолтон 2005).

Из всех систем удаленного и бортового мониторинга, пожалуй, наиболее многообещающими для дорог с низкой интенсивностью движения является сочетание систем управления грузоперевозками с системой мониторинга веса грузового автомобиля с использованием датчиков пневматического взвешивания и системы центрального накачивания шин (СТИ), которая позволяет осуществлять мониторинг давления в шинах. При соединении этих систем с автоматической системой идентификации транспортных средств, дорожные пользователи и владельцы дорог могут наблюдать за грузами и нагрузками в режиме реального времени, что делает эту систему бесценной в период весеннего снижения несущей способности дорог (Сааренкетто и Ахо 2005).

## 8 ФОКУСИРОВАНИЕ НА ПОТРЕБНОСТЯХ ДОРОЖНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Потребности дорожных пользователей оказывают все большее влияние на управление состоянием дорог с низкой интенсивностью движения. Эти потребности можно условно подразделить на следующие три основные категории:

- a) безопасность,
- b) доступность и
- c) особые (структурные и функциональные) проблемы.

Естественно, безопасность является первоочередным вопросом для пользователей дорог с низкой интенсивностью движения. Согласно изучению потребностей дорожных пользователей в рамках проекта ROADDEX (Сааренкетто и Саари 2004), главную озабоченность пользователей дорог в Северной Периферии вызывали проблемы обеспечения безопасности дорожного движения, связанные с неудовлетворительными стандартами зимнего содержания и качеством выполнения работ, однако в Норвегии к этому можно добавить риск схода лавин. Наихудшие сценарии безопасности были получены для дорог, где неудовлетворительные дорожные условия в зимний период сочетались на ряде участков с другими недостатками, например, неровностями в результате морозного пучения, большими продольными уклонами, крутыми откосами или кривыми малого радиуса.

Вслед за «безопасностью дорожного движения» следующими по приоритетности являются «доступность» и «регулярность». В Северной Периферии проблемы доступности дорог с низкой интенсивностью движения в основном связаны с зимним содержанием дорог, когда снегопады или сходы лавин блокируют трассы. Доступность также может ограничиваться в период весеннего снижения несущей способности дороги, особенно на гравийных дорогах Скандинавии. Эрозия после сильных ливней и в результате выхода рек из берегов также создает серьезные проблемы для проезда. Все это можно оценить в рамках анализа рисков перед подготовкой стандартов содержания для политики закупок в дорожном секторе.

После того, как основная доля ресурсов направлена на обеспечение безопасности дорожного движения и доступности, оставшаяся для управления дорогами с низкой интенсивностью движения часть ресурсов должна быть адресована конкретным специфическим проблемам той или иной дороги. Эти проблемы могут быть как структурными, так и функциональными. В целях обеспечения лучшего вложения инвестиций эти мероприятия необходимо сосредоточить на тех участках, которые создают наибольшие проблемы для пользователей дорог. Изучения потребностей дорожных пользователей ROADDEX (Сааренкетто и Саари 2004) наряду с другими исследованиями комфорта

