



**01/2010/034/КО243**

*Barents Low Volume Road Management -project*

**Проект «УПРАВЛЕНИЕ ДОРОГАМИ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ В БАРЕНЦ  
РЕГИОНЕ»**

**Аналитический отчет**

**по результатам проведения обучающего семинара в Рованиеми  
“УПРАВЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМ ГРУЗОВЫМ ДВИЖЕНИЕМ И СОСТОЯНИЕМ ДОРОГ С НИЗКОЙ  
ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ”  
для российских дорожных инженеров**

|   |   |
|---|---|
| <b>Место проведения мероприятия</b>       | Отель «Санта Клаус»,<br>Адрес: KORKALONKATU 29, FI-96200, Рованиеми, Финляндия  |
| <b>Дата</b>                               | 24.04.2012 (теоретическая часть)  |
| <b>Темы обучающего курса:</b>             | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Результаты изучения в Лапландии: а/д HW4</li><li>2. Влияние транспортных осевых нагрузок, типов шин и уровня давления воздуха в шинах на транспортно-эксплуатационные характеристики дорог</li><li>3. Результаты изучения в Архангельской области: а/д дорога «Архангельск-Онега»</li><li>4. О чем могут рассказать георадарные обследования и анализ состояния дорожного водоотвода? Опыт Мурманской области</li><li>5. Строительство автомобильных дорог на слабых грунтах. Опыт ROADDEX.</li><li>6. Эффективность стабилизации покрытий гравийных дорог известью. Опыт Архангельской области</li><li>7. Состояние дорог как фактор риска для здоровья пользователей</li></ol> |
| <b>Тренеры</b>                            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Тимо Сааренкето, доктор наук, директор компании Roadscanners Oy</li><li>• Петри Варин, консультант, Roadscanners Oy</li><li>• Рон Манро, директор Munroconsulting Ltd.</li><li>• Йохан Гранлунд, ведущий специалист по технологиям, Vectura</li></ul>   |
| <b>Модератор</b>                          | Елена Сваткова – лидирующий партнер проекта BLVRM, директор ООО «АвтоДорожный Консалтинг»   |
| <b>Слушатели курса</b>                    | Группа дорожных специалистов из Архангельской, Мурманской областей, республики Карелия, а также представители дорожных и транспортных администраций Финляндии, Швеции, Шотландии.<br>Перечень слушателей приведен в <b>Приложении А.</b>  |
| <b>Материалы отчетности о мероприятии</b> | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Фотоотчеты теоретической и практической частей семинара</li><li>2. Информационный материал по результатам семинара структурирован в соответствии со Схемой 1.</li></ol>  |

## Содержание

|  |           |
|--|-----------|
| <b><u>1 ФОТООТЧЕТ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧАЮЩЕГО СЕМИНАРА ДЛЯ РОССИЙСКИХ ДОРОЖНЫХ ИНЖЕНЕРОВ В РОВАНИЕМИ</u></b> .....   | <b>3</b>  |
| <b><u>2 РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СЕМИНАРА</u></b> .....  | <b>4</b>  |
| <b><u>А. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ПРОЕКТА ROADEx ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОРОГ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ</u></b> ..... | <b>5</b>  |
| <b><u>В. ОБОБЩЕННЫЕ ВЫВОДЫ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МОДЕЛИ ПО ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛОГО ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА НА КОНСТРУКЦИЮ РОССИЙСКИХ ДОРОГ</u></b> .....                                  | <b>6</b>  |
| <b><u>3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СЕМИНАРА (26.04.2012Г.)</u></b> .....   | <b>34</b> |
| <b><u>А. Использование оборудования по диагностике скрытых проблем дорог</u></b> .....   | <b>34</b> |
| <b><u>В. Осмотр дорог и выявление причин образования дорожных дефектов</u></b> .....   | <b>35</b> |
| Проведение визуального осмотра дорог и анализа данных для выявления причин дорожных проблем .....  | 35        |
| Классификация весенних проблем дорог .....   | 35        |
| Расчеты несущей способности дорог .....  | 39        |
| Устранение остаточных деформаций дороги .....  | 41        |
| Влияние интенсивности движения на возникновение деформаций .....   | 42        |
| Специфика деформаций дорог, построенных на торфах, и меры по минимизации рисков деформаций.....  | 42        |
| Управление геотехническими рисками.....  | 43        |
| <b><u>С. Использование системы контроля давления воздуха в шинах тяжелых грузовых транспортных средств</u></b> .....   | <b>45</b> |
| История вопроса «Контроль давления воздуха в шинах тяжелых грузовых автомобилей для снижения фактора разрушения дорог .....  | 45        |
| <b><u>С. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СОСТОЯНИЯ РОССИЙСКИХ ДОРОГ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ</u></b> .....  | <b>47</b> |
| <b>Справка 1 Острая потребность в инженерах</b> .....  | <b>54</b> |
| <b><u>СТРУКТУРА ПРИЛОЖЕНИЙ К АНАЛИТИЧЕСКОМУ ОТЧЕТУ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА «УПРАВЛЕНИЕ ДОРОГАМИ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ В БАРЕНЦ РЕГИОНЕ», КО 243</u></b> .....        | <b>56</b> |

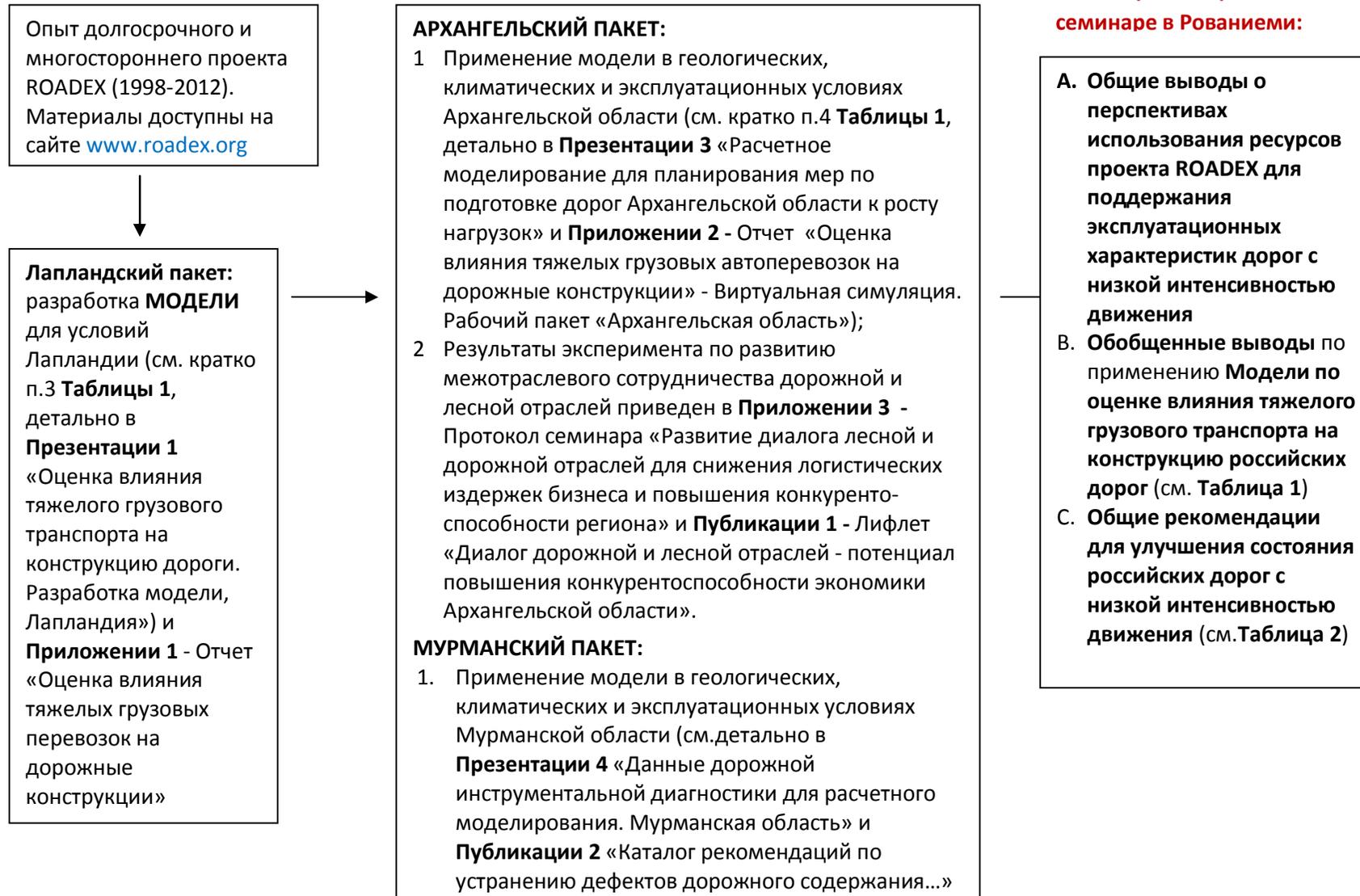
## 1 Фотоотчет по результатам обучающего семинара для российских дорожных инженеров в Рованиеми



**Фото 1-8** представляют эпизоды работы обучающего семинара «Управление тяжелым грузовым движением и состоянием дорог с низкой интенсивностью движения» в конференц-зале отеля «Санта Клаус», Рованиеми, Финляндия, 24.04.2012г.

## 2 Результаты теоретической части Семинара

Цель семинара – Представление обобщенных результатов работы подрядчиков по выполнению двух рабочих пакетов Проекта в Архангельской и Мурманской областях (Россия). В основе выполнения работ по архангельскому и мурманскому пакетам использована **модель расчета необходимых улучшений существующих дорог с низкой интенсивностью движения для подготовки их к эксплуатации более тяжелыми грузовыми транспортными средствами** - результат рабочего пакета, реализованного ранее в Лапландии (представлен на семинаре в Мурманске, 2011) с использованием выводов проекта ROADEX. Технологическая взаимосвязь рабочих пакетов Проекта представлена на **Схеме 1**.



## **А. Общие выводы о перспективах использования ресурсов проекта ROADEX для поддержания эксплуатационных характеристик дорог с низкой интенсивностью движения**

Характеристика ситуации, типичная для всех северных стран:

- Сегодня за те же деньги можно построить в два раза меньше, чем 10 лет назад. Рост себестоимости километра дороги обусловлен, прежде всего, таким естественным фактором, как рост цен на нефть (битумные вяжущие, топливо для дорожной техники).
- Естественное следствие - увеличение протяженности дорог с неудовлетворительным состоянием в составе сетей.
- Дефицит финансирования ведет к концентрации ресурсов на главных дорогах, что означает еще более существенное снижение содержания второстепенных дорог, что ведет к их ускоренному разрушению. Логичное следствие хронической нехватки содержания - ухудшение эксплуатационных характеристик и условий движения на всей дорожной сети.
- Мосты - объекты особого риска, их старение повышает риск потери связности сети.
- Факт, который следует реалистично принять - в дорожной отрасли в обозримом будущем увеличения финансовых ресурсов не ожидается.
- Единственный выход для поддержания эксплуатационных характеристик самой «дискриминируемой части дорожной сети» - дорог с низкой интенсивностью - использовать технологические ресурсы, накопленные в процессе многолетнего сотрудничества ROADEX для того, чтобы технологиями компенсировать дефицит средств дорожной отрасли. Формально проект ROADEX, стаж которого - 14 лет, завершен в июне 2012, но профессиональное сотрудничество дорожников продолжится. Создана сеть профессионального сотрудничества, наработан задел технологий. С 2013 года начинается период эксплуатации технологического ресурса, внедрения технологий и мониторинга их результативности, а также, планирования будущие проектов и развития формата дистанционного обучения (E-LEARNING) дорожных инженеров, распространения технологий.
- Финансирование для поддержания центра технологий ROADEX отсутствует, но административное управление в форме секретариата будет поддерживаться, о чем среди партнеров проекта ROADEX ведутся переговоры. Для этого будет достаточным взнос размером 2400 Евро в год от каждой страны-партнера. Россия не участвовала в партнерстве ROADEX, но данный проект BLVRM открыл российским инженерам доступ к технологическим ресурсам. Анализ состояния российских дорог показывает, что этот ресурс - возможность для выведения дорожных сетей северных российских территорий из глубокого кризиса последнего десятилетия. Ресурсы ROADEX открыты для российских дорожных инженеров, которые приглашаются к профессиональному партнерству и реализации совместных проектов.

## В. Обобщенные выводы по применению Модели по оценке влияния тяжелого грузового транспорта на конструкцию российских дорог

Таблица 1 содержит обобщенные выводы подрядчиков Проекта по результатам применения модели по оценке влияния тяжелого грузового движения на дороги с низкой интенсивностью движения в Архангельской и Мурманской областях.

Таблица 1 Обобщенные выводы по результатам реализации рабочих пакетов Проекта в Архангельской и Мурманской областях

| Темы семинара, докладчик   | Приложения | Выводы   |
|--|------------|--|
| <p><b>1. Открытие семинара Йорма Лескинен,</b><br/>Руководитель Лапландского Центра экономического развития, транспорта и окружающей среды</p> |            | <p>Лапландия занимает треть площади Финляндии, где проживает лишь 3% населения страны. Протяженность сети дорог Лапландии составляет 12% от общей протяженности дорог Финляндии, однако объем финансирования непропорционально мал, составляя лишь 6% от общего национального бюджета на дорожное содержание. Поэтому содержание дорог с низкой интенсивностью движения в состоянии, удовлетворяющем пользователя, - настоящий вызов для владельцев дорог, заставляющий изыскивать резервы. Например, Лапландия состоит из 21 муниципалитета, но это число административных единиц будет сокращено за счет объединения муниципалитетов, <b>чтобы снизить неблагоприятное влияние административных границ</b> на дорожное содержание, т.к. некоторые муниципалитеты северной периферии обширны по территории, но малочисленны по населению, и содержание дорог - непосильная задача для их малых бюджетов. Экономика заставляет дорожников смотреть шире административных и национальных границ при планировании содержания и развития дорожной инфраструктуры, формировать видение будущего и готовиться к нему. Примеры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Северо-восток и юго-запад Норвегии связываются наикратчайшими маршрутами через сеть дорог северной Финляндии и Швеции.</li> <li>• Ограничитель развития горной промышленности Финляндии - отсутствие надежной логистики с арктическими и северными портами: несущая способность автомобильных дорог недостаточна для движения тяжелых грузовых автомобилей; железная дорога не достигает побережья. Поэтому развитие таких связей, как ж/д Салла-Кандалакша или ж/д связь с норвежским портом Киркенес были бы выгодны горной промышленности Финляндии и северным портам Норвегии и России, оживляя экономику северной периферии. Реализация этого сценария изменит требования к эксплуатационным характеристикам автомобильных дорог.</li> <li>• Связь шведских горнорудных районов с норвежским портом Нарвик может стать перспективным межрегиональным проектом, оказывая влияние на распределение транспортных потоков по автодорожной сети, создавая новые потребности для ее развития.</li> <li>• Эксплуатация Северного морского пути потребует развития автодорожных подходов к портам для обслуживания инфраструктуры этой транс-континентальной морской магистрали и генерируемых ею грузопотоков, а также возрастающих потребностей населения и бизнеса северных прибрежных территорий.</li> </ul> |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p><b>Вывод 1:</b> От дорожной отрасли требуется долгосрочность видения, способность мыслить шире административных и ведомственных границ, осознавать свою роль в мультимодальной команде «транспортная система», принимать глобальные вызовы (климатические изменения) и требования пользователя (рост грузоподъемности транспортных средств). Цель отрасли - наилучшим образом способствовать реализации логистических планов пользователей, способствуя повышению их конкурентоспособности и развитию, что пополняет бюджеты, оправдывая расходы отрасли на содержание дорог в глазах сообщества. Позитивное отношение общественности к деятельности дорожной отрасли - гарантия ее финансовой стабильности и развития.</p>  |  |  |
| <p><b>2.Краткое представление третьего обучающего мероприятия в рамках Проекта</b> Сваткова Е.А. – лидирующий партнер проекта, «АвтоДорожный Консалтинг», Россия</p>  | <p>Группа российских дорожников прибыла на семинар в Рованиemi из Мурманска на автобусе, проведя 10 часов в пути. Цель этой поездки по дорогам Мурманской области и Лапландии - почувствовать себя дорожными пользователями, ощутить разницу между финской и российской составляющими транс-граничного дорожного маршрута. Наличие так называемого «граничного эффекта» на этом маршруте очевидно. «Граничный эффект» - собирательное понятие, которое выражается в различиях, например:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• транспортно-эксплуатационных характеристик дорог;</li> <li>• средней скорости движения (50км/ч на российской стороне и 70-80км/ч - на финской);</li> <li>• состояния покрытий, придорожной полосы, водоотвода;</li> <li>• уровня развития придорожного сервиса (стоянки отдыха, туалеты);</li> <li>• дорожного обустройства по безопасности (разметка, барьерные ограждения, знаки, информация, сигнализация).</li> </ul> <p>Следствие «граничного эффекта» на маршрутах - снижение плавности движения и уровня комфорта, повышение рисков аварийности и логистических издержек пользователей с негативным влиянием на экономики, находящиеся в зоне влияния маршрута.</p> |  |
| <p><b>Вывод 2:</b> Цель Проекта - внести вклад в снижение негативного влияния «граничного эффекта» через гармонизацию практик, определяющих эксплуатационные характеристики дорог. Финские дороги - доказательство, что иметь качественные дороги в северных климатических условиях и при ограниченных бюджетах - возможно. Пользователь не должен ощущать, где кончается финская дорога и начинается российская. Единичный проект приграничного сотрудничества не может решить всех проблем, но он может создать мультипликативный эффект, содействующий ускорению процесса их решения. Большинство практик, рассматриваемых в Проекте, адресованы дорожной конструкции как инженерному сооружению, что делает рекомендации Проекта актуальными для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• дорог всех технических категорий, расширяя зону его позитивного влияния;</li> <li>• инженеров-дорожников, содействуя их профессиональному развитию (См. <b>Справка 1</b> в конце Отчета).</li> </ul> |  |  |
| <p><b>3.Результаты рабочего пакета, реализованного в Лапландии, пилотная дорога HW4</b><br/>Д-р технических наук Тимо Сааренкето, директор</p>  | <p><b>Презентация 1 Приложение1, Публикация 1</b></p>  | <p><b>Рост тяжести перевозок по автомобильным дорогам</b> – объективный экономический процесс, характерный для всех территорий - партнеров ROADEX, стран Северной Европы и Канады, а также и для России.</p> <p>Основные характеристики этого процесса в странах Северной Европы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Смещение грузовых автоперевозок в сторону использования 90-тонных 30-метровых грузовых автопоездов, что вызвано увеличением протяженности расстояний транспортировки, а значит, ростом</li> </ul> |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>компания-подрядчика<br/>Roadscanners Oy,<br/>Финляндия</p> |  | <p>потребности для местного бизнеса снижать себестоимость перевозок, чтобы быть конкурентоспособным. Результаты пилотных проектов по изучению следствий увеличения грузоподъемности грузового транспорта показывают положительный экономический и экологический эффект: экономия топлива достигает 20%, снижение выбросов углекислого газа - 20-25%, снижение транспортных затрат - 20-30%, а также снижение интенсивности движения и рисков аварийности на сетях дорог.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Развитие альтернативной энергетики и строительство ветровых станций требует транспортировки конструктивных элементов, вес которых достигает 160т. Развитие альтернативной энергетики требует усиления дорожных конструкций на маршрутах доставки этих тяжелых и негабаритных грузов.</li><li>• Ужесточение конкуренции требует развития логистики по принципу «точно во время», преимущества которого подрываются сезонным закрытием дорог, что наносит огромный ущерб конкурентоспособности местного бизнеса, экономик, снижая качество жизни населения.</li><li>• Незрелость инфраструктур других видов транспорта ведет к росту интенсивности пользования автомобильными дорогами. Пример: отсутствие у растущей горнопромышленной отрасли Лапландии доступа к портам по железным дорогам ведет к росту доли автодорожных перевозок в составе логистики поставок продукции отрасли на мировой рынок.</li></ul> <p>Исходя из устойчивости тенденции - роста тяжести перевозок по автомобильным дорогам и роста доли тяжелого транспорта в составе автодорожных транспортных потоков - целью <b>Лапландского пакета</b> Проекта стало создание модели, позволяющей:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Прогнозировать последствия роста нагрузок на дороги с низкой интенсивностью движения;</li><li>2. Планировать меры для подготовки сети дорог к более сложным эксплуатационным требованиям со стороны пользователей.</li></ol> <p><b>Справка:</b> Увеличение грузоподъемности транспортных средств означает распределение груза на большее число осей, что ведет к увеличению длины автопоезда, что требует учета дорожной геометрией (радиусы кривых в плане, протяженность и величина уклонов продольного профиля, требования к ровности дороги из-за высокого положения центра тяжести грузовых автомобилей, безопасность - условия обгона).</p> <p><b>Изучения на пилотной дороге в Лапландии подтвердили</b> известные «аксиомы дорожного инжиниринга»:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Участки дорог, не обеспеченные хорошо функционирующим водоотводом, не могут иметь хорошего покрытия и сохранять прочность конструкции при движении тяжелого транспорта;</li><li>• При прохождении дороги по склону, прилегающая к нему полоса движения, не защищенная хорошим водоотводом (для перехвата и отвода воды, стекающей по склону), всегда будет иметь колеиность;</li><li>• Участки дорог, где дно боковых канав выше основания дорожной конструкции, всегда будут деформированы морозным пучением. Понижение dna боковых канав на 20-30 см относительно</li></ul> |
|---|--|---|