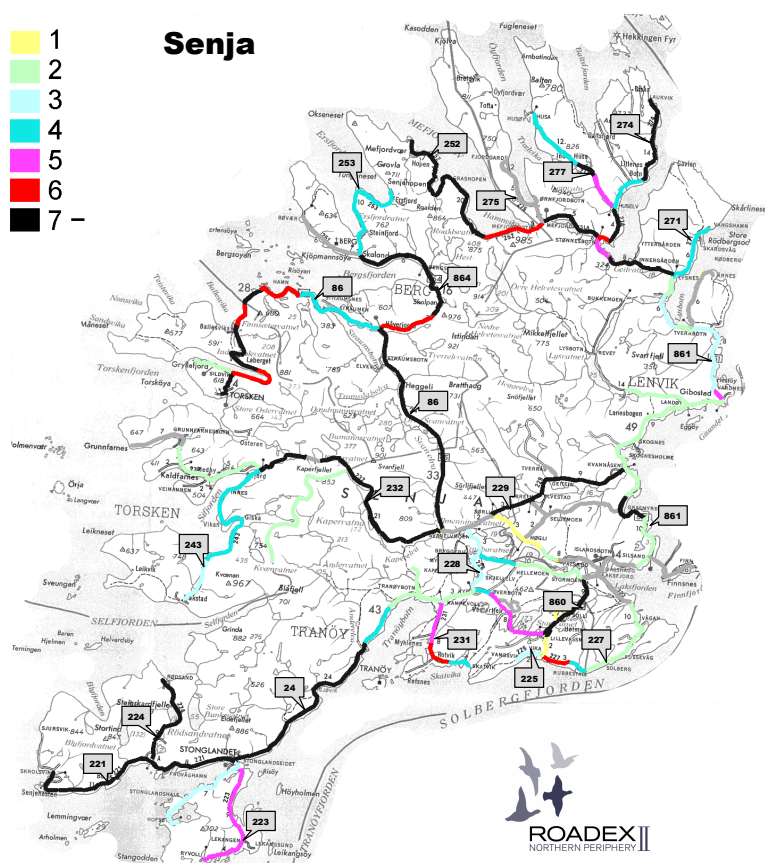


поездки на дорогах с низкой интенсивностью движения показали, что наибольший дискомфорт дорожным пользователям доставляют неровности и выбоины.

В предложении по совершенствованию политики для дорог с низкой интенсивностью движения ROADEX II (Йоханссон и др. 2005) информация, собранная у пользователей дорог играет важную роль в определении уровня сервиса и показателей вмешательства при разработке политики заключения контрактов по содержанию (политика закупок). В данном предложении вначале изучаются интересы дорожных пользователей путем оценки транспортных потребностей людей и бизнеса. Результаты изучения в комбинации с оценкой жизненного цикла дороги и уязвимости каждой территории применяются при расчете «Индекса транспортных потребностей».

Учет мнений дорожных пользователей и обратная связь с клиентами – чрезвычайно важный аспект успешного управления состоянием дорог с низкой интенсивностью движения. Интервью с дорожными пользователями в рамках проекта ROADEX четко показало, что когда дорожные пользователи чувствуют, что их мнение важно и учтено при управлении состоянием дорог, их рейтинг специфических проблем становится все более положительным, нежели ожидалось. Хорошая система обратной связи необходима для улучшения политики заключения контрактов (закупки), а также совершенствования стандартов, применяемых в системах бонусов контрактов по содержанию дорог, которые основываются на уровне удовлетворения потребностей пользователей.

Традиционно мониторинг потребностей и мнений дорожных пользователей относительно состояния дорог осуществлялся в форме периодически проводимых опросов и интервью. Опросы, однако, предоставляют информацию об общих трендах во мнениях дорожных пользователей, а не детальную информацию, необходимую для оценки потребностей на проектном уровне. Тем не менее, в рамках Фазы I проекта ROADEX II было проведено изучение мнений пользователей (Сааренкетто и Саари 2004), в результате которого была получена полезная информация о местоположении на карте участков, которые дорожные пользователи охарактеризовали как проблемные или состоянием которых они не были удовлетворены. В этом изучении дорожные пользователи могли указать проблемные участки на карте и дать письменные комментарии по проблемам. На Рисунке 11 приведен пример такой карты (остров Сенья, Норвегия), где дорожные пользователи указали участки дорог с неудовлетворительным состоянием в летний период.



**Рисунок 11** Мнения профессиональных пользователей дорог о местоположении проблемных участков дорог летом, остров Сенья, Норвегия (Сааренкетто и Саари 2004).

Тем не менее, эти виды опросов стоят слишком дорого, чтобы проводить их для указанных целей в одиночку. Для того, чтобы распределить затраты, эти опросы следует совместить с изучением уровня удовлетворенности потребителей, используемых для присуждения бонусов по результатам работы региональных подрядчиков по дорожному содержанию. Финская дорожная администрация недавно разработала и протестировала в пяти районах региональные исследования уровня удовлетворенности потребителей дорожных услуг (Сарккинен и др. 2004).

## 9 ФОКУСИРОВАНИЕ МЕР «ПО МЕСТУ»

Учитывая ограниченность ресурсов, выделяемых на управление состоянием дорог с низкой интенсивностью движения в Северной Периферии, одним из ключевых принципов улучшения состояния дорожной сети является сосредоточение мер по содержанию и укреплению только на тех участках, где это необходимо в первую очередь. Современные технологии позиционирования и информационные системы, а также развитие автоматизированной дорожно-строительной техники и оборудования с возможностями обработки больших объемов данных позволяет инженерам точно сфокусироваться на участках дорог, которые нуждаются в лучшем содержании или восстановлении, и определить оптимальные меры для таких участков. В случае потребности в улучшении систем необходимы кардинальные изменения мышления с уходом от существующей философии использования участков протяженностью 20-100 м к модулям протяженностью 1-10 м.

В целях создания системы, более сфокусированной на конкретных участках, необходимо усовершенствовать весь процесс управления состоянием дорог до уровня, когда может обрабатываться более точная и детальная информация. Например, не имеет смысла продолжать использовать системы проектирования для участков протяженностью 20м, в то время как GPR может обеспечивать данные с 1м точностью. Ниже приведены ключевые факторы и модули, позволяющие лучше сфокусироваться:

### Система дорожной привязки, дорожные регистры

Хотя GPS (Система глобального позиционирования) и будет в будущем ключевым компонентом, и почти вся информация о позиционировании будет основана на координатах GPS, всегда будет существовать потребность в системах дорожной привязки (также известной как дорожные регистры), где дорожная сеть подразделена на дороги, которые в свою очередь, подразделяются на участки, подучастки и полосы. Эти системы применяют особую систему адресации, которая также имеет координаты GPS, к которым можно привязать все цифровые данные, собранные на дороге. Более того, если выполняется поиск информации в системе, можно воспользоваться как дорожным адресом, так и координатами. При передаче специфической дорожной информации пользователям, эта информация будет привязана к системе дорожной привязки.

### Системы обследования и мониторинга дорог

Ключевым вопросом при движении в направлении систем сфокусированного содержания и восстановления дорог является поиск систем обследования дорог, которые могут собирать и хранить данные о состоянии дорог с малыми интервалами расстояния и с использованием точных систем позиционирования. В этих исследованиях ключевыми инструментами

являются системы GPR (георадары), профилометры и цифровые видеоустройства. В будущем также может проводиться автоматизированный анализ дефектов/разрушений дорожной конструкции и измерения прогиба в движении, что полезно при сборе данных. В настоящее время также разрабатываются лазерные сканеры, воспроизводящие форму поверхности дороги. Они обещают стать надежными помощниками на дорогах с низкой интенсивностью движения из-за экономичности.

#### Хранение данных

У владельцев дорог должны быть новые виды систем хранения данных, которые позволяют хранить собранные данные всех типов и форматов с обеспечением оригинального уровня точности и качества. Традиционные Системы Управления Покрытиями (PMS), созданные для работы с данными на национальном уровне, здесь не подходят. Новые системы баз данных, основанных на модулях, позволяют хранить большие файлы данных в отдельном модуле, откуда их можно в любой момент разархивировать и проанализировать. В будущем эти системы не будут эксплуатироваться владельцами дорог: дорожные организации будут приобретать эти услуги от специализированных поставщиков услуг. Тем не менее, опыт многих стран показал, что владельцам дорог важно сохранить право владения всеми данными, которые хранятся в этих системах.