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>основания дорожной конструкции предупреждает морозные деформации.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Участки дорог, где боковые канавы достаточно глубоки, но слишком узки и не способны вместить и отвести большие объемы воды (в период дождей или интенсивного таяния), которая застаивается в полосе отвода - будут иметь пониженную несущую способность и сопротивляемость морозному пучению. Принцип: функция боковых канав - отвод воды, а не ее аккумуляция. Узкие и глубокие канавы быстро заиливаются, переставая выполнять свою функцию - отводить воду от дорожной конструкции.</li><li>• Участки дорог, состояние водоотвода на которых характеризуется классом 3 (неудовлетворительное, приводящее к застаиванию воды на поверхности дороги и вблизи нее, дорожная конструкция насыщена влагой), будут иметь срок службы покрытия в разы короче, чем участки, где состояние водоотвода соответствует классу 1 (быстрое отведение воды с поверхности покрытия и от дороги). Соотношение сроков службы покрытий (годы) может достигать 7:20.</li></ul> <p><b>Изучения выявили</b> влияние разных типов тяжелых грузовых автомобилей на дорожную конструкцию (Подробно см. в отчете подрядчика, приведенном в <b>Приложении 1</b>):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Срок службы покрытия в среднем (при обеспечении водоотвода) обратно пропорционален росту интенсивности тяжелого грузового движения;</li><li>• Вес транспортных средств не является определяющим фактором разрушения дорог. Грузовые автомобили весом 72 т и 90 т на сдвоенных шинах оказывают меньшее разрушающее воздействие на дорожную конструкцию, чем грузовик весом 60 т с одинарными шинами.</li><li>• Обустройство грузовых автомобилей системой контроля давления воздуха в шинах, позволяющей распределять осевые нагрузки по большей площади, особенно эффективно для сохранности дорог, толщина конструкции которых не превышает 1 м.</li><li>• Слабым звеном автодорожных логистических маршрутов, где экономически целесообразно увеличить тяжесть автоперевозок, являются мосты, увеличение несущей способности которых требует индивидуальных инженерных решений.</li></ul> <p>Соответствовать растущим требованиям пользователей можно лишь <b>повышая эксплуатационные характеристики дорог на логистических направлениях</b> (маршрутах, важных для местного бизнеса), что связано с затратами. Главный вопрос, интересующий Заказчика: <b>Как улучшить дороги с меньшими затратами?</b> Исследования должны дать точные ответы, которые служат для Заказчика отправным пунктом для принятия стратегических решений. В условиях ограниченных ресурсов критически важным для Заказчика становится выбор решения с максимальным <b>социально-экономическим эффектом</b> от имеющихся ресурсов.</p> <p>Практика подтверждает, что наиболее выгодными для сообщества являются вложения <b>в усиление дорог, обслуживающих логистические маршруты пользователей-тяжеловесов</b>, для их эксплуатации без</p> |
|--|--|---|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>весовых и сезонных ограничений. Устранение необходимости закрывать дорогу весной - весомый вклад дорожной отрасли в развитие местной экономики и повышение качества жизни граждан.</p> <p>Принятие <b>ответственного отраслевого решения</b> требует оценок:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Влияния роста нагрузок на существующие дорожные конструкции и искусственные сооружения;</li><li>2. Роста потребности в дорожном содержании для компенсации возросшего разрушающего фактора и соответствующего увеличения затрат на содержание дорог;</li><li>3. Эффекта от применения методов бережного пользования дорогами для снижения потребностей в дорожном содержании. (См. <b>Публикацию 1</b>, лифлет о методах щадящего пользования дорогами в период их весеннего оттаивания);</li><li>4. Влияния возросшей тяжести дорожно-транспортных потоков на окружающую среду (учитывая деятельность по транспортировке грузов и содержанию дорог);</li><li>5. Влияние функционирующих логистических маршрутов отраслей-тяжеловесов на остальную сеть.</li></ol> <p>Лапландская модель создана на основе многолетней практики и реализации возможностей современного диагностического оборудования на двух пилотных участках автомобильной дороги HW4 между Соданкюля и Рованиemi в климате, схожем с климатом Архангельской и Мурманской областей.</p> <p>Использованное диагностическое оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Георадары (возможность видеть дорожную конструкцию в форматах 2D/3D, получая данные о влажности материалов конструкции и наличии структурных проблем);</li><li>• Лазерный сканер (возможность видеть конструкцию дороги в прилегающем окружении, увязывая дефекты дороги с дефектами водоотвода и условиями, провоцирующими деформации, например, в результате морозного пучения);</li><li>• Дефлектометр падающего груза (возможность определения способности дорожной конструкции восстанавливаться после прохода тяжелого грузового автомобиля и продолжительности времени, необходимого для проходов «тяжеловесов» без накопления остаточных деформаций в дорожной конструкции);</li><li>• Профилометр (возможность определения количественных значений таких эксплуатационных дефектов дороги как неровности и колейность).</li></ul> <p>Для того, чтобы данные участки смогли стать основой для модели, их тщательно классифицировали по типу и состоянию покрытия, водоотвода и риску разрушений (предельные значения нагрузок, которые фактически способна выдержать дорожная конструкция на каждом участке).</p> <p>Классификация рисков</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Класс 1:</b> Участок с высокой несущей способностью. Отсутствие риска внезапного отказа/разрушения. Усталость покрытия происходит в соответствии с законами обычных моделей прогнозирования срока службы</li></ul> |
|--|--|--|

- **Класс 2:** Участок с относительно высокой несущей способностью. Разрушение дороги произойдет быстро только в экстремальных условиях или из-за неудовлетворительного состояния дорожного водоотвода, т.д.
- **Класс 3:** Участок с адекватной несущей способностью. Риск разрушения возможен в период особо неблагоприятных условий весенней распутицы.
- **Класс 4:** Ослабленный участок дороги. Высокий риск разрушений/отказов, особенно в период весеннего снижения несущей способности. Рекомендуется усиление.
- **Класс 5:** Экстремально ослабленный участок дороги. Значительные разрушения прогнозируемы сразу после проезда тяжелого грузового транспорта – требуется немедленное усиление.

**Дифференцированный подход** на основе диагностики и классификации участков дорог позволяет точно планировать меры, сокращая издержки до 50% (по сравнению с традиционным подходом планирования без диагностики, например, на основе жалоб пользователей, ориентируясь на типовое решение, привязанное к технической категории дороги) по усилению несущей способности дорог.

Пилотный проект в Лапландии показывает источники этой экономии (затраты указаны на пилотный участок лесной дороги протяженностью 5 км и шириной 4.5 м ):

| Статья затрат   | Традиционный подход | Дифференцированный подход |
|---|---------------------|---------------------------|
| Стадия сбора данных, диагностики и подбора проектных решений/5 км | 250 Евро            | 8500 Евро                 |
| Строительные работы, транспортировка материала/5 км               | 67500 Евро          | 35260 Евро                |
| Армирующая сетка/ 5км   | 0                   | 1840 Евро                 |
| Природоохранные меры (рекультивация карьера)/5 км                 | 5640 Евро           | 2946 Евро                 |
| Итого затрат  | 73390 Евро          | 48546 Евро                |
| Итого затрат на 1 м2  | 14.63 Евро (151%)   | 9.71 Евро (100%)          |

**Источник: Отчет ROADEX III «Восстановление лесной дороги: проектные предложения»**

Выявление взаимосвязей между типом дорожной конструкции, ее состоянием, условиями эксплуатации и разными типами нагрузок от транспорта позволяет создать **математическую модель**, применимую для других аналогичных дорог (дорог с низкой интенсивностью движения в Мурманской и Архангельской областях).

Привязка модели к конкретным дорогам осуществляется путем использования в модели местных входных данных (данных по интенсивности грузового движения, данных визуальной оценки эксплуатационного

|   |  |   |
|---|--|---|
|   |  | <p>состояния покрытия и его дефектов, водоотвода, данных лабораторных испытаний материала конкретной дороги).<br/>Необходимые данные собраны при посещении подрядчиками Проекта пилотных дорог на российской стороне. Образцы материалов, отобранные с пилотных дорог, испытаны в лаборатории подрядчика.</p> |
| <p><b>Вывод 3:</b> Характерная особенность исследований, проводимых по заказу дорожной администрации - их прикладной характер. Результаты исследований - выводы, позволяющие повышать качество принимаемых управленческих и финансовых решений, снижать риски ошибок. Главная цель - рациональное использование имеющихся ограниченных ресурсов дорожной отрасли и повышение отдачи от этих ресурсов для общества. Принцип, принятый отраслью: чем меньше ресурсов, тем выше должен быть КПД от их использования на фоне роста требований пользователей. Практика доказывает реализуемость принципа при соблюдении ряда условий:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Точность постановки задач Заказчиком на основе точной диагностики и точность действий подрядчиков. Точность - критически важное требование, если финансовый ресурс ограничен.</li><li>2. Стратегия деятельности - предупреждение появления условий, следствием которых становятся дорожные проблемы.</li><li>3. Выбор инженерных решений, наиболее выгодных для общества в контексте жизненного цикла дороги.</li><li>4. План поступательного наращивания эффекта, т.е. должна быть понятна последовательность будущих действий.</li><li>5. Диалог с пользователем для продвижения методов бережной эксплуатации дорог.</li><li>6. Инновации (управленческие подходы, технологии, материалы).</li></ol> <p>Задавая необходимую несущую способность дорог на маршрутах, исходя из логистики бизнеса (транспортных средств, обеспечивающих минимальные транспортные издержки), с помощью модели можно подобрать <b>оптимальный план</b> усиления дорог на логистических маршрутах. Оптимальный план будет складываться из дифференцированных решений для отдельных участков, где могут потребоваться:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Лишь малые меры по улучшению несущей способности (улучшение водоотвода);</li><li>• Средние меры по устранению дефектов дорожной конструкции (усиление участков, проходящих по болотам);</li><li>• Серьезные меры по реконструкции (искусственные сооружения).</li></ul> <p>Планирование мер таким образом быстрее ведет к результату, т.к. там, где нет реальной необходимости в мерах, затраты исключаются, а сэкономленные средства сосредотачиваются на усилении несущей способности критических участков логистических маршрутов «отраслей-тяжеловесов» (например, на усилении мостов).</p> <p><b>Вывод 4:</b> Точная диагностика - путь для поддержания хорошего эксплуатационного состояния дорог <b>минимальными ресурсами</b> за счет:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Раннего выявления причин, которые ведут к появлению проблем;</li><li>• Адресного своевременного устранения причин проблем с помощью малозатратных предупредительных мер.</li></ul> <p>Диагностика на основе инструментальных методов чрезвычайно выгодна для владельцев дорог, учитывая скорость и точность собираемых данных, следствием анализа которых становится <b>своевременность, точность и адресность предпринимаемых мер</b>, что позволяет многократно окупиться средствам, направленным на раннюю диагностику. Диагностика выявляет факторы, которые неизбежно создадут проблемы, если их не ликвидировать «в зародыше». Как правило, действия на этой стадии малозатратны, в отличие от затрат, которые вызовет устранение самих проблем.</p> |  |   |

Для российских дорог именно диагностика должна стать отправным пунктом для планирования мер по улучшению состояния дорог в рамках имеющихся ресурсов и повышения отдачи от этих ресурсов при помощи правильной расстановки приоритетов. Нарботки проекта ROADDEX и рекомендации, следующие из применения модели, позволяют:

- На начальном этапе системной работы - сконцентрировать внимание дорожной отрасли на **устранении очевидных критических инженерных недостатков дорог (в первую очередь, водоотвода), снижающих их эксплуатационные качества**, укорачивающих полезную «жизнь» дороги. Эти ошибки не требуют инструментальной диагностики, т.к. они видны невооруженному глазу инженера;
- На следующем этапе развития дорожной диагностической практики следует ввести в практику **комплексные диагностические обследования дорожной сети с помощью специализированных подрядчиков**, владеющих методами инструментальной диагностики и подготовкой решений по предупреждению дорожных проблем (таких подрядчиков в России пока нет). Временный вариант - воспользоваться импортом услуг специализированных зарубежных подрядчиков (при устранении препятствий для пересечения границы мобильными диагностическими комплексами). Точная диагностика будет содействовать развитию «профилактических методов лечения дорог». Желательно, чтобы «лечение» осуществлялось не отдельными участками, а **в маршрутном контексте**, для обеспечения ощутимого экономического эффекта для логистики пользователей.

**Вывод 5:** Дифференцированный подход к повышению несущей способности дорог увеличивает затраты на стадии диагностики, анализа данных и подбора оптимального адресного решения для каждого специфического дорожного участка. Однако эти затраты окупаются сокращением материалоемкости дорожных работ, потребностей в возке материала и рекультивации карьеров. Очевидна перспективная тенденция в дорожной отрасли: **увеличение вклада в дорогу ресурсов «Информация» и «Профессионалы» (инженерное мышление) снижает потребность в ресурсах «Материалы» и «Финансы»**. Результатом становится не только уменьшение себестоимости дорожных работ, но и негативного воздействия на окружающую среду.

**Вывод 6:** Практика весового контроля противоречит научным выводам, не содействуя ни решению дорожных проблем, ни улучшению конкурентоспособности бизнеса.

Научно установлено: Величина разрушающего фактора, который испытывает дорожная конструкция под воздействием тяжелого грузового движения, зависит не от веса транспортных средств, а от количества осей, распределения веса по осям, типа шин, давления воздуха в шинах, скорости движения и интервала времени между проходами этих транспортных средств.

Факт: Движение порожних грузовых автомобилей при высоком давлении в шинах на высокой скорости гораздо разрушительнее для дорог, чем медленное движение сверхтяжелого автопоезда с правильным распределением веса по осям и понижением давления в шинах.

**Справка:** На дорогах общего пользования Финляндии, формирующих опорную сеть национальных дорог и входящих в состав транс-европейской сети, весовые сезонные ограничения не применяются.

Максимально-разрешенная масса грузовых автомобилей: 60 т в Финляндии и Швеции, в Норвегии – 42 т, на ряде местных дорог применяются ограничения – 30 т. В Дании 60т разрешены на большинстве дорог, но есть участки с ограничением 42т. Основная причина действующих ограничений - мосты. Доля тяжелого грузового движения на дорогах Лапландии в среднем составляет 10%.

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>4. Влияние осевых нагрузок грузового транспортного средства,</b> | <b>Презентация<br/>2<br/>См. также</b> | Наиболее критическими следствиями воздействия тяжелых транспортных средств на дорожную конструкцию являются:<br>1 горизонтальные напряжения на границе связных слоев (потеря связности слоев, риск образования |
|---|--|--|

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p><b>типов шин и давления воздуха в шинах на эксплуатационные характеристики дорог</b><br/>Петри Варин, консультант, Roadscanners Oy, Финляндия</p> | <p><b>материалы практической части семинара (С), Приложение 3, Публикация 1</b></p> | <p>выбоин);</p> <ol style="list-style-type: none"><li>2 вертикальные напряжения сжатия в дорожной одежде (риск колеиности 1 степени);</li><li>3 вертикальные напряжения сжатия в земполотне (риск колеиности 2 степени);</li></ol> <p>Несущая способность всей дорожной конструкции определяется характеристиками «самого слабого звена», которое может оказаться как в дорожной одежде, так и в земполотне.</p> <p>Прогнозы напряжений и деформаций выполняются с помощью расчетной модели, когда при постоянной заданной осевой нагрузке (50кН) просчитываются напряжения в дорожной конструкции при различных сочетаниях переменных:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• тип шин,</li><li>• давление воздуха в шинах,</li><li>• модули упругости слоев дорожной одежды и земляного полотна,</li><li>• толщины слоев дорожной конструкции.</li></ul> <p><b>Некоторые выводы о влиянии на дорожную конструкцию:</b></p> <p><b>1.Осевые нагрузки</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Чем больший вес приходится на ось/осевую группу, тем больше деформируется конструкция дороги;</li><li>• Наиболее щадящим для дороги является конструкция транспортного средства, где расстояние между осями/осевыми группами составляет 3м. Увеличение этого расстояния уже не имеет значительного положительного эффекта для дороги с позиции снижения разрушающего фактора, обеспечивая лишь позитивный кумулятивный эффект для последующей осевой группы (при движении с малой скоростью дорога получает паузу, необходимую для восстановления конструкции до воздействия следующей осевой группы).</li><li>• Деформация земполотна при проходе автопоезда весом 72т автомобиля (9 осей) выше, чем при проходе автопоезда весом 90т (11 осей) и даже 136т (17 осей). При распределении веса автопоезда на достаточно большое число осей с достаточным расстоянием между осями, двигающимся на малой скорости, дорожная конструкция имеет необходимое время для самовосстановления и накопления остаточных деформаций не происходит.</li><li>• Многократное воздействие нагрузок создает эффект «усталости дороги», результат которой - развитие остаточных деформаций в слоях, где были использованы чувствительные к влаге материалы (супеси, суглинки) или материалы низкого качества (большое количество пылеватых частиц), т.к. эти материалы менее стойки к нагрузкам во влажном состоянии и требуют больше времени для самовосстановления. Поэтому, скорость движения и продолжительность паузы между проходами тяжелых транспортных средств определяются исходя из качества материалов дорожной конструкции и грунта в основании дороги.</li></ul> |
|--|---|---|

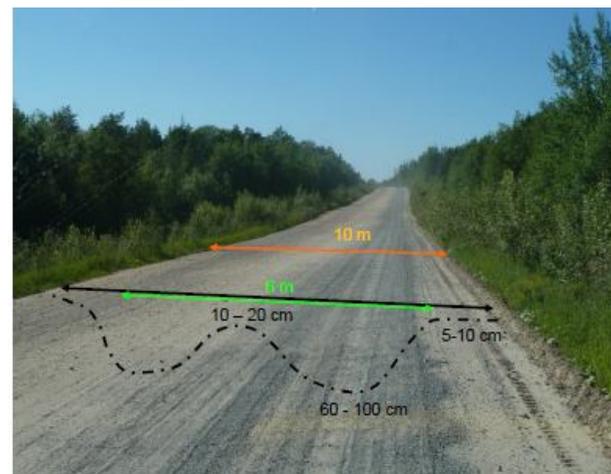
|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p><b>2.Тип шин</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Увеличение площади контакта между шиной и покрытием дороги снижает величину разрушающего фактора, поэтому сдвоенные шины для дороги безопаснее, чем одиночные.</li></ul> <p><b>3.Давление воздуха в шинах</b></p> <p>При движении тяжелого транспортного средства с высоким давлением в одиночных шинах по гравийной дороге (с модулем упругости 100МПа) напряжения в верхней части дорожной конструкции могут достигать 800 кПа, что вызывает разрушения. Напряжения можно снизить до безопасных 200 кПа за счет применения сдвоенных шин + понижения давления воздуха в шинах (увеличение площади контакта между шиной и покрытием дороги). Понижение давления воздуха в шинах существенно снижает риски остаточных деформаций дорожной конструкции.</p> <p>Результат расчетов с помощью модели:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Выявление рисков разрушений (предельных разрушающих факторов) для конкретных дорог при разных неблагоприятных комбинациях переменных;</li><li>Подбор решений в зависимости от возможностей влиять на ту или иную переменную. Например, значительный ресурс для снижения разрушений гравийных дорог весной представляет договоренность с пользователями-«тяжеловесами» о применении пониженного давления в шинах и восстановительных пауз при проходе грузовых автомобилей. См. более подробно материалы по развитию межотраслевого сотрудничества, приведенные в <b>Публикации 1 и Приложении 3.</b></li></ul> <p><b>Справка:</b> Польза от снижения давления воздуха в шинах ощутима для дорог со связными слоями толщиной до 100 мм. При большей толщине слоев из связных материалов снижение давления в шинах уже не оказывает значительного влияния на сохранность дороги. Дорога имеет достаточную прочность. Увеличение толщины связных слоев дороги более 200 мм становится экономически нецелесообразным. Таким образом, оптимальная толщина слоев из связных материалов для обеспечения достаточной несущей способности дорог, обслуживающих логистику пользователей-«тяжеловесов» (без предъявления к ним требований по снижению давления в шинах), составляет 100-200мм (при условии функциональности водоотвода, гарантирующего дороге максимум несущей способности).</p> |
| <p><b>Вывод 7:</b> Исследованиями, проведенными в рамках проекта ROADDEX, было установлено, что 45 км/ч - оптимальная скорость для обеспечения необходимой паузы между проходами соседних осей транспортного средства, чтобы конструкция гравийной дороги могла восстановиться без накопления остаточных деформаций.</p> <p>При движении со скоростью менее 45км/ч позитивный эффект, приобретаемый дорогой, «перечеркивается» увеличением логистических издержек пользователей (потери времени). Наилучшее решение - применение систем контроля давления воздуха в шинах, что позволяет увеличивать скорость движения автомобилей до 50-70 км/ч без ущерба для дорог. Результат - снижение логистических издержек бизнеса, что позволяет окупить затраты на установку систем контроля давления за один сезон.</p> |  |  |

Выводы сделаны на основе мониторинга результативности межотраслевого соглашения в Лапландии между дорожной и лесной отраслями о возможности транспортировки леса в весенний период при условии: контроль давления воздуха в шинах + соблюдение скоростного режима + восстановительные паузы между проходами автопоездов. Выгоды местных экономик, зависящих от конкурентоспособности лесной отрасли (а значит и самой дорожной отрасли) от такого межотраслевого соглашения очевидны: дороги продолжают служить сообществу без вреда для их сохранности. См. Приложение 4 - лифлет «Диалог дорожной и лесной отраслей - потенциал повышения конкурентоспособности экономики Архангельской области».

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><b>5. Результаты рабочего пакета, реализованного в Архангельской области: «Оценка влияния тяжелого грузового транспорта на конструкцию дороги. Расчетное моделирование, Архангельская область»</b></p> <p>Д-р наук Тимо Сааренкетто, директор Roadscanners, Финляндия</p> | <p><b>Презентация 3</b><br/><b>Приложения 2, 3</b><br/><b>Публикация 1</b></p> | <p>Цель рабочего пакета - оценка эксплуатационного состояния дорог с низкой интенсивностью движения и выявление причин дорожных проблем в Архангельской области на примере проблемных участков пилотной дороги Северодвинск-Онега (47-49км и 57-59км). Результат оценки - сбор входных данных для модели, отражающих особенности строительства и содержания дорог в болотистой Архангельской области, испытывающей дефицит качественных дорожно-строительных материалов.</p> <p>Кроме этого, в перечень задач рабочего пакета вошли:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Сравнение принципов управления сетью дорог в Архангельской области с принципами, применяемыми в странах-партнерах ROADEX;</li> <li>• Информирование российских участников о методах диагностики дорожных проблем, разработанных в процессе реализации проекта ROADEX и экономических способах устранения этих проблем;</li> <li>• Оценку влияния тяжелого грузового движения на дорогу и способы снижения величины разрушающего фактора в периоды максимальной уязвимости дорожной конструкции к воздействию нагрузок. Диалог с пользователями как способ сохранения дорог - финский опыт;</li> <li>• Воздействие, оказываемое дефектами дороги на безопасность пользователей (аварийность, воздействие на здоровье).</li> </ul> <p>В ходе обследования пилотных участков были выявлены типичные проблемы дорог с низкой интенсивностью, которые также имели место в практике стран Северной Европы (снижение несущей способности весной, пыление, колейность, гребенка и т.д.), но были решены. Варианты решений, разработанные проектом ROADEX и проверенные практикой, доступны на сайте ROADEX - <a href="http://www.roadex.org">www.roadex.org</a></p> <p>Характерными российскими причинами неудовлетворительных эксплуатационных характеристик гравийных дорог (см. Фото 1) по результатам обследований пилотных участков являются:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Игнорирование функциональности водоотвода</b> - главного условия для поддержания «здоровья» дороги, что выражается в:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отсутствии контроля над параметрами дороги. Избыточная ширина дороги (12м вместо проектных 8м) и утрата поперечного профиля в результате грейдерования - не позволяют воде стекать к обочинам.</li> <li>• Обочинах, утративших функциональность для отвода воды с поверхности покрытия из-за растущей травы, валов грунта, образовавшихся в процессе грейдерования;</li> <li>• Отсутствии или запущенности водоотводных канав (заросшие, заиленные, засыпанные).</li> </ul> </li> </ol> |
|--|--|--|

2. **Конструктивная неоднородность дороги (См. Фото 1)**, не позволяющая обеспечить однородность эксплуатационных характеристик и условий движения на автодорожных маршрутах, что выражается в:

- Истонченных слоев дорожной одежды на внутренней стороне кривых (следствие неправильного грейдерования);
- Неравномерности толщин слоев дорожной конструкции (следствие остаточных деформаций из-за эксплуатации дороги в переувлажненном состоянии из-за плохого водоотвода);
- Использовании в конструкции дороги суглинков и супесей, свойства которых значительно зависят от влажности (что делает еще более критической зависимость дороги от функциональности водоотвода);
- Слабости грунтов, находящихся в основании дорог, проходящих по болотам и пойменным зонам - формирующим типичный северный ландшафт для дорожного строительства.



**Фото 1** Иллюстрация типичных причин, провоцирующих появление проблем на пилотной дороге (неудовлетворительные эксплуатационные характеристики и повышенная потребность в содержании):

- избыточная ширина дороги, состояние обочин и водоотводных канав, не способных обеспечивать водоотвод;
- деформированность слоев дорожной конструкции, что не позволяет равномерно распределять нагрузки от транспорта, обеспечивать проектную несущую способность и однородность дорожных условий.

Результаты лабораторных испытаний показали:

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Доля частиц менее <b>0,063мм</b> в гранулометрическом составе материала пилотной дороги избыточна, составляя от <b>8,5%</b> до <b>13,6%</b> при максимуме пылеватых частиц для гарантии прочности дороги в увлажненном состоянии <b>-4%</b>;</li><li>• Коэффициент водопоглощения материала слишком высокий и составляет <b>5,42% -5,72%</b> при максимальном показателе <b>-3%</b>.</li></ul> <p>Данные испытаний показывают, что прочность материалов пилотной дороги, построенной с использованием местных материалов, в значительной степени зависит от влажности, а значит, <b>критическим условием прочности конструкции пилотной дороги является хорошо функционирующий водоотвод.</b></p> <p>Поэтому <b>мерами первой очереди</b> по решению дорожных проблем должны быть меры, <b>направленные на повышение защищенности дорожной конструкции от воздействия воды</b>, а именно:</p> <ol style="list-style-type: none"><li><b>1. Причина 1:</b> Ширина дороги избыточна, поперечный уклон нефункционален для отвода воды<br/><b>Действие №1 - Восстановление дороги в проектных параметрах - сужение, обеспечение поперечного профиля для отвода воды с поверхности дороги;</b></li><li><b>2. Причина 2:</b> Продольный водоотвод не обеспечен. <b>Действие №2 - восстановление системы продольного водоотвода;</b></li><li><b>3. Причина 3:</b> Неоднородность слоев и перемешивание материала при ухудшении прочностных свойств.<br/><b>Действие №3 – гомогенизация материала верхнего слоя существующей дорожной конструкции перед устройством новых слоев.</b></li><li><b>4. Причина 4:</b> Незащищенность дороги от переувлажнения в весенний период.<br/><b>Действие №4 - Сталкивание валов снега с обочин в начале весны для предупреждения скапливания талой воды на покрытии и более равномерного прогрева и просыхания дорожной конструкции.</b></li></ol> <p><b>ВАЖНО!</b> Между восстановительными мерами и мерами по повышению несущей способности дорог должен быть предусмотрен период эксплуатации <b>не менее 1 года.</b></p> <p>Этот период:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>а) необходим дорожной конструкции для восстановления естественной прочности, утраченной из-за нарушений водоотвода и геометрии;</li><li>б) Минимизирует риски деформаций в период строительных работ по повышению несущей способности дороги и после, при эксплуатации дороги тяжелым транспортом.</li></ol> <p>Оценка основания дороги и условий, в которых функционирует существующая дорога, позволяет сделать вывод о том, что:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1 Модуль упругости земляного полотна, принимаемый в расчет при определении несущей способности</li></ol> |
|--|--|--|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>по российской методологии (43 МПа) - слишком оптимистичен. Практика ROADEX рекомендует применять для геологических и гидрологических условий севера более реалистичные величины 20-30МПа, а для весеннего периода - 10МПа.</p> <p>2 Для несвязных слоев дорожной одежды (с учетом выявленных характеристик материала) наиболее разрушительными являются вертикальные напряжения, возникающие под действием тяжелых грузовых автомобилей.</p> <p>Исходя из выводов лабораторных исследований и перспектив развития пилотной дороги Архангельск-Онега, следует сделать особый акцент на необходимости мер, <b>компенсирующих невысокие качества местных материалов и слабость оснований дорог.</b></p> <p>Предлагается 4 варианта <b>повышения несущей способности дорог для их подготовки к росту нагрузок от «тяжелеющих»</b> транспортных потоков:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Для периода эксплуатации дороги в качестве гравийной:<ol style="list-style-type: none"><li>1. Устройство нового несвязного слоя толщиной 200мм + поверхностная обработка;</li><li>• Для перевода гравийной дороги в дорогу с твердым покрытием:</li><li>2. Устройство нового несвязного слоя толщиной 200мм + слой покрытия 50мм;</li><li>3. Устройство нового несвязного слоя 280мм + два слоя покрытия 40+40мм (российская версия усиления дорожной одежды);</li><li>4. Гомогенизация старого материала покрытия методом миксмиллинга (200мм) с устройством битумосодержащего (2% битума) основания (200мм) + поверхностная обработка.</li></ol></li></ul> <p>Рекомендуемый вариант для условий Архангельской области на основе опыта ROADEX – <b>вариант №4, поскольку</b> повышается связность слоев:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) компенсирует:<ul style="list-style-type: none"><li>• невысокое качество местных дорожно-строительных материалов;</li><li>• слабость грунтов в основании дороги (10 МПа.)</li></ul></li><li>2) обеспечивает:<ul style="list-style-type: none"><li>• устойчивость к вертикальным и горизонтальным напряжениям с приемлемым риском деформаций (весной);</li><li>• пропуск более тяжелых грузовых автомобилей (до 90т при условии щадящего режима эксплуатации на основе межотраслевого соглашения).</li></ul></li></ol> <p><b>ВАЖНО!</b> Перечисленные выгоды достижимы лишь при условии функциональности водоотвода. Следует помнить, что:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Дорожная конструкция защищена от разрушения, если дно канавы на 20-30 см ниже подошвы дорожной конструкции. Диагностика позволяет уточнять необходимую отметку дна канав,</li></ul> |
|--|--|--|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>которые могут быть различными на разных участках.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Частая причина нарушения функциональности продольного водоотвода - устройство слишком малых водопропускных труб на примыканиях второстепенных (частных) дорог к дорогам общего пользования или неправильное устройство труб.</li></ul> <p><b>Факт 1:</b> В Лапландии около 54% примыканий - катализаторы разрушений на главной дороге, более 40% весенней колеиности устранимо с помощью корректировки водоотвода в зоне примыканий второстепенных и частных дорог.</p> <p><b>Вариант №3</b> (аналог повышения несущей способности, традиционный для российской практики) в условиях Архангельской области:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Более затретен т.к. предусматривает ненужный запас прочности (См. результаты расчетов в <b>Приложении 2</b> «Оценка влияния тяжелых грузовых автоперевозок на дорожные конструкции. Виртуальная симуляция» - Расчетное моделирование. Рабочий пакет «Архангельская область».</li><li>2. Предусматривает устройство прочных связных слоев (2400 и 1400 мПа) на несвязном основании (450Мпа, что слишком оптимистично) и похоже на строительство дорожного здания на песке. Низкое качество местных дорожно-строительных материалов, повышенная зависимость их прочности от влажности, слабость грунтов в основании дорожной конструкции и традиционная недооценка значения водоотвода для прочности и долговечности дороги лишает смысла инвестиции в устройство прочного покрытия «с запасом» на слишком слабом фундаменте. Финансовый ресурс, которого так не хватает для содержания дорог, в данном случае растрачивается напрасно. Практичнее вложить в дорогу не более, чем надо, но от того, что вложено получить полную отдачу, поддерживая защищенность дорожной конструкции от влияния воды.</li></ol> <p><b>Факт 2:</b> Ранее, средства, имевшиеся у дорожной отрасли Финляндии, в первую очередь расходовались на более замечаемые пользователем краткосрочные действия - устройство нового покрытия, снегоуборка и ликвидация наката. Постепенно пришло понимание, что более разумно и экономично тратить ограниченные ресурсы не на устранение проблем, уже вставших в полный рост, а <b>на предупреждение причин</b> возникновения проблем. Практика доказала очевидное: водоотвод- главная причина разрушений дорог, поэтому <b>улучшение водоотвода: профиль + обочины + откосы + боковые канавы = самое выгодное вложение ресурсов</b> отрасли, окупаемость которого максимальна.</p> <p>Инвестиции в водоотвод - это выгоды для владельцев дорог, пользователей, подрядчиков:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• В первый год инвестиции в водоотвод экономят на содержании 250-330 Евро/км.</li><li>• Инвестиция 50 Евро/км в каждый последующий год для поддержания водоотвода экономит 200-250 Евро на содержание покрытия.</li><li>• <b>Водоотвод - экономический фактор</b>, т.к. он продлевает дороге жизнь и критически влияет на затраты по содержанию (от 2300 до 5300 Евро на км в год).</li></ul> |
|--|--|--|