#### Программное обеспечение и форматы данных

Чтобы иметь возможность анализировать собранные дорожные данные, необходимо программное обеспечение, способное «читать» разные типы и форматы данных из различных баз и хранилищ, обрабатывать их и анализировать на основе интеграции таким образом, чтобы инженеры и подрядчики могли легко оценить состояние и проблемы каждого участка дороги. Поскольку данные также будут загружаться и использоваться в системах проектирования дорог, а в ближайшем будущем еще и применяться в автоматизированной дорожной технике непосредственно в поле, все программное обеспечение должно обеспечивать открытый и стандартизированный формат передачи данных. В настоящее время в Норвегии и Финляндии идет разработка новых модельных проектов инфрапродуктов, которые, вероятно, решат эти задачи.

#### Системы позиционирования/привязки

Исключительно важным моментом сфокусированных дорожных мер являются системы позиционирования и привязки, которые были бы общедоступны и точны настолько, чтобы каждый, кто принимает участие в процессе, мог работать в общей системе и легко проверять местоположение. Наглядным примером в этом случае является пример Финляндии, где одной из главных причин разрушений отремонтированных после весенней распутицы

участков было то, что подрядчик произвел ремонт не в том месте по причине плохого позиционирования и привязки.

В целом системы позиционирования для мониторинга состояния, проектирования, содержания и капитального ремонта дорог с низкой интенсивностью движения можно подразделить на четыре класса:

1. Системы позиционирования, основанные на расстоянии, измеренном до известного объекта привязки (DMI, счетчик ежедневного пробега)
2. Системы позиционирования, основанные на тахометрах (оптические системы)
3. Системы позиционирования, основанные на привязке данных с цифровых фотографий или видео при полевых обследованиях
4. Беспроводные электронные системы позиционирования типа GPS

Будущее систем позиционирования определенно будет связано с беспроводными электронными системами позиционирования, однако лучшими системами будут те, которые будут применять более одной из вышеперечисленных технологий. Отчет по мониторингу ROADEX II (Сааренкетто 2005) дает более подробное описание этих технологий позиционирования и тренды будущего.

## 10 СОЗДАНИЕ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

При проектировании систем мониторинга, нацеленных на улучшение управления состоянием дорог с низкой интенсивностью движения, существует ряд факторов, которые необходимо принимать во внимание. Во-первых, это определение проблемы, т.е. какой **вид проблемы** подлежит решению/мониторингу. На дорогах с низкой интенсивностью движения такими проблемами могут быть:

- a) мониторинг функционального состояния дороги, включая параметры зимнего содержания,
- b) мониторинг структурного состояния дороги,
- c) мониторинг снижения несущей способности дороги в весенний период или при циклах замерзания/оттаивания,
- d) мониторинг транспортных средств, их скорости, осевых нагрузок и суммарного веса,
- e) мониторинг потребностей дорожных пользователей или
- f) мониторинг обеспечения качества работ подрядчиков

Качественная система управления состоянием дорог с низкой интенсивностью движения должна осуществлять мониторинг всех вышеупомянутых параметров.

- a) Тип и количество датчиков,
- b) Местоположение установки датчиков,
- c) Плотность сбора данных,
- d) Позиционирование (особенно в случае движущихся ТС),
- e) Передача данных,
- f) Хранение и обработка данных,
- g) Реализация системы данных и принятия решений,
- h) Информационная система.

По выявлении проблемы и выбора места для установки датчиков, можно определить их тип. Датчики могут устанавливаться:

- a) в дорожной конструкции, покрытии
- b) на мостах
- c) на легковых или грузовых автомобилях
- d) воздушных судах или спутниках
- e) датчик также может быть переносным

Кроме этого, недавно появилась инновационная идея установки датчиков на колесах автомобилей, которые находятся в непосредственном и постоянном контакте с покрытием.

Выборка данных и интервал сбора данных могут основываться либо на протяженности, либо на времени, в зависимости от того, установлены ли датчики статично или на движущемся объекте (например, автомобиле). Забегая в будущее можно сказать, что плотность сбора данных будет еще выше.

Надежная и достоверная система позиционирования – ключевой компонент успешной системы мониторинга. В случае стационарной системы мониторинга это не столь критично, однако в случае передвижных систем точность данных позиционирования должна быть высокой. В хорошо спроектированной системе это достигается за счет использования двойных или тройных систем, что означает позиционирование собранных данных с использованием, например, данных GPS, данных DMI (инструмент измерения расстояний или счетчик ежедневного пробега) и данных цифровой видеосъемки.