**Вывод 8:** Опыт всех стран подтверждает правило: чем сложнее гидрологические условия местности и более зависимо качество дорожно-строительных материалов от влажности, тем выше выгоды от инвестиций в водоотвод. Архангельский рабочий пакет доказывает:

- Эксплуатационные характеристики и несущая способность дорог в Архангельской области неудовлетворительны, главным образом, из-за плохого водоотвода. Следствие переувлажнения дорожной конструкции - снижение всех ее прочностных свойств и деформации конструкции (колеиность, морозное пучение, выбоины, трещины).
- Деформации ухудшают эксплуатационные характеристики дорог, плавность движения снижается, транспортные издержки пользователей и сообщества растут из-за задержек и потерь времени, аварийности, негативного влияния плохих дорог на здоровье пользователей, усиления воздействия транспорта на окружающую среду, здоровье пользователей. (т.к. режим движения с частными торможениями и разгонами увеличивает расход топлива и количество выбросов, которые, вместе с шумом и транспортными вибрациями разрушительно воздействуют на организм человека).
- Никакая реконструкция не улучшит эксплуатационные характеристики российских дорог, если водоотвод не будет функционировать должным образом, и конструкция дороги не будет защищена от ослабляющего влияния воды.

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><b>6. Результаты рабочего пакета, реализованного в Мурманской области:</b><br/>«Данные инструментальной диагностики для расчетного моделирования.<br/>Мурманская область<br/>Д-р наук Тимо Сааренкетто,<br/>директор Roadscanners OY,<br/>Финляндия</p> | <p><b>Презентация</b><br/><b>4,</b><br/><b>Публикация</b><br/><b>2</b></p> | <p>Методы диагностики и контроля эксплуатационного состояния дорог в Мурманской области были продемонстрированы российским дорожникам в рамках двухстороннего проекта «Мурманскавтодора» и Лапландской дорожной администрации в 2008г. В данном Проекте передача знаний по диагностической деятельности получила дальнейшее развитие с акцентом на навыки <b>аналитической обработки данных</b>, собираемых с помощью георадаров и визуальных наблюдений, а также подготовки заключений о причинах дорожных проблем («постановка диагноза») и планированием необходимых мер по устранению этих причин («назначение лечения»).</p> <p>В Мурманской области было обследовано 89 км пилотных дорог с классификацией участков по состоянию водоотвода и покрытия.</p> <p>Шкала классификации <b>состояния водоотвода:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Хорошее:</b> Система водоотвода функционирует в заданном режиме, обочины, откосы земполотна и канавы в функциональном состоянии, конфигурация поперечного профиля дорожной конструкции соответствует проектной;</li> <li>2. <b>Адекватное:</b> Водоотвод в целом функционален, но имеется ряд дефектов (зарастание растительностью обочин, откосов и канав, заиливание канав на отдельных участках), которые перерастут в проблемы, если не будут оперативно устранены;</li> <li>3. <b>Неадекватное:</b> Водоотвод нефункционален, обочины выше поверхности покрытия в результате неправильного грейдерования или зарастания травой, откосы и канавы заросшие, замусоренные, вода не отводится от дороги, а стоит в канавах, поперечный профиль канав нарушен сползанием грунта, отметка дна канав выше отметки основания земполотна, что ведет к его переувлажнению.</li> <li>4. <b>Неудовлетворительное:</b> Параметры дороги не соответствуют проектным (расширение в результате грейдерования, нарушение поперечного профиля дороги), что ведет к образованию луж на проезжей части, обочины не функциональны (заросшие, возвышающиеся над поверхностью покрытия, что не позволяет воде стекать с покрытия в сторону откосов), откосы не</li> </ol> |
|--|--|--|

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>спланированы, боковые канавы отсутствуют.</p> <p><b>Шкала классификации состояния покрытия:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>Хорошее:</b> Правильный поперечный профиль без видимых дефектов и нарушений эксплуатационных характеристик для данной технической категории дорог, возможность движения транспорта с проектной скоростью;</li><li>2. <b>Адекватное:</b> Удовлетворительное эксплуатационное состояние покрытия с наличием незначительного количества дефектов в начальной стадии развития, не влияющих на плавность движения транспорта. Пользователю нет необходимости снижать скорость;</li><li>3. <b>Неадекватное:</b> Наличие развившихся дефектов покрытия (трещины, просадки, лужи) с нарушением эксплуатационного состояния дороги на значительном протяжении, создающие риски аварийности. Пользователь вынужден снижать скорость, что нарушает плавность движения;</li><li>4. <b>Неудовлетворительное:</b> Повреждения покрытия (продольные и поперечные трещины, разрушения), затрудняющие проезд.</li></ol> <p><b>В итоге:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 5% + 18% протяженности обследованных пилотных участков имели неудовлетворительное и неадекватное состояние покрытий;</li><li>• 16% + 45% протяженности – неудовлетворительное и неадекватное состояние водоотвода.</li><li>• Установлена очевидная причинно-следственная связь между состоянием водоотвода и состоянием покрытия: там, где водоотвод неудовлетворителен, неудовлетворительно и состояние покрытия, дефекты водоотвода провоцируют появление дефектов покрытия.</li></ul> <p><b>Справка:</b> В Финляндии соотношение дорог разного состояния в % измерении сопоставимо, однако, шкала измерения иная. Финские дороги, оцениваемые как неудовлетворительные, отслужили сообществу 30 лет, а российские в этом же состоянии - всего лишь 3-6 лет (!). Этот факт говорит о наличии в России огромного резерва по повышению отдачи от средств дорожной отрасли.</p> <p>Диагностика с использованием георадара (антенны 1ГГц и 400МГц) была проведена на 20,8км пилотной дороги «Мурманск-Лотта-Райяосеппи» для определения структуры дорожной конструкции - толщин слоев дорожной одежды и земполотна.</p> <p>Обследования выявили такие дефекты дорожной конструкции, как:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Различия по толщине покрытия на левой и правой полосах движения, вызывающие локальные разрушения покрытия на ослабленных участках, проникновение через них воды в конструкцию дороги. Следствие - сокращение межремонтного срока службы дороги задолго до наступления следующего планового ремонта;</li><li>2. Неоднородность уплотнения покрытия, неоднородность состава материала, использованного для</li></ol> |
|--|--|---|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>устройства покрытия. Следствие - выбоины из-за сдвига и потери связности между слоями покрытия и основания, ведущие к опасным, жестким ударам колеса о край выбоины;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Ухудшение гранулометрического состава материала покрытия из-за перемешивания материала покрытия с материалом основания;</li> <li>4. Участки дорожной конструкции с повышенной предрасположенностью к морозному пучению, где диэлектрический показатель ставил 10 и более при норме 5-6. Следствие - деформации дорожной конструкции и опасные неровности различного рода, ухудшающие условия движения, создающие риски аварийности;</li> <li>5. Структурные дефекты на участках перехода из насыпи в выемку при близком залегании скальных пород. Следствие - образование опасных неровностей, ведущих к опасным поперечным качаниям грузовых автомобилей с высоким положением центра тяжести;</li> <li>6. Структурные дефекты на участках прохождения дороги по болотам. Следствие - неровности в результате сочетания просадок и пучений, ведущих к потере устойчивости транспортного средства на дороге;</li> <li>7. Структурные дефекты на участках укладки водопропускных труб. Следствие - неровности, ведущие к подскоку транспортного средства и потери сцепления колеса с дорогой;</li> <li>8. Структурные дефекты на участках, где в теле насыпи оказались забытые трубы или остатки лежневки. Следствие - просадки, ведущие к неровностям дороги и снижению комфорта движения.</li> </ol> |
| <p><b>Вывод 9:</b> Мурманский рабочий пакет Проекта, включающий компонент инструментальной диагностики, подтверждает выводы Архангельского рабочего пакета, основанного на визуальной диагностике и лабораторных испытаниях, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Качество покрытия и его долговечность критически зависят от состояния водоотвода;</li> <li>• Первоочередными мерами для улучшения состояния покрытий должны быть меры по восстановлению функциональности водоотвода;</li> <li>• Меры по восстановлению покрытия на проблемных участках без улучшения водоотвода экономически не рациональны, т.к. межремонтный срок не будет обеспечен, эксплуатационные характеристики быстро ухудшатся, вызывая рост логистических издержек пользователей;</li> <li>• Профессиональная репутация дорожной отрасли ухудшается, недовольство налогоплательщиков ведет к снижению защищенности финансового ресурса дорожной отрасли.</li> </ul> |  |  |
| <p><b>7.Строительство автомобильных дорог на торфах. Опыт ROADDEX.</b><br/>Рон Манро, Директор<br/>Munro Consulting Ltd.,<br/>Шотландия</p>  | <p><b>Презентация</b><br/><b>5,</b><br/><b>Приложение</b><br/><b>4,</b><br/><b>Публикация</b><br/><b>3</b></p> | <p>Одна из приоритетных задач, которая решалась проектом ROADDEX - комплексное улучшение эксплуатационных, экологических и экономических характеристик дорог, проходящих по болотам. Торф - слабое основание для дорог, и строительство дорог на торфах - задача, которую приходится решать дорожным инженерам всех северных стран. Проект ROADDEX обобщил опыт разных стран. Ряд пилотных проектов позволил сделать новые теоретические выводы и подготовить больше рекомендаций для инженеров-практиков.</p> <p>Сайт проекта ROADDEX (<a href="http://www.roadex.org">www.roadex.org</a>) предлагает информацию для улучшения качества и снижения издержек по строительству, реконструкции и содержанию дорог, проходящих по болотам:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ROADDEX II (2005) “Решение проблем снижения несущей способности дорог с низкой интенсивностью движения, построенных на торфах” (технические данные, теоретические</li> </ul>  |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>выводы);</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• ROADEX II (2005) «Руководство по управлению деформациями торфа при строительстве малозатратных дорог на торфах» (практические примеры);</li><li>• ROADEX III (2006) «Рекомендации по предупреждению проблем дорог с низкой интенсивностью движения на слабых грунтах» (для инженеров-практиков и проектировщиков);</li><li>• Отчет FCE/SNH (2010) “Плавучие конструкции на слабых грунтах”.</li></ul> <p>Сравнительный анализ практик Северных стран и России по проектированию, строительству и содержанию дорог на торфах (См. подробно аналитический отчет по результатам семинара в Мурманске, ноябрь 2012 на сайте <a href="http://www.ador.ru">www.ador.ru</a> ), выявил:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• сходство классификации болот и механических свойств торфов в качестве оснований для дорог;</li><li>• идентичность механизмов понимания осадки и методов стабилизации оснований и строительства;</li><li>• <b>принципиальные различия на стадии эксплуатации дорог</b>, построенных на основаниях из торфа. В практике Северных стран дорога на торфе – <b>объект четырехмерного пространственного мониторинга</b> (ширина, протяженность, прилегающая территория, конструкция вглубь) с пониманием <b>механизма разрушения на каждом специфическом участке дороги</b> как следствия локального сочетания множества переменных факторов (климатические, сезонные и локальные геологические и гидрологические явления, реальные нагрузки и практики дорожного содержания). Результат - содержание дороги становится линейным множеством адресных инженерных решений, в сумме:</li></ul> <ol style="list-style-type: none"><li>1. позволяющих снизить затраты на дорожное содержание;</li><li>2. улучшающих эксплуатационные характеристики на сложных участках и выравнивающих условия движения на маршрутах.</li></ol> <p>Российская практика также предоставляет инженерам возможность индивидуальных решений при проектировании и строительстве дороги на болоте. Но если инженеры воспользовались этим правом, преодолев сложности местности, а подрядчики построили сложный участок, то за этим следует передача <b>инженерной системы повышенной сложности</b> для эксплуатации в рамках стандартных контрактных отношений между заказчиком и подрядчиком. Система упрощается до <b>двухмерного плоского объекта</b> (ширина и протяженность), от которого требуется соответствие поверхностным стандартным параметрам в составе всей дороги. Отклонение от параметра – повод для производства линейных работ по его восстановлению (подсыпка, планировка). <b>Процессы третьего и четвертого измерения</b> (процессы, происходящие на прилегающих территориях и глубинные, происходящие в дорожной конструкции и под ней), как истинные причины возникающих проблем на участке дороги, проходящей по болоту, <b>уходят из поля зрения и инженерного осмысления</b>. Результат поверхностного подхода - безуспешная деятельность по устранению следствий (но не причин), что ведет к:</p> |
|--|--|---|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Росту потребности в средствах на содержание при хроническом недовольстве пользователя состоянием участка дороги;</li><li>2. Отсутствию возможности решить экономически важную задачу - повышать несущую способность логистических маршрутов, т.к. участки, проходящие по болоту, становятся их <b>слабыми звеньями</b>.</li></ol> <p>Очевидно, что ряд российских ГОСТов устарел т.к. оборудование совершенствуется, а экологические и экономические требования ужесточаются. Практика ROADEX, ориентированная на оптимизацию издержек сообщества и окружающей среды, предоставляет возможность соответствовать развивающимся тенденциям, первая из которых - <b>РОСТ ТЯЖЕСТИ ДВИЖЕНИЯ ПО АВТОМОБИЛЬНЫМ ДОРОГАМ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ИЗДЕРЖЕК ЭКОНОМИКИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b>.</p> <p><b>Тенденции</b>, которые оказывают влияние на технологии проектирования, строительства и содержания дорог на торфах, включают:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ужесточение экологических требований и реализацию принципа «не навреди» в отношении экосистем болот;</li><li>• Финансовые ограничения, требующие адресных решений и инновационных подходов;</li><li>• Более тонкое понимание природы проблем дорог на болотах для управления рисками с помощью точных инженерных решений.</li></ul> <p><b>Экологические</b> требования ужесточаются по мере улучшения понимания чувствительности болот к гидрологическим изменениям и их влияния на качество природной среды, что требует все большей убедительности для обоснования антропогенного вмешательства в экосистемы болот.</p> <p>Очевидно: для снижения влияния дорог на экосистемы потребует изменить технологии, например, по устройству боковых канав, нарушающих гидрологический баланс прилегающих территорий. Практика показывает, что от устройства канав в ряде случаев можно отказаться*, а там, где они необходимы, их можно устраивать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• менее глубокими (0,3м) и широкими (2.0м) для минимизации воздействия на гидрологию болота;</li><li>• удаленными от дороги на 17-25м (от оси дороги) для смягчения воздействия дороги на окружение, ускоряя стабилизацию основания за счет предварительной пригрузки земполотна.</li></ul> <p><b>*Примечание:</b> Не рекомендуется устраивать боковые канавы в случае плавающих конструкций на болотах, т.к. аккумуляция воды в канавах ведет к изменению условий «плавания», неравномерности водонасыщенности подстилающего торфа, деформациям и потере устойчивости конструкции дороги.</p> <p><b>Финансовые ограничения</b> требуют не только адресности мер, но и улучшения баланса бюджет/календарный график. Существует несколько подходов к строительству дорог на слабых грунтах:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Производство земляных работ с паузой для осадки до начала строительства дорожной одежды,</li></ul> |
|--|--|--|

что для дорог с низкой интенсивностью не обосновано по срокам;

- Устройство вертикального дренажа для ускорения осадки, что для дорог с низкой интенсивностью не обосновано по затратам;
- Исландский метод предварительной пригрузки, который позволяет строить дорогу на болоте в течение одного года;
- Метод динамичной нагрузки (уплотнение 150т грузового автомобилями) для строительства дорог к строящимся ветрякам, шахтам, лесным деланкам.