Технологии передачи данных зависят, в основном, от того, какова потребность в получении данных для немедленного анализа. Системы стационарных датчиков могут посылать данные

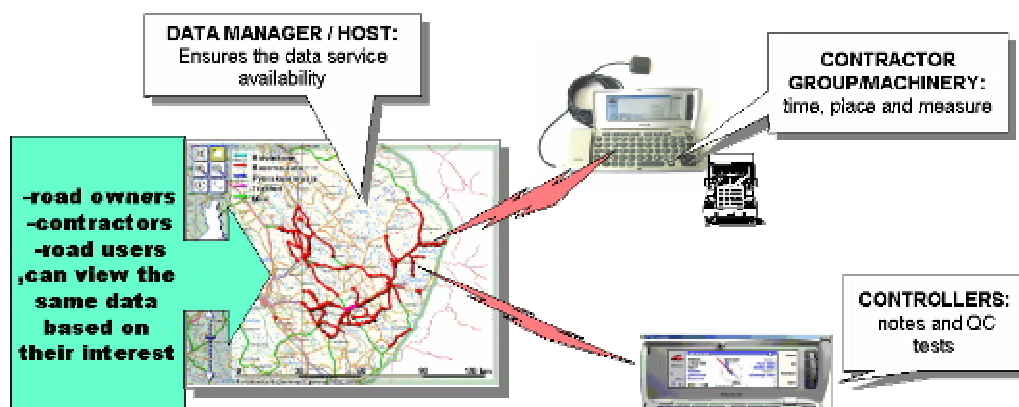
по линиям телефонной связи или через модемы GSM/GPRS. В случае установки датчиков на мобильной платформе (автомобиль) чаще всего запись данных обследований ведется на жесткие диски с последующей загрузкой в базу по возвращении в офис. В случаях, когда датчики используются для руководства действиями по зимнему содержанию, в будущем они будут передаваться в мониторинговые центры только, когда по результатам измерений будут получены предельные показатели (когда требуется какое-либо вмешательство дорожников). Аналогичным образом, если осуществляется мониторинг веса грузового автомобиля с использованием систем типа ASSWS, система всегда определяет нагрузку грузового автомобиля в момент остановки и направляет эти данные вместе с информацией по позиционированию.

Все данные, собранные в полевых условиях, должны быть четко организованы. Особенно это актуально при сборе функциональных и структурных данных. Национальные системы управления покрытиями (PMS) в каждой стране Европейской Периферии обладают соответствующей системой хранения данных, однако эти данные зачастую не подходят для подготовки и реализации глубоко сфокусированных мер на дорогах с низкой интенсивностью движения.

В будущем системы мониторинга будут неэффективны, если за ними не последуют системы эффективного принятия решений. Это может оказаться наиболее «уязвимой» частью всего процесса. В администрациях процесс принятия решений может потребовать проведения ряда встреч, законодательство может потребовать более одной подписи под документом, для чего также необходимо время. Однако эффективность таких систем часто зависит от того, как быстро принимаются решения, что в конечном итоге может спасти жизни дорожных пользователей, поэтому данный вопрос должен быть тщательно изучен, а процесс принятия решений пересмотрен.

Ключевым аспектом хорошо функционирующей системы является распространение информации и решений относительно результатов мониторинга или мер по содержанию дорог среди заинтересованных сторон. Традиционные информационные системы использовали письма, факсы, газеты, радио и телевидение, в то время как современные информационные и коммуникационные технологии обеспечили инновации для более усовершенствованных систем. В будущем будет два важных источника информации – Интернет и беспроводные коммуникационные системы, созданные для передачи информации от и к пользователям, подрядчикам по содержанию и владельцам дорог. На Рисунке 12 приведен пример такой системы, которая уже используется в Финляндии для мониторинга мероприятий по содержанию дорог.

Что касается дорог с низкой интенсивностью движения, то системы, спроектированные для предупреждения водителей о наличии пробок, также будут применяться для предупреждения о сложных условиях движения в зимний период на определенных участках сети, о сходах лавин или даже об опасных дорожных неровностях. В весенний период могут отображаться дороги с весовыми ограничениями или участки, на которых использование технологий СТИ (компьютерная телефония) является обязательным.



**Рисунок 12** Описание информационных систем, используемых в рамках контрактов по дорожному содержанию Финской национальной администрацией. Система включает Интернет систему базы данных ГИС, обслуживаемую провайдером услуг по управлению данными. Подрядчики информируют менеджера данных обо всех предпринимаемых ими действиях по беспроводным связям, после чего владелец дороги может ознакомиться с ними. Кроме этого, контролеры могут проверить на месте, качественно ли выполнены работы. Дорожные пользователи также могут просмотреть часть данных. Рисунок модифицирован из слайда, предоставленного Марку Терво, 2005.

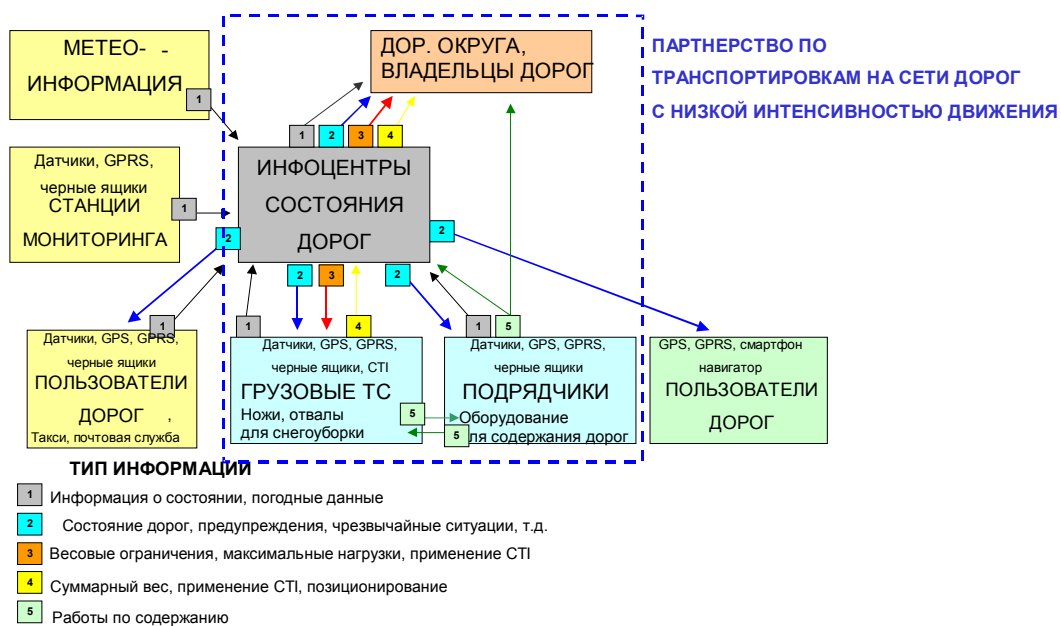


## 12 Резюме

В данном отчете представлены существующие и перспективные технологии и идеи для построения систем мониторинга состояния дорог, которые могли бы использоваться для дорог с низкой интенсивностью движения в Северной Периферии. Основное преимущество таких систем в том, что они позволяют владельцам дорог и/или подрядчикам сфокусировать меры по содержанию и восстановлению (капитальному ремонту) на конкретном участке дорог, действуя своевременно и выбирая оптимальные меры для того или иного участка. В данном отчете представлены новые идеи и инновационные подходы для решения или минимизации ряда проблем управления дорогами с низкой интенсивностью движения, выявленных в рамках проекта ROADDEX.