**Инженерные решения**, основанные на понимании механических свойств торфа - сложного грунта для дорожного строительства, который:

- содержит до 95% воды (влажность до 2000%);
- обладает переменным сопротивлением сдвигу (2-40кПа);
- подвержен значительным деформациям под влиянием различных факторов.

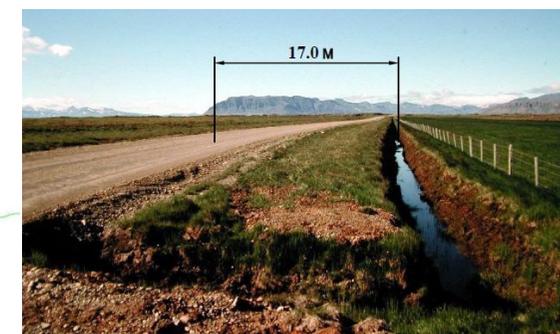
Строительство дорог на торфах базируется на 4 подходах, а именно:

1. полная выторфовка (если залежи торфа неглубоки),
2. частичная замена торфа (уровень насыпи выше торфяной залежи),
3. смещение торфа в сторону,
4. без выторфовки.

Особый случай - уширение дорог, когда необходимо интегрировать старую и новую части дорожной конструкции.

**Исландский метод пригрузки** отличается деталью - боковые канавы устраиваются за 3 года до строительства самой дороги для стабилизации гидрологического режима местности.

Мониторинг осадки с помощью гидростатического профилометра и датчиков показывает значительное ускорение осадки торфа в этом случае.



|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>Основные рекомендации ROADEX при строительстве дорог на торфах:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Принятие решений на основе исследований, а не догадок (понимание природы процессов и причин потенциальных проблем);</li><li>• Применение инновационных подходов для адресных решений на конкретных участках, а не однообразного типового решения для всей дороги;</li><li>• Следование принципу «не навреди» (не сделай хуже, чем было до вмешательства);</li><li>• Фиксирование всех обстоятельств и информирование профессионального сообщества, особенно в случае неудач.</li></ul> <p><b>Прогноз: Изменение климата сильно повлияет на дороги.</b> Связь между изменениями климата и изменениями условий функционирования дорог очевидна. Главное влияние - изменение влажности среды, в которой эксплуатируются дороги, и учащение погодных явлений, разрушающих дороги, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Наводнений,</li><li>• Подъема уровня грунтовых вод, эрозии и оплывания откосов насыпей, выемок, схода селей и грязевых потоков в горных местностях,</li><li>• Оттаиванием вечной мерзлоты в северных регионах.</li></ul> <p>Следствия:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Недостаточная функциональность водоотвода,</li><li>• Ускоренное разрушение искусственных сооружений,</li><li>• Быстрое развитие колеиности,</li><li>• Рост активности процессов морозного пучения из-за увеличения количества циклов замерзания/оттаивания,</li><li>• Ускоренное разрушение покрытий,</li><li>• Нарушение целостности сети, рост логистических издержек,</li><li>• Рост рисков аварийности из-за дорожных условий,</li><li>• Рост потребности в дорожных ремонтах,</li><li>• Рост затрат на содержание как зимнее, так и летнее.</li></ul> <p>Действия, ожидаемые от дорожной отрасли:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Знание критических участков и участков с повышенной предрасположенностью к разрушениям на схеме сети дорог;</li><li>• Реализация мер в рамках управления рисками (геотехническими, гидрологическими, аварийности);</li></ul> |
|--|--|---|

|  |   |  |
|--|---|--|
|  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Регулярные инспекции дорог (аудит);</li> <li>• Оперативное реагирование для предупреждения разрушений;</li> <li>• Больше внимания мерам по стабилизации откосов, повышению устойчивости дорог к морозным деформациям;</li> <li>• Повышение качества содержания водоотвода для предупреждения появления дорожных дефектов (колеиность, просадки земполотна, трещины, выбоины и т.д.);</li> <li>• Анализ причин проблем, последствий, эффективности предпринятых мер, совершенствование доказательной базы для адаптации методов проектирования, строительства и содержания, адаптация технологических требований к новым условиям.</li> </ul>  |
| <p><b>Вывод 10:</b> Сравнение российской практики с практикой ROADEX по строительству дорог на слабых грунтах не выявляет принципиальных различий. Обе практики развивались параллельно, приводя к схожим выводам и технологическим решениям. Это означает, что потрачено, как минимум, вдвое больше ресурсов для достижения результата (времени, денег), чем потребовалось бы в случае сотрудничества. Очевидно, что для решения сложных проблем выгодно объединять ресурсы, ускоряя их решение, и совместно пользоваться достигнутыми результатами. Поэтому подключение российской дорожной отрасли к технологическим ресурсам сотрудничества ROADEX - способ ускорения улучшения российских дорог.</p> <p>Российский опыт строительства дорог на торфах следует интегрировать с опытом западных коллег, расставить технологические приоритеты в порядке, который требует современная профессиональная этика: 1) Экологический 2) Экономический 3) Инженерный. Российскую практику содержания дорог на торфах следует развивать в общем «четырёхмерном» тренде.</p> <p>Принцип современного этапа цивилизации - развитие систем, адаптированных к функционированию в условиях окружающей среды, а не изменение среды для функционирования устаревших систем.</p> |   |  |
| <p><b>Справка:</b> 40 лет назад в Шотландии к вопросам охраны окружающей среды относились так же, как сейчас в России. Сегодняшняя реальность такова: природоохранные организации всех стран наращивают активность, оказывая все большее влияние на принятие решений, влияющих на природную среду. Долг инженеров подчиняться этим требованиям и предлагать все более экологичные решения.</p> <p>Россия не сможет остаться в стороне от глобального процесса повышения экологической ответственности человека за состояние среды своего обитания.</p>   |   |  |
| <p><b>8. Результаты эксперимента по стабилизации покрытий гравийных дорог известны в Архангельской области.</b><br/>Наталья Стойка, инженер, Группа инноваций, «Архангельскавтодор», Россия</p>  | <p><b>Презентация 6</b><br/>(в стадии доработки)<br/><b>Приложение 5,</b><br/><b>Публикация 4</b></p> | <p>В ходе семинара 6-7 июля 2011г. в Архангельске были представлены различные методы стабилизации гравийных и грунтовых дорог, примененные в ходе проекта ROADEX.</p> <p>Одна из острых проблем дорожной отрасли Архангельской области - дефицит качественных дорожно-строительных материалов. Поэтому практики укрепления недостаточно качественного местного материала вызывают большой интерес у дорожных инженеров Архангельской области.</p> <p>Наличие извести как местного материала и положительный опыт ROADEX стимулировали Группу инноваций к эксперименту по стабилизации известью грунтово-гравийного покрытия на двух автодорогах района – «Няндомы-Шестиозерский» и «Конда-Шултус». Российская практика предусматривает использование извести только в качестве активатора к шлаковым и зольным добавкам в материал дорожного покрытия.</p> <p>Исходные условия эксперимента в Архангельской области:</p> |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   |  | <ul style="list-style-type: none"><li>• пилотные участки дорог с низкой интенсивностью движения (которая возрастает в летний дачный период);</li><li>• наличие гашеной извести.</li></ul> <p>Задача эксперимента - поиск экономичного решения для улучшения эксплуатационных качеств гравийной дороги, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• ровности (устранение колеиности и гребенки, которые появляются через 2-3 дня после грейдерования),</li><li>• несущей способности.</li></ul> <p>Эксперимент:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• время – июль 2011 после периода дождей,</li><li>• ширина покрытия 6м, толщина слоя стабилизации 10см,</li><li>• количество добавляемой извести 6% и 8%,</li><li>• распределение извести с помощью КДМ,</li><li>• смешение на дороге автогрейдером, 6-8 проходов,</li><li>• уплотнение пневматическим катком, 4 прохода с последующим доуплотнением движущимся автотранспортом.</li></ul> <p>Результаты эксперимента:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• улучшение ровности, прочности покрытия, а также оттока дождевой воды с покрытия в период осенних дождей в 2011г;</li><li>• экономия на грейдеровании дороги – 4 цикла ежемесячно;</li><li>• отсутствие разрушений покрытия по результатам визуальных обследований весной 2012г.</li><li>• экономический эффект примененной технологии стабилизации покрытия известью, если стоимость извести не превысит 5,6 тыс.руб./т</li></ul> <p><b>Справка:</b> С конца 90-х на гравийных дорогах Архангельской области проводились эксперименты по применению в качестве стабилизаторов битумных эмульсий, комплексных вяжущих, цемента, но результат с известью по предварительным данным - наилучший. Окончательный вывод будет сделан, когда фактический срок службы стабилизированного известью покрытия будет сравнен со сроком, достигнутым в проекте ROADDEX (4 года).</p> |
| <p><b>Вывод 11:</b> Для того, чтобы сделать вывод об экономическом эффекте применения того или иного метода и представить результаты профессиональному сообществу, необходима чистота эксперимента. Это значит, что меры по стабилизации материала покрытия должны проводиться в нормативных условиях содержания дороги, а именно: при восстановленном продольном профиле дороги и функциональном водоотводе. Без этого</p> |  |   |

сравнение результатов российского эксперимента и практики ROADEX не будет корректным, а результат эксперимента будет подвергнут сомнению профессионалами.

**Справка:** Один из методов ускорения заимствования и адаптации технологий на основе научного подхода - «бэнчмаркинг» - сравнение проблемного объекта относительно эталонного. Метод заключается в следующем:

- Эталонный объект, например, участок качественной гравийной дороги, которой хотелось бы соответствовать, рассматривается как совокупность составляющих компонентов, формирующих ее качество (конструкция дорожной одежды+материал+обочины+откосы+земполотно+водоотвод).
- Соответствующие составляющие компоненты проблемного объекта сравниваются относительно компонентов эталонного.
- Выявляются отличия (например, состояние водоотвода), анализируются причины различий (например, дефекты работ по профилированию, в результате которого произошла засыпка боковых канав), подбираются решения по доведению качества компонента до уровня эталонного (приведение в соответствие параметров дороги, нарезка водоотводных канав и т.д.).
- Результат - пакеты мер, позволяющие «подтянуть» проблемный объект до уровня эталонного.

Метод обеспечивает системный подход, а, следовательно, достижение максимума результата при минимуме затрат.

Применение метода позволило бы ускорить улучшение качества российских дорог при одновременном снижении себестоимости дорожных работ.

|   |                             |   |
|---|-----------------------------|---|
| <p><b>9.Дефекты дорог как фактор риска для пользователей</b><br/>Йохан Гранлунд,<br/>Компания Vectura,<br/>Швеция</p> | <p><b>Презентация 7</b></p> | <p><b>А. Риск профессиональных заболеваний</b><br/>Медицина констатирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Любые вибрации вредны для здоровья человека. Присутствие вибрации в рабочем процессе (например, при поездках по неровным дорогам) снижает психо-физиологические способности человека (повышенный риск ДТП), а регулярное воздействие вибрации на организм создает риск профессиональных заболеваний.</li> <li>• Организм человека наиболее чувствителен к вибрациям частотой <b>0,5-80Гц</b>. Допустимые показатели вибраций и компенсационные меры со стороны работодателей отражены в международных стандартах по охране труда ISO 2631-1 и EC 2002/44/EC.</li> </ul> <p><b>Следствия вибраций для здоровья водителей:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Следствия, подтвержденные исследованиями: грыжа межпозвоночного диска и боли в пояснице, ишиалгия, укачивание, снижение производительности труда;</li> <li>• Следствия, требующие развития доказательной базы в ходе исследований для бесспорного подтверждения: артроз, выкидыши у беременных, мужская фертильность, сердечно-сосудистые заболевания (риск ССЗ у водителей-дальнобойщиков в 3 раза выше), рак простаты, повышенная смертность среди водителей-дальнобойщиков.</li> </ul> <p>Результаты длительного мониторинга уровней вибрации в кабине грузового автомобиля в ходе проектов ROADEX показали, что при поездках по дорогам с низкой интенсивностью большую часть рабочего времени водитель подвергается воздействию вибраций:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• значение которых превышает предельно допустимое EC A(8)=0,5 м/с<sup>2</sup> по законодательству EC;</li> </ul> |
|---|-----------------------------|---|

- вызывающих превышение допустимого предела давления в позвоночнике  $Sed = 0,50$  МПа.

Наиболее опасными участками с позиции транспортных вибраций, а соответственно, и риска для здоровья пользователей, являются участки дорог, где имеются:

- границы отремонтированных и не отремонтированных участков, сопряжения покрытия подхода и покрытия моста, выбоин с резкими кромками, вызывающих эффект удара См. **Фото**;
- любые неровности, вызывающие подпрыгивание, боковые смещения автомобилей.



**Фото 2-4** Примеры дорожных дефектов, оказывающих вредное воздействие на здоровье пользователей

Справка: В последнее время под сомнение ставится адекватность Международного показателя ровности IRI как показателя качества дорог, поскольку он:

- не учитывает волн длиной менее 0,5м, а, следовательно, не позволяет выявлять выбоины, создающие вредную вибрацию;
- сглаживает неровности, усредняя значение ровности дороги на участках 5-10м.

В свете улучшения понимания негативного влияния транспортной вибрации на здоровье пользователей, представляется целесообразным учет неровностей, создающих вибрацию с длиной волны менее 0,5м или оценка по комплексному показателю RBCSV (учитывающего также влияние боковых перемещений), который рассчитывается по формуле на основании данных профилометра.

#### **Б. Риск дорожно-транспортных происшествий (ДТП)**

Результаты длительного мониторинга уровня аварийности на дорогах с низкой интенсивностью движения показывают:

- Риск гибели в ДТП на дорогах с низкой интенсивностью движения в малонаселенных районах территориях Северной Европы в 1,5 раза выше, чем на улицах больших городов, во-первых, из-за специфических свойств дорог с низкой интенсивностью, а во-вторых, из-за того, что помощь

пострадавшим не успевают прийти достаточно быстро.

В перечень распространенных причин ДТП на дорогах с низкой интенсивностью движения входят:

1. Подверженность грузовых автомобилей опрокидыванию на левоповоротных кривых в результате воздействия поперечных сил при высоком центре тяжести автомобиля (35% опрокидываний при входе в левый поворот + 15% - занос на кривой с выездом на встречную полосу) и слишком высокой скорости движения. Риск максимален при отсутствии отгона виража (который может быть нарушен при грейдерации);
2. Различие коэффициентов сцепления на «заплате» после ямочного ремонта и на остальном покрытии (См. **Диаграмму 1**). Риск максимален на участках кривых в плане.



**Диаграмма 1** Участок дороги, где следствием ямочного ремонта стало различие коэффициентов сцепления на правой и левой колее

3. Неровности на границе сопряжения покрытия и обочины, когда даже небольшой крен для транспортного средства с высоким положением центра тяжести может привести к поперечному бафтингу со смещением груза и опрокидыванием грузового автомобиля;
4. Зона сопряжения прямого участка и кривой (отгона виража), где поперечный уклон недостаточен для быстрого отвода воды с покрытия, и при сильном дожде возрастает риск гидропланирования и потери сцепления с дорогой. Результат - ДТП со съездом с дороги и опрокидыванием.

**Справка:** В Швеции были обследованы около тысячи хампов (искусственных дорожных неровностей) для определения влияния на здоровье пользователей. Характеристики одного из хампов в пригороде Стокгольма оказались вредно влияющими на здоровье пользователей. Дорожная администрация не предприняла оперативных действий по корректировке хампа. В результате автоперевозчик изменил несколько маршрутов движения автобусов с обходом опасной неровности, чтобы избежать компенсационных выплат водителям за нарушение требований безопасности труда. Изменение маршрутов удлинит путь граждан на работу, в университеты, школы. Последовали жалобы, результатом которых стали: увольнение руководителя ответственной дорожной администрации, переделка хампа, возобновление привычных автобусных маршрутов.

**Вывод 12:** Главные факторы негативного влияния дорог на здоровье и безопасность пользователей:

- Различные дефекты покрытия, создающие транспортные вибрации и возникновение боковых колебаний грузовых автомобилей (бафтинга);
- Различия в сцеплении колес транспортного средства на разных частях покрытия в результате проведения ямочного ремонта;
- Вода на покрытии проезжей части в результате дефектов поперечного профиля.

Вступление России в ВТО потребует гармонизации законодательства, принципов, требований, в том числе и к эксплуатационным качествам автомобильных дорог. Дорога - продукт, предоставляемый потребителю дорожной отраслью, который имеет определенные характеристики, зафиксированные соответствующей документацией. Одно из главных качеств любого продукта - его безопасность для потребителя. Следовательно, к характеристикам дороги могут предъявляться требования закона о защите прав потребителя.

Как только российские юристы освоят эту логику, действующую в практике стран ЕС, уязвимость российской дорожной отрасли возрастет: дорожникам будет предъявляться все больше исков, которые неизбежно заставят отрасль улучшать потребительские качества дорог.

Было бы благоразумно упредить шквал исков и, воспользовавшись доступностью материалов ROADDEX, заблаговременно устранить основания для претензий пользователей.

### 3. Результаты практической части семинара (26.04.2012г.)

Практическая часть семинара прошла на дорогах и площадках, где состоялись: демонстрация и практическое знакомство российских участников Проекта с:

- А. Использованием оборудования по диагностике скрытых проблем дорог (См. фотоотчет далее);
- В. Методами проведения осмотра дорог и причин образования дорожных дефектов;
- С. Системой контроля давления воздуха в шинах тяжелых грузовых транспортных средств (См. фотоотчет далее).

#### А. Использование оборудования по диагностике скрытых проблем дорог



Фото 1-8 представляют оборудование, работа которого была продемонстрирована участникам семинара компанией-подрядчиком проекта «Управление дорогами с низкой интенсивностью движения в Баренц Регионе» - Roadscanners OY, Финляндия.

## **В. Осмотр дорог и выявление причин образования дорожных дефектов**

В процессе управления состоянием гравийных дорог участвуют Заказчик, Консультанты, Подрядчики.

В целом «технология» управления состоянием гравийных дорог включает стадии:

- 1. Осмотр и сбор данных, их анализ**
2. Решение о начале проекта (в т.ч. подготовка технического задания),
3. Разработка модели (концепции) проекта,
- 4. Определение несущей способности,**
5. Постановка целей для проектного решения,
6. Разработка проектного решения,
7. Реализация работ на месте,
8. Проверка результата (мониторинг).

Внимание российских инженеров было акцентировано на специфике:

- Проведения визуального осмотра дорог и анализа данных для выявления причин дорожных проблем;
- Расчетов несущей способности дорог.

## **Проведение визуального осмотра дорог и анализа данных для выявления причин дорожных проблем**

Практика визуального осмотра, определение причин дорожных проблем и общие рекомендации по их устранению подробно приведены в **Публикации 4 «Каталог рекомендаций по устранению дефектов дорожного содержания, выявляемых на основе визуальной диагностики».**

### **Классификация весенних проблем дорог**

Цель совместного выезда российских инженеров и экспертов ROADEX на дороги - выявление проблем эксплуатации дорог **в весенний период**, причин этих проблем и необходимых действий по устранению причин. Классификация проблем приведена в **Таблице 2.**

**Таблица 2** Классификация весенних проблем автомобильных дорог, причин проблем и необходимых действий по устранению дорожных дефектов

|   | <b>Признак проблемы</b>  | <b>Предполагаемая причина проблемы</b>   | <b>Рекомендуемые действия для устранения причины проблем</b>  |
|---|--|--|---|
| 1 | Выбоины на полосах проезжей части  | Дефект обочин, не позволяющих воде стекать с покрытия, что снижает несущую способность дорожной одежды, которая деформируется от воздействия транспортных нагрузок.  | Удаление панцирного льда с обочин весной и растительности летом, восстановление профиля обочин, откосов и боковых канав.  |
| 2 | Выбоины на середине дороги   | Дефект поперечного профиля, не обеспечивающего отвод воды с поверхности покрытия.  | Восстановление поперечного профиля для улучшения отвода воды с покрытия (+ функциональность обочин, откосов и боковых канав по отводу воды).  |
| 3 | Мокрые пятна на поверхности покрытия (как гравийного, так и асфальтобетонного) | Конструкция дороги переувлажнена водой как губка и вода выдавливается на поверхность под действием нагрузок от проходящего транспорта, что означает, что вода проникает в конструкцию дороги снизу и/или со стороны откосов.                           | Повышение функциональности бокового водоотвода (расчистка канав, углубление дна канав, чтобы дно канавы было на 20-30 см ниже подошвы насыпи),<br>Расширение канав, если глубина канавы достаточна, но вода застаивается, и уровень воды находится выше подошвы земполотна. |
| 4 | Продольные трещины на покрытии и на обочинах                                   | Не функционирует водоотвод с той стороны, где возникли трещины, дно канавы выше подошвы насыпи   | Углубление канав (См.п3)  |
| 5 | Неровность на покрытии, вызывающая подскок транспортного средства.             | Забывтая водопропускная труба или плохой ямочный ремонт  | Выявление и расчистка трубы или устранение дефекта ямочного ремонта.  |
| 6 | Дефекты на покрытии в зоне примыкания  | Не работает водопропускная труба на примыкании для обеспечения продольного водоотвода, и вода застаивается (труба засорена или установлена неправильно - слишком высоко по отношению к дну продольной водоотводной канавы или диаметр ее слишком мал). | Улучшение функциональности продольного водоотвода, расчистка трубы на примыкании или корректировка ее установки.  |
| 7 | Продольная трещина посередине проезжей части с а/б покрытием                   | Неудовлетворительный стык при укладке асфальтобетонной смеси   | Герметизация трещины битумом для предотвращения проникания поверхностной воды в конструкцию дороги.   |
| 8 | Поперечные трещины на покрытии   | Морозные деформации при переувлажненном грунте.  | Улучшение водоотвода, радикальная мера - замена грунта в случае его неадекватного гранулометрического состава.  |
| 9 | Дефекты покрытия на участке прохождения дороги в выемке                        | Загрязнение водоотводных канав, которые на участках выемок теряют функциональность   | Периодическая предупредительная расчистка канав на участках дорог, проходящих в выемке.   |

|    |   |   |  |
|----|---|---|--|
|    |   | быстрее, чем в случае нулевых отметок или насыпей (оплывание грунта с откосов выемки при дождях, наносы листьев ветром и т.п.)<br>Приоритет - канава с верхней стороны при прохождении дороги по косоугору. |  |
| 10 | Панцирный лед, лежащий на обочине на одном из участков дороги, в то время как на других участках обочины чистые | Снег, оставшийся с зимы на обочине, прохождение дороги по затененному участку, неравномерность оттаивания конструкции дороги  | Сталкивание снега с обочин на таких участках.<br>Крайний случай - вырубка растительности, затеняющей участок, который остается в промерзшем состоянии, когда соседние участки уже оттаяли и просохли |
| 11 | Лужи на покрытии перед началом и концом кривой в плане  | Не обеспечен водоотвод с покрытия в точках сопряжения виража и прямого участка в результате ошибок проектирования или нарушения профиля при содержании и ремонте дороги                                     | Восстановление поперечного профиля дороги.   |

Базовые решения по устранению причин образования колеи весной сводятся, в основном, к двум алгоритмам решений, приведенных в **Таблице 3**.

**Таблица 3** Основные алгоритмы решений по устранению причин образования колеи на дорогах.

| <b>1.Снизить влияние разрушающего фактора</b>  | <b>2.Усилить конструкцию дороги и ее сопротивление разрушениям от воздействия транспорта и природных факторов</b>   |
|--|---|
| Водоотвод + Давление воздуха в шинах + Пауза в проходах тяжелого транспорта + Повышение качества материала | Водоотвод + Улучшение материала основания и покрытия + Стабилизация материала стабилизирующими добавками (битумные вяжущие) или гидравлическими добавками (добавки, твердеющие в воде/воздухе, например, золошлаковые смеси, золы уноса с добавками извести), гидрофобизирующие добавки, улучшающие водоотталкивающие свойства дорожных покрытий (смолы). |

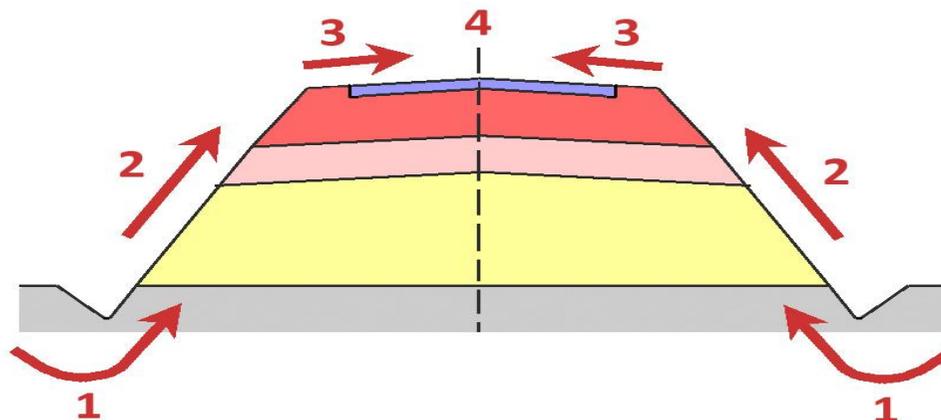
**ВАЖНО!** Какой бы алгоритм ни применялся для устранения колеи дорог, в основе его лежит известная **аксиома**:

- **Устранить дефекты покрытия нельзя, сосредоточив внимание только на покрытии.** Необходимо расширить область улучшений на всю дорожную конструкцию и канавы;

Принцип расстановки очередности улучшающих действий основан на «**направлении движения**», обратном стоку воды с покрытия - **от водоотводных канав к дорожному покрытию (См. Рис. 3)**, а именно:

- 1 **Первый шаг** улучшений - обеспечение функциональности водоотводных канав, предупреждая переувлажнение и ослабление всей конструкции дороги;

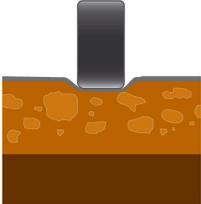
- 2 **Второй шаг** - улучшение откосов и обочин для обеспечения стока воды с поверхности дороги, предупреждая переувлажнение дорожной одежды и ее ослабление;
- 3 **Третий шаг** - улучшение покрытия, которое функционируя в благоприятных условиях, будет иметь требуемые эксплуатационные характеристики по несущей способности и сроку службы.
- 4 **Четвертый шаг** – последующая профессиональная деятельность по поддержанию эксплуатационных характеристик покрытия в рамках летнего и зимнего содержания

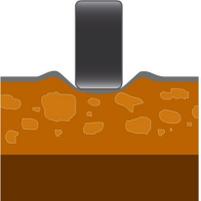
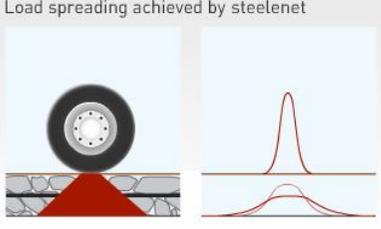
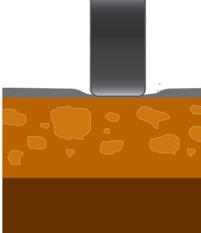


**Рис. 3** Порядок расстановки очередности для действий по минимизации образования колеиности дорог.

**Таблица 4** приводит увязку степени колеиности на дороге с необходимым объемом действий по устранению этого дефекта дороги.

**Таблица 4** Характеристика степеней колеиности гравийной дороги и объем действий по устранению причин деформации рассматриваемого типа

| Степень колеиности                          | Диагностика степени колеиности  | Необходимые действия для устранения причин дорожной колеиности   |
|---|---|--|
| 0 - уплотнение по колее движения транспорта |  | Профилактика колеиности - поддержание функциональности водоотвода (например, углубление дна канав до требуемых 20-30 см ниже основания насыпи или расширение канав в дождливый сезон в местах застаивания воды). |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p><b>1 - сдвиг материала дорожной одежды</b></p>  |  | <p>Водоотвод + очистка откосов + обочин + профилирование и улучшение состава материала покрытия на толщине 100-200 мм или стабилизация проблемных материалов<br/>Весной - движение тяжелого транспорта в щадящем режиме (пониженное давление воздуха в шинах, пониженная скорость движения, пауза между проходами тяжелых транспортных средств)</p>  |
| <p><b>2 - глубокий сдвиг в слоях дорожной конструкции с потерей однородности конструкционных слоев</b></p> |  | <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>Load spreading achieved by steelnet</p>  </div> <div style="margin-left: 10px;"> <p>Наиболее распространенный метод - устройство армирующей сетки на глубине 200-250мм для распределения нагрузки по большей площади</p> </div> </div> |
| <p><b>3 - износ в результате истирания, пыления и эрозии частиц материала покрытия</b></p>                 |  | <p>Добавление нового материала (слой износа не более 100 мм), стабилизация материала слоя износа добавками, снижающими пыление и унос материала с водой.</p>   |

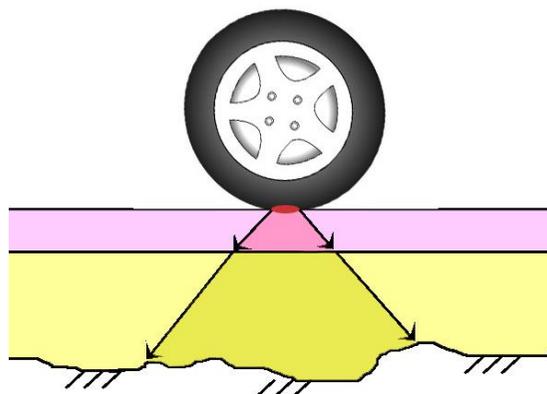
**Вывод 13:** Чем раньше предпринимаются действия по устранению причин колеи, тем дешевле эти действия. «Запущенная» колея, которая уже привела к остаточным деформациям слоев дорожной конструкции, потребует затратных действий для восстановления нарушенной однородности конструкции (восстановление слоев или укладки армирующих сеток) и усиления ее несущей способности. См. «**Расчеты несущей способности дорог**» далее.

### Расчеты несущей способности дорог

Формула Одemarka устанавливает зависимость между несущей способностью дороги, толщиной слоев дорожной конструкции и модулем упругости слоев. Следовательно, метод Одemarka - традиционный инструмент для:

- определения несущей способности существующей дороги, исходя из толщины и материала слоев дорожной конструкции;
- расчета толщины слоев конструкции при заданной нагрузке на дорогу.

В основе этого математического метода - распределения нагрузки от проходящего транспорта в дорожной конструкции «по конусу». См. **Рис. 1**.



**Рис. 1** Распределение нагрузки от колеса проходящего транспорта по конусу.

Остаточные деформации дороги (степень колейности 2) приводит к нарушению однородности слоев дорожной конструкции (т.е. форма конуса отклоняется от идеальной). В этом случае математика становится бессильной для описания несущей способности дороги. Предсказуемого распределения нагрузки в дорожной конструкции не происходит, хотя на поверхности дороги этих «математических сбоев» не видно. Неспециалист лишь будет удивляться тому, что на некоторых участках дороги постоянно происходят разрушения покрытия, в то время как на других участках проблем нет. На самом деле причина - внутреннее нарушение конструкции дороги, которая потеряла способность равномерно распределять нагрузку, передавая ее с поверхности дороги на нижележащие слои. Дорога, переставшая работать как исправная инженерная конструкция, разрушается, подобно тому, как разрушается ферма моста, если отдельные ее конструктивные компоненты вдруг выключаются из работы всей **системы**.

Как в данном случае можно определить меры, необходимые для повышения несущей способности дороги и ее подготовки к росту тяжести движения?

**Базовая инженерная идея:** Предсказуемая конструкция дороги = понятный механизм воздействия нагрузок и определяемые возможности дороги. Если известны возможности дороги, то легко рассчитать конструкционные улучшения для усиления системы под воздействие более значительных нагрузок (например, под движение грузовых автомобилей с нагрузкой 11.5 т/ось - европейский стандарт для дорог, обслуживающих международное движение).

Нестабильный грунт (из-за плохого водоотвода) и непредсказуемая конструкция (в результате деформаций, затронувших не только покрытие, но и нижележащие слои конструкции дороги) = непонятные процессы, непонятная несущая способность = неточные меры «с запасом», даже там, где в этом нет необходимости = рост издержек. Если несущая способность дороги конструкционно неопределима, то установить точно сроки закрытия или весовые ограничения невозможно, что заставляет действовать «с запасом времени», а это невыгодно для сообщества.

**Вывод 14:** Способность **управлять** сетью существующих дорог и **готовить эту сеть для работы в более сложных условиях**, обусловленных ростом нагрузок и климатическими изменениями, сводится к способности профессионально **сохранять однородность дорожной конструкции**, т.е. **предупреждать образование остаточных деформаций**.

Сохранение конструкции дороги позволяет предпринять точные, а значит, экономичные действия по повышению ее несущей способности. Существующая несущая способность может иметь разные значения на всем протяжении дорожного маршрута, но дифференцированный подход позволяет подобрать точные решения для всех специфических участков дороги, чтобы в итоге общий показатель несущей способности маршрута отвечал показателю, требуемому для логистики бизнеса и интеграции экономики северной периферии в экономику мировую.

### **Устранение остаточных деформаций дороги**

Безусловно, самое разумное - не доводить дороги до разрушения, например, постоянно поддерживая функциональность водоотвода. Но если проблема уже «встала в полный рост», и конструкция дороги деформирована, то пытаться скрыть внутреннюю «болезнь» дороги «под косметикой» - новым покрытием - означает нерационально растрчивать дефицитные бюджетные средства. Законы физики, лежащие в основе механизма функционирования дорожной конструкции, обмануть невозможно. Покрытие никогда не отслужит свой межремонтный срок, т.е. бюджетные деньги, которые сообщество выделило в распоряжение дорожной отрасли, будут потрачены непрофессионально.

Дорога с остаточными деформациями (например, глубокой колейностью), до того, как на ней можно будет укладывать покрытие, требует восстановления однородности конструкции.

Есть несколько вариантов «лечения дороги», например:

- Армирование сетками,
- Замена или улучшение состава материала, испорченного перемешиванием слоев,
- Восстановление толщины слоя, измененного в результате выноса материала или сдвинутого в попытке выровнять дорогу с помощью грейдера.

**ВАЖНО!** Все варианты лечения должны начинаться с восстановления функциональности водоотвода.

Дорога на своем протяжении проходит в разных условиях и, как правило, устранение причин проблем отдельных участков требует разных пакетов мер. Образно можно представить концепцию восстановления дороги и повышения ее несущей способности как сумму бусин, нанизанных на нитку трассы дороги. Деятельность по повышению несущей способности дорог, которые в последние десятилетия эксплуатировались за пределами своей несущей способности и утратили структуру - вызов дорожным инженерам, требующий: адаптации чужих и поиска собственных инженерных решений - их испытаний - анализа результативности - выводов - теоретического обоснования - широкого распространения в практику.

**Аксиома: Диагностика и точные дифференцированные решения** по улучшению дорожной конструкции ведут к **однородности дорожных условий для пользователей самым экономичным образом**, а экономия на диагностике ведет к общим решениям - и следствию - неоднородности дорожных условий при перерасходе бюджетных средств. Неоднородность дорожных условий = снижение плавности движения = рост логистических издержек, рисков аварийности и стресса для окружающей среды и здоровья.

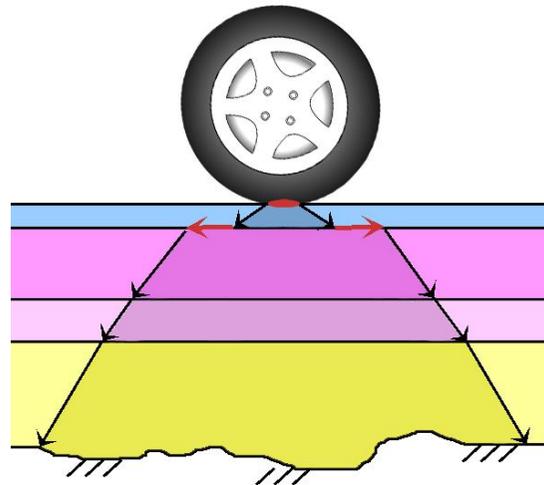
**Вывод 15:** Точность исходных данных диагностики - реализует потенциал **повышения качества и снижения количества дорожных работ в рамках тех же ресурсов отрасли**. Дифференцированный подход всегда выгоднее для сообщества по затратам средств бюджета на 1 км (или м<sup>2</sup>) на протяжении жизненного цикла дороги. Экономия средств наступает уже на стадии строительства, т.к. точные исходные данные позволяют оптимизировать проектные решения, что снижает строительные затраты на 15-50%. На протяженных дорогах эффект дифференцированного подхода ощутимее из-за экономии на транспортировке материалов и снижении воздействия строительной деятельности на окружающую среду.

### **Влияние интенсивности движения на возникновение деформаций**

Отличие дорог с высокой интенсивностью от дорог с низкой интенсивностью - воздействие нагрузок с большей частотой, что «включает» **дополнительный механизм разрушения - УСТАЛОСТЬ**, свойственный каждой инженерной системе, работающей в условиях цикличности. Один проход - одно разрушающее воздействие, много повторяющихся проходов ведет к накоплению деформаций на молекулярном уровне и следствию - разрушению конструкции **при нагрузках меньших, чем предельные**.

Поэтому дороги с высокой интенсивностью требуют дополнительных качеств, компенсирующих усталость, и таким качеством становится СВЯЗНОСТЬ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ, улучшающая распределение нагрузки по слоям, см. **Рис. 4**) в дополнение к базовым качествам дорожной конструкции:

1. Водоотводу,
2. Качеству материала,
3. Уплотнению материала слоев.



**Рис 4.** Схема распределения нагрузки по слоям дороги с интенсивным движением за счет их связности

### **Специфика деформаций дорог, построенных на торфах, и меры по минимизации рисков деформаций**

Болота - это не грунт, а некая подвижная субстанция, которую уклон 2% уже способен привести в движение. Подвижность болот опасна не только для дорожных конструкций, но и для экосистем. Поэтому любая планируемая деятельность на болотах требует предварительной экологической оценки. Поведение торфа зависит от типа болота, где этот торф сформировался.

**Дорога на болоте** - более сложная инженерная конструкция, которая строится и эксплуатируется в изменчиво-эластичных условиях. Компрессия торфа (осадка и уплотнение торфа) - процесс, который длится десятилетиями и в результате которого торф по своим качествам приближается к грунтам.

**Главный вопрос:** Как ускорить процесс трансформации подвижной и неопределенной субстанции в более понятную субстанцию, которую уже можно описать понятиями механики грунтов?

Главный способ искусственной компрессии торфа - надвигка слоев, когда каждый последующий слой пригружает предыдущий, ускоряя осадку и компенсируя потерю высоты осадки от действия веса добавляемого грунта и динамических нагрузок движущейся строительной техники.

**Вывод 16:** Отправным пунктом для проектирования является знание характеристики болот + экологический подход. С позиции дорожного строительства - торф - крайне нежелательный вариант оснований, однако во многих странах северной Европы отсутствует возможность избежать этого варианта. Пример - Шотландия, где 20% дорог построено на болотах.

### Управление геотехническими рисками

Универсальный принцип управления рисками при строительстве и содержании дорог на основаниях из торфа имеет стадии:

1. Избежать риска (avoid risk)
2. Передать риск каким-либо устройствам (transfer risk)
3. Уменьшить риск, которого не удалось избежать или компенсировать (mitigate risk)
4. Принять риск и ответственность и предусмотреть меры для устранения последствий риска, который не удалось устранить (accept risks and responsibilities).

В современной западной дорожной практике **дорожный проект не может быть допущен к реализации, если в его составе отсутствует система управления рисками**. Для того, чтобы минимизировать риски при строительстве дорог на торфе, требуется:

1. Знать, как залегает торф,
2. Понимать возможные сценарии его поведения,
3. Иметь в запасе несколько инновационных вариантов решения возможных проблем.

Особая инженерная задача - **расширение дорог на торфах**, которая требует:

1. Вскрытия канавы на месте уширения и заполнения ее новым материалом,
2. Пригрузки 1-2-3 слоя,
3. Объединения армирующей сеткой старой и новой частей дороги в единую конструкцию.

Семь заповедей дорожного инженера, имеющего дело с торфом в качестве дорожного основания:

1. Имей точные знания, а не догадки,
2. Пойми грунтовые условия,
3. Уважай грунтовые условия и законы гидравлики,
4. Не навреди экосистеме,

5. Оцени геотехнические риски и управляй ими,
6. Наблюдай за результатами,
7. Формализуй полученные уроки, делай выводы, делись ими с инженерами, работающими над решением аналогичных задач.

Все страны-партнеры ROADEX имеют собственные руководства для уширения дорог (но в разной степени проработки).

Причина - необходимость решения несколько различных задач, например:

1. Анализ причин неудач, в определенных местных условиях;
2. Акцент на критические параметры уширений при проектировании, строительстве и эксплуатации;
3. Решения возникших проблем (устранение ранее допущенных ошибок).

Однако, обобщая опыт, можно сказать, что основной проблемой, возникающей при уширении дорог, является **несвязность нового и старого**, что проявляется в:

1. Различиях в осадках,
2. Продольных (стыки) и поперечных трещинах,
3. Неравномерности морозного влияния и весеннего оттаивания,
4. Неравномерности деформаций на участках кривых в плане.

Практика показывает, что главное направление для минимизации следствий «несвязности старого и нового» - устройство армирующих сеток на глубине 20-25 см и смягчение кривой увеличением радиуса и устройством виража в новых параметрах кривой.

Как правило, уширение устраивают с одной стороны для снижения затрат. Однако **уширение с обеих сторон имеет явные преимущества**, поскольку под уширение можно использовать обочины, которые более-менее стабилизированы, поэтому практика все больше заставляет склоняться **к симметрии уширения**, что **снижает риски деформаций и издержки дорожной отрасли и пользователей** при эксплуатации дорог, построенных на болотах.

**Примечание:** Существующее дорожное обустройство необходимо до уширения перенести на схему будущей уширенной дороги, чтобы после завершения работ по уширению обустройство можно было лишь восстановить, а не делать новый проект.

**Вывод 17:** Технологии строительства, реконструкции и содержания дорог, проходящих по болотам, находятся в стадии развития с учетом повышения внимания сообщества и дорожной отрасли к решению задач - снижения негативного влияния транспортной деятельности на экосистемы и снижения затрат на дорожное содержание.

### С. Использование системы контроля давления воздуха в шинах тяжелых грузовых транспортных средств



### История вопроса «Контроль давления воздуха в шинах тяжелых грузовых автомобилей для снижения фактора разрушения дорог

1. Канада 1940-50-е: Стремление лесного бизнеса сократить перерывы в деятельности отрасли, вызванные сезонными ограничениями по эксплуатации гравийных дорог, устанавливаемых их владельцами. Лесная отрасль предложила владельцам дорог обсудить условия, при которых уменьшение ограничений было бы возможным.
2. Поиск условий стимулировал исследования механизмов разрушения и влияния сезонных условий и нагрузок на природу этих механизмов, а также поиск решений по снижению разрушающего воздействия транспортировки леса на гравийные дороги.
3. В 1940-е впервые на канадских лесовозах появились сдвоенные оси, главным образом, для преодоления участков маршрутов с пересечением лесных рек, где особую сложность представлял выход из реки и подъем на берег. В основу конструкций транспортных средств были положены решения, использованные на советской военной технике. Советский Союз в 1940-60-е был мировым лидером в области техники для транспортировки в экстремальных условиях. В 1970-е годы советский опыт был заимствован всеми ведущими мировыми производителями специальной грузовой техники. В 1990-е бывшие оборонные и специальные системы распространились на системы коммерческих грузовых автомобилей (контейнеровозов), что позволило наращивать их грузоподъемность и снижать себестоимость перевозок.
4. Канадские исследования легли в основу правил игры - законодательства по эксплуатации дорог в неблагоприятный сезон года. Основным условием межотраслевого соглашения стало соглашение по движению по дорогам на шинах с пониженным давлением воздуха и скоростью. На рынке стали появляться разработки:

- систем контроля давления в шинах грузового транспорта: CTIS (Central Tyre Inflation System – центральная система подкачки шин) и TPCS (Tyre Pressure Control System – система контроля давления воздуха в шинах)
  - новых конструкций шин для грузовых автомобилей, не чувствительных к износу и повреждениям при эксплуатации с пониженным давлением, устойчивых к боковым заносам на затяжных поворотах. Эти шины имеют хороший запас службы и после завершения срока эксплуатации в качестве зимних и межсезонных шин, продолжают эксплуатироваться в качестве летних шин грузового транспорта.
5. В Канаде с самого начала действие межотраслевого соглашения и регулирующего законодательства стали объектом мониторинга и анализа для поиска оптимальных практик как с позиции выгод бизнеса, так и дорожного хозяйства. В соответствии с этим соглашением все грузовые автомобили, транспортирующие лес, должны быть оснащены центральными системами контроля давления воздуха в шинах.
  6. Основной ошибкой лесной отрасли Канады стала попытка минимизировать затраты на реализацию межотраслевого соглашения. На грузовые автомобили стали устанавливаться наиболее дешевые аналоги систем контроля давления в шинах французского производства. В условиях климата Канады эти системы выходили из строя и вместо ожидаемых выгод бизнес начал терпеть убытки. Вывод был сделан и ненадежные французские системы были заменены системами скандинавского, канадского и новозеландского производства, адаптированных к экстремальным северным условиям эксплуатации.
  7. Исландия заимствовала алгоритм межотраслевых взаимоотношений у Канады и адаптировала его применение к иным геологическим и климатическим условиям с помощью собственных исследований (непрочные дорожные конструкции, строящиеся из единственного доступного материала - вулканических пород - при прохождении дорог по болотистым переувлажненным участкам).
  8. Финляндия и Швеция заимствовали алгоритм межотраслевых взаимоотношений у Канады и Исландии также с адаптацией опыта к геологическим и климатическим условиям европейского севера.
  9. Сегодня средняя цена качественной центральной системы управления давлением в шинах составляет 30 тыс Евро. Однако, эти затраты лесного бизнеса окупаются за один сезон, поскольку в соответствии с межотраслевым соглашением для грузовых автомобилей, оборудованных такими системами, не действуют ограничения для движения в период распутицы, и логистика лесного бизнеса работает в обычном режиме.
  10. Основания для такой привилегии - снижение давления и увеличение площади контакта (Footprint, Wheelprint, Tyreprint), в результате чего нагрузка от тяжелого грузового автомобиля распределяется по большей площади покрытия, и деформации сосредотачиваются ближе к поверхности (аналог - различия между ходьбой пешком и на лыжах по глубокому снегу) в результате чего снижается разрушение дорог. Эффект - распределение нагрузки происходит на глубине 20-30 см верхней конструкции дороги без деформации нижележащих слоев.

## С. Общие рекомендации для улучшения состояния российских дорог с низкой интенсивностью движения

Общие рекомендации для улучшения состояния российских дорог, логически следующие из выводов реализованных рабочих пакетов Проекта, приведены в **Таблице 5**.

**Таблица 5** Общие рекомендации Проекта по улучшению состояния российских дорог с низкой интенсивностью движения

| Выводы  | Общие рекомендации   |
|---|--|
| <p><b>1:</b> От дорожной отрасли требуется долгосрочность видения, способность мыслить шире административных и ведомственных границ, осознавать свою роль в мультимодальной команде «транспортная система», принимать глобальные вызовы (климатические изменения) и требования пользователя (рост грузоподъемности транспортных средств).</p> <p><b>Цель отрасли</b> - наилучшим образом способствовать реализации логистических планов пользователей, способствуя повышению их конкурентоспособности и развитию, что пополняет бюджеты, оправдывая расходы отрасли на содержание дорог в глазах общества. Позитивное отношение общественности к деятельности дорожной отрасли - гарантия ее финансовой стабильности и развития.</p>  | <p>Очевидно, что российской дорожной отрасли не хватает <b>формулировки миссии и стратегии развития</b>, которая бы содержала:</p> <p>1. Постановку долгосрочных целей отрасли, аналогичных целям отраслей Северных стран Европы, а именно:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Клиенториентированность;</li> <li>2. Социальная и экологическая ответственность;</li> <li>3. Долгосрочность планирования;</li> <li>4. Мультимодальный подход при принятии стратегических решений;</li> <li>5. Курс на инновации</li> </ol> <p>2. Задачи, направленные на достижение целей, и расстановка приоритетов при решении задач (Приоритеты - развитие отраслевых ресурсов - информационного, профессионального, технологического, материального и финансового; повышение качества принимаемых решений с учетом жизненного цикла автомобильной дороги; разработка долгосрочных программ как инструментов системного подхода для решения задач).</p> |
| <p><b>2:</b> Цель проекта «Управление дорогами с низкой интенсивностью движения» - внести вклад в снижение <b>негативного влияния «граничного эффекта»</b> через гармонизацию практик, определяющих эксплуатационные характеристики дорог. Финские дороги - доказательство, что иметь качественные дороги в северных климатических условиях и при ограниченных бюджетах - возможно. Пользователь не должен ощущать, где заканчивается финская дорога и начинается российская. Единичный проект приграничного сотрудничества не может решить всех проблем, но он может создать мультипликативный эффект, содействующий ускорению процесса их решения. Большинство практик, рассматриваемых в Проекте, адресованы дорожной конструкции как инженерному сооружению, что делает рекомендации Проекта актуальными для:</p> | <p>Большинство практик адресованы <b>дорожной конструкции как инженерному сооружению</b>. Поэтому гармонизирующие технологические рекомендации Проекта следует распространить <b>для дорог всех технических категорий</b>, пользователи которых не должны испытывать рисков, неудобств и издержек из-за негативного проявления «граничного эффекта» <b>на направлениях логистических маршрутов</b> (межрегиональных, национальных и международных), формируемых из дорог разных технических категорий и разной ведомственной подчиненности.</p>  |

|  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• дорог всех технических категорий, расширяя зону его позитивного влияния;</li><li>• инженеров-дорожников, содействуя их профессиональному развитию.</li></ul>   |  |
| <p><b>З:</b> Характерная особенность исследований, проводимых по заказу дорожной администрации, - их прикладной характер. Результаты исследований - выводы, позволяющие повышать качество принимаемых управленческих и финансовых решений, снижать риски ошибок. <b>Главная цель - рациональное использование имеющихся ограниченных ресурсов дорожной отрасли и повышение отдачи от этих ресурсов для сообщества.</b> Принцип, принятый отраслью - чем меньше ресурсов, тем выше должен быть КПД от их использования на фоне роста требований пользователей.</p> <p>Практика доказывает реализуемость принципа при соблюдении ряда условий:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Точность постановки задач Заказчиком на основе точной диагностики и точность действий подрядчиков. Точность - критически важное требование, если финансовый ресурс ограничен.</li><li>- Стратегия деятельности - предупреждение появления условий, следствием которых становятся дорожные проблемы.</li><li>- Выбор инженерных решений наиболее выгодных для сообщества в контексте жизненного цикла дороги.</li><li>- План поступательного наращивания эффекта, т.е. за тем, что делается сегодня, должна быть понятна последовательность будущих действий.</li><li>- Диалог с пользователем для продвижения методов бережной эксплуатации дорог.</li><li>- Инновации (управленческие подходы, технологии, материалы).</li></ul> | <p>Исследования позволяют повышать качество принимаемых управленческих и финансовых решений и снижать риски ошибок. Результат - <b>рациональное использование имеющихся ограниченных ресурсов дорожной отрасли и повышение отдачи от этих ресурсов для сообщества.</b> Принцип - чем меньше ресурсов, тем выше должен быть КПД от их использования - следует позаимствовать как гарантию <b>повышения отдачи от имеющихся ресурсов отрасли</b> с помощью условий:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Точность постановки задач Заказчиком на основе диагностики, точность и адресность действий подрядчиков.</li><li>• Стратегия деятельности - предупреждение появления условий, следствием которых становятся дорожные проблемы и ухудшение дорожных условий для пользователей.</li><li>• Выбор инженерных решений, наиболее выгодных для сообщества в контексте жизненного цикла дороги.</li><li>• Планируемая поступательность наращивания позитивного эффекта.</li><li>• Диалог с пользователем для продвижения щадящих методов эксплуатации дорог.</li><li>• Заимствование, адаптация и распространение инноваций на управленческие подходы, технологии, материалы.</li></ul> <p>Задавая необходимую несущую способность дорог на маршрутах, исходя из логистики бизнеса (транспортных средств, обеспечивающих минимальные транспортные издержки), с помощью модели можно подобрать <b>оптимальный план</b> усиления дорог на логистических маршрутах. Оптимальный план будет складываться из дифференцированных решений для отдельных участков, где могут потребоваться:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Лишь малые меры по улучшению несущей способности (улучшение водоотвода);</li><li>• Средние меры по устранению дефектов дорожной конструкции (усиление участков, проходящих по болотам);</li><li>• Серьезные меры по реконструкции (искусственные сооружения).</li></ul> |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>Планирование мер таким образом быстрее ведет к результату, т.к. ресурсы отрасли сосредотачиваются на улучшении несущей способности критических участков логистических маршрутов «отраслей-тяжеловесов».</p>  |
| <p><b>4: Точная диагностика</b> - путь для поддержания хорошего эксплуатационного состояния дорог <b>минимальными ресурсами</b> за счет:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Раннего выявления причин, которые ведут к появлению проблем;</li><li>• Адресного своевременного устранения причин проблем с помощью малозатратных предупредительных мер.</li></ul> <p>Диагностика на основе инструментальных методов чрезвычайно выгодна для владельцев дорог, учитывая скорость и точность собираемых данных, следствием анализа которых становится <b>своевременность, точность и адресность предпринимаемых мер</b>, что позволяет многократно окупиться средствам, направленным на раннюю диагностику.</p> <p>Для российских дорог именно диагностика должна стать отправным пунктом для планирования мер по улучшению состояния дорог в рамках имеющихся ресурсов и повышения отдачи от этих ресурсов при помощи правильной расстановки приоритетов.</p> | <p><b>Диагностика</b> - отправной пункт для планирования мер по улучшению состояния российских дорог в рамках имеющихся ресурсов и повышения отдачи от этих ресурсов путем <b>правильной расстановки приоритетов</b>. Нарботки проекта ROADDEX и рекомендации, следующие из применения <b>модели расчета необходимых улучшений дорог с низкой интенсивностью движения для подготовки их к росту нагрузок</b>, позволяют планировать меры с учетом российских условий:</p> <p>1. На начальном этапе необходимо <b>сконцентрировать внимание отрасли на устранении очевидных критических инженерных недостатков дорог</b> (в первую очередь, водоотвода), снижающих их эксплуатационные качества и укорачивающих полезную «жизнь» дороги. Эти ошибки не требуют инструментальной диагностики, т.к. они очевидны для инженера. Примеры:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Примыкания к дорогам общего пользования, нарушающие функциональность продольного водоотвода, что требует оценки рисков снижения функциональности продольного водоотвода.</li><li>• Образование панцирного льда весной, что требует его ликвидации для повышения сохранности дорог и сокращения затрат на последующий ремонт.</li></ul> <p>2. После ликвидации очевидных дефектов целесообразно ввести в практику <b>комплексные диагностические обследования дорожной сети с помощью специальных подрядчиков</b>, владеющих:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• методами инструментальной диагностики,</li><li>• опытом разработки решений по предупреждению дорожных проблем.</li></ul> <p>Диагностика будет содействовать <b>развитию «профилактических методов лечения дорог»</b>, которое следует осуществлять в маршрутном контексте, для обеспечения максимального эффекта для логистики пользователей.</p> |
| <p><b>5: Дифференцированный подход</b> к повышению несущей способности дорог увеличивает затраты на стадии диагностики, анализа данных и подбора оптимального адресного решения для каждого специфического дорожного участка. Однако эти затраты окупаются сокращением</p>   | <p><b>Увеличение вклада в дорогу ресурсов «Информация» и «Профессионалы» (инженерное мышление) снижает потребность в ресурсах «Материалы» и «Финансы»</b>. Результатом становится не только уменьшение себестоимости дорожных работ, но и негативного воздействия на окружающую среду</p>   |

|   |   |
|---|---|
| <p>материалоемкости дорожных работ, потребностей в возке материала и рекультивации карьеров.</p>  | <p>(снижение объемов требуемых земработ, потребности в карьерах и возке материалов).</p>  |
| <p><b>6:</b> Практика весового контроля противоречит научным выводам, не содействуя ни решению дорожных проблем, ни улучшению конкурентоспособности бизнеса.<br/>Научно установлено: величина разрушающего фактора, который испытывает дорожная конструкция под воздействием тяжелого грузового движения, зависит не от веса транспортных средств, а от количества осей, распределения веса по осям, конструкции шин, давления воздуха в шинах, скорости движения и интервала времени между проходами этих транспортных средств.</p>  | <p>Важно <b>распространить информацию о природе механизма разрушения дороги</b>, чтобы привести практику действий по повышению сохранности дорог в соответствие с научными выводами.<br/>Основой деятельности по повышению сохранности дорог должен стать <b>диалог с пользователями</b> - «тяжеловесами». Эксперимент по установке такого диалога, проведенный в Архангельской области партнером Проекта - Архангельскавтодором, показал перспективность движения в этом направлении.</p>  |
| <p><b>7:</b> Исследованиями, проведенными в рамках проекта ROADEX, было установлено, что 45 км/ч - оптимальная скорость для обеспечения необходимой паузы между проходами соседних осей транспортного средства, чтобы конструкция гравийной дороги могла восстановиться без накопления остаточных деформаций.<br/>При движении со скоростью менее 45км/ч <b>позитивный эффект, приобретаемый дорогой, «перечеркивается» увеличением логистических издержек пользователей</b> (потери времени). Наилучшее решение - применение систем контроля давления воздуха в шинах, что позволяет увеличивать скорость движения автомобилей до 50-70 км/ч без ущерба для дорог. Результат - снижение логистических издержек бизнеса, что позволяет окупить затраты на установку систем контроля давления за один сезон.</p> | <p>Выводы из финской практики могут послужить основой для совместного <b>пилотного проекта дорожной и лесной отраслей в рамках межотраслевого диалога</b> для отработки оптимальных условий для транспортировки леса в весной, учитывая: давление воздуха в шинах + соблюдение скоростного режима + восстановительные паузы между проходами автопоездов.<br/>Наблюдения за:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• эффектом, создаваемым щадящим режимом эксплуатации для автомобильных дорог</li> <li>• выгодами бизнеса и экономики области,</li> </ul> <p>позволят сделать выводы о масштабе пользы от реализации межотраслевого соглашения для бизнеса, бюджета и сообщества.</p> |
| <p><b>8:</b> Опыт всех стран подтверждает правило: чем сложнее гидрологические условия местности и более зависимо качество дорожно-строительных материалов от влажности, тем выше <b>выгоды от инвестиций в хороший водоотвод</b>. Архангельский рабочий пакет доказывает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Эксплуатационные характеристики и несущая способность дорог в Архангельской области неудовлетворительны, главным образом, из-за плохого водоотвода. Следствие переувлажнения дорожной конструкции - снижение всех ее прочностных свойств и деформации; конструкции (колейность, пучения, выбоины, трещины).</li> <li>• Деформации ухудшают эксплуатационные характеристики дорог,</li> </ul>  | <p><b>Приоритетным направлением</b> практической деятельности для улучшения эксплуатационных характеристик дорог и сокращения издержек на дорожное содержание состояния в северных климатических условиях - <b>приведение в функциональное состояние водоотвода дорог</b>.<br/>Теорией и практикой доказано, что никакая реконструкция не улучшит эксплуатационные характеристики российских дорог, если водоотвод не будет функционировать должным образом и конструкция дороги не будет защищена от ослабляющего влияния воды.</p>  |

|  |  |
|--|--|
| <p>плавность движения снижается, транспортные издержки пользователей и сообщества растут из-за задержек и потерь времени, аварийности, негативного влияния плохих дорог на здоровье пользователей, усиления воздействия транспорта на окружающую среду и здоровье.</p>   |  |
| <p><b>9:</b> Мурманский рабочий пакет Проекта, включающий компонент инструментальной диагностики, подтверждает выводы Архангельского рабочего пакета, основанного на визуальной диагностике и лабораторных испытаниях, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Качество покрытия и его долговечность критически зависят от состояния водоотвода;</li> <li>• Первоочередными мерами для улучшения состояния покрытий должны быть меры по восстановлению функциональности водоотвода;</li> <li>• Меры по восстановлению покрытия на проблемных участках без улучшения водоотвода экономически не рациональны, т.к. межремонтный срок не будет обеспечен, эксплуатационные характеристики быстро ухудшатся, вызывая рост логистических издержек пользователей;</li> <li>• Профессиональная репутация дорожной отрасли снижается, недовольство налогоплательщиков ведет к <b>снижению защищенности финансового ресурса дорожной отрасли.</b></li> </ul> | <p>Общими рекомендациями для улучшения российских дорог, которые вытекают из <b>анализа результатов георадарного обследования</b> в Мурманской области, являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Критическая необходимость обеспечения дорожного водоотвода;</li> <li>• Необходимость однородного уплотнения слоев материала, укладываемого в дорожную конструкцию;</li> <li>• Необходимость улучшения гранулометрического состава слоев основания;</li> <li>• Качество проектирования, строительства и последующего содержания участков сопряжения: прямых участков и кривых в плане; покрытий на подходах к мостам и на мостах; участков перехода из насыпи в выемку; участков залегания горной породы; участков залегания торфа; участков над водопропускными трубами.</li> </ul> |
| <p><b>10:</b> Сравнение российской практики с практикой ROADEX по строительству дорог на слабых грунтах <b>не выявляет принципиальных различий</b>. Обе практики развивались параллельно, приводя к схожим выводам и технологическим решениям. Это означает, что потрачено, как минимум, вдвое больше ресурсов для достижения результата (времени, денег), чем потребовалось бы в случае сотрудничества.</p>   | <p>Решать сложные проблемы выгодно объединяя ресурсы и совместно пользуясь достигнутыми результатами.<br/> <b>Российский опыт строительства и содержания дорог на торфах следует «обновить» путем его интеграции с опытом западных коллег.</b> В результате обновления технологические приоритеты российской дорожной отрасли должны выстроиться в очередности: 1) экологический 2) экономический 3) инженерный.<br/>         Современный подход - адаптация технологий к условиям окружающей среды, а не изменение среды. Российскую практику содержания дорог на торфах следует развивать в общем тренде («четырёхмерность»), сформированном и развивающемся в рамках профессионального сотрудничества ROADEX, подключение к которому - способ ускорения улучшения российских дорог.</p>         |
| <p><b>11:</b> Для того, чтобы сделать вывод об экономическом эффекте применения того или иного метода и представить результаты</p>   | <p>Проведение экспериментов в процессе наращивания инновационной деятельности требует безупречной чистоты эксперимента, чтобы результаты</p>   |

|  |  |
|--|--|
| <p>профессиональному сообществу, необходима <b>чистота эксперимента</b>. Это значит, что меры по стабилизации материала покрытия должны проводиться в нормативных условиях содержания дороги, а именно: при восстановленном продольном профиле дороги и функциональном водоотводе. Без этого сравнение результатов российского эксперимента и практики ROADEX не будет корректным, а результат эксперимента будет подвергнут сомнению профессионалами.</p>   | <p>инновационной деятельности принимались <b>профессиональным сообществом</b> с доверием.</p>  |
| <p><b>12: Главные факторы негативного влияния дорог на здоровье и безопасность пользователей:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Различные дефекты покрытия, создающие транспортные вибрации и возникновение боковых колебаний грузовых автомобилей (бафтинга);</li> <li>• Различия в сцеплении колес транспортного средства и покрытия проезжей части в результате проведения ямочного ремонта;</li> <li>• Вода на покрытии проезжей части в результате дефектов поперечного профиля.</li> </ul>  | <p>Вступление России в ВТО потребует гармонизации законодательства, принципов, требований, в том числе, и к эксплуатационным качествам автомобильных дорог. Дорога - продукт, предоставляемый потребителю дорожной отрасли, который имеет определенные характеристики, зафиксированные соответствующей документацией. Одно из главных качеств любого продукта - его безопасность для потребителя. Следовательно, к характеристикам дороги могут предъявляться требования закона о защите прав потребителя. Как только российские юристы освоят эту логику, действующую в практике стран ЕС, уязвимость российской дорожной отрасли возрастет: дорожникам будет предъявляться все больше исков, которые неизбежно заставят отрасль улучшать потребительские качества дорог. Было бы благоразумно упредить шквал исков и, воспользовавшись доступностью материалов ROADEX, <b>заблаговременно устранить основания для претензий пользователей.</b></p> |
| <p><b>13. Чем раньше</b> предпринимаются действия по устранению причин колеяности, <b>тем дешевле</b> эти действия. Запущенная колеяность, которая уже привела к остаточным деформациям слоев дорожной конструкции, потребует затратных действий для восстановления нарушенной однородности конструкции (восстановление слоев или укладки армирующих сеток) и усиления ее несущей способности.</p>   | <p>Переход от реактивного типа управления содержанием дорог (т.е. реагирования на уже существующие дорожные проблемы) <b>к стратегии содержанию дорог на основе регулярных предупредительных действий</b> - главное направление для снижения издержек дорожного содержания, что позволит дорожной отрасли даже в рамках имеющихся ресурсов делать больше для улучшения состояния дорог.</p>  |
| <p><b>14. Способность управлять</b> сетью существующих дорог и <b>готовить эту сеть для работы в более сложных условиях</b>, обусловленных ростом нагрузок и климатическими изменениями, сводится к способности профессионально <b>сохранять однородность дорожной конструкции</b>, т.е. <b>предупреждать образование остаточных деформаций</b>. Сохранение конструкции дороги позволяет предпринять точные, а значит, экономичные действия по повышению ее несущей способности. Существующая несущая способность может иметь разные значения на всем протяжении дорожного маршрута, но дифференцированный</p> | <p>Переход к стратегии системного регулярного и предупредительного дорожного содержания создает основу для подготовки дорог к эксплуатации в более сложных условиях, обусловленных ростом нагрузок и климатическими изменениями. Подготовка дорог сводится к реализации плановых, точных и адресных мер по повышению несущей способности дорог, формирующих <b>логистические маршруты</b>, обеспечивающие выход местных производителей на внешние рынки для интеграции местных экономик в более масштабные экономические схемы.</p>  |

|   |   |
|---|---|
| <p>подход позволяет подобрать точные решения для всех специфических участков дороги, чтобы в итоге общий показатель несущей способности маршрута отвечал показателю, требуемому для логистики бизнеса и интеграции экономики северной периферии в экономику мировую.</p>  | <p>Реализация этих перспектив по развитию экономики северной периферии критически зависит от управленческого и инженерного профессионализма дорожной отрасли.</p>   |
| <p><b>15. Точность исходных данных диагностики реализует потенциал повышения качества и снижения количества дорожных работ в рамках тех же ресурсов отрасли.</b> Дифференцированный подход всегда выгоднее для сообщества по затратам средств бюджета на 1 км (или м2) на протяжении жизненного цикла дороги. Экономия средств наступает уже на стадии строительства, т.к. точные исходные данные позволяют оптимизировать проектные решения, что снижает строительные затраты на 15-50%. На протяженных дорогах эффект дифференцированного подхода ощутимее из-за экономии на транспортировке материалов и снижении воздействия строительной деятельности на окружающую среду.</p> | <p>Качество исходных данных - основа для принятия управленческих и инженерных решений.<br/>Чем качественнее эта основа, тем ниже риски ошибок и меньше издержки отрасли, пользователей и сообщества.<br/>Конкретное преимущество, обеспечиваемое точностью исходных данных (результатом инструментальной диагностики) и дифференцированного подхода на их основе, - снижение материалоемкости решения задач по повышению несущей способности дорог с вытекающими следствиями:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Снижение себестоимости дорожных работ, больше результата за те же деньги;</li><li>• Ускорение решения дорожных проблем;</li><li>• Снижение негативного воздействия на окружающую среду.</li></ul> |
| <p><b>16.</b> Отправным пунктом для проектирования является знание характеристики болот + экологический подход. С позиции дорожного строительства торф - крайне нежелательный вариант оснований, однако во многих странах северной Европы отсутствует возможность избежать этого варианта.</p>  | <p>Совершенствование технологий строительства и реконструкции дорог на болотах - область перспективного профессионального