Эти новые технологии могут применяться в следующих ключевых областях: улучшение водоотвода, структурного состояния дорог, функционального состояния дорожной сети, совершенствование управления грузоперевозками, управление несущей способностью в весенний период, повышение качества зимнего содержания, содержания гравийных дорог, а также расширение возможностей пользователей дорог участвовать в процессе управления состоянием дорожной сети.

В рамках Фаз 1 и 2 проекта ROADDEX II было собрано множество полезной базовой информации, которую можно непосредственно использовать в целях совершенствования управления состоянием дорог, и такая информация, при использовании ее вместе с современными сенсорными и коммуникационными технологиями, предоставляет совершенно новые возможности для улучшения состояния дорог с низкой интенсивностью движения. В будущем деятельность по мониторингу состояния дорог сместится со сбора данных специализированными транспортными средствами в сторону системы, когда обычные автомобили – пользователи сети дорог с низкой интенсивностью движения – будут использоваться в качестве передвижных платформ для установки датчиков. В этом случае появляется возможность охвата мониторингом большей территории при меньших затратах и большей плотности данных. На Рисунке 13 приведено будущее мониторинга состояния и управления дорог с низкой интенсивностью движения на территориях Северной Периферии.



**Рисунок 13** Будущее мониторинга состояния и управления дорог с низкой интенсивностью движения на территориях Северной Периферии

## Список использованных источников

1. Ахо С., Сааренкето Т., Бернтсен Г., Доусон А., Колисойя П., Мунро Р. (2005). Структурные инновации. Отчет ROADEX II. [www.roadex.org](http://www.roadex.org)
2. Бернтсен Г. и Сааренкето Т. (2005). Обеспечение водоотвода на дорогах с низкой интенсивностью движения. Отчет ROADEX II. [www.roadex.org](http://www.roadex.org)
3. Публикация Шведской дорожной администрации: BWIM-mätningar 2002 och 2003. Slutrapport. VVPublikationer 2003:165: на шведском языке.
4. Конузэй А., Уолтон К.М. 2005. Потенциальное применение технологий ITS для совершенствования коммерческих грузоперевозок, контроля соблюдения и мониторинга. TRB2005 Annual Meeting Cdrom.
5. Проект COST 325 project (1997) Новое оборудование и методы мониторинга. Заключительный отчет. Транспортное исследование. Транспортный директорат Европейской Комиссии, 225 стр.
6. Доусон А., Колисойя П. Остаточные деформации. Отчет проекта ROADEX II по Задаче 2\_1. [www.roadex.org](http://www.roadex.org)
7. Йоханссон С., Косонен С., Матисен И., Маккалок Ф., Сааренкето Т. 2005. Политики управления дорогами с низкой интенсивностью движения – ряд предложений. Отчет ROADEX II [www.roadex.org](http://www.roadex.org)
8. Лямся В.П., Бэлт Й. 2004а. Routaheittotutkimus. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 32/2004 (на финском языке)
9. Нorem Х. 2001. Практика зимнего содержания дорог в Северной Периферии. Отчет ROADEX I. [www.roadex.org](http://www.roadex.org)
10. Проект ROADEX 1998-2001. Северная Периферия. Диск CD-ROM
11. Сааренкето Т. 2005. Системы мониторинга, коммуникационные и информационные системы и инструменты фокусирования действий. Отчет ROADEX II. [www.roadex.org](http://www.roadex.org)
12. Сааренкето Т., Сари Й. 2004. Пользовательские перспективы в отношении уровней сервиса на сети дорог в тестируемых районах ROADEX II. Отчет ROADEX II. [www.roadex.org](http://www.roadex.org)
13. Сааренкето Т., Ахо С. (2005). Управление несущей способностью в период весенней распутицы на дорогах с низкой интенсивностью движения. Отчет ROADEX II. [www.roadex.org](http://www.roadex.org)
14. Сарккинен А., Перяля Т., Тайнио С. 2004. Определение бонусов в рамках региональных дорожных подрядов по содержанию на основе удовлетворенности пользователей. Финская Дорожная Администрация. Отчеты Finra 49/2004, (резюме на английском языке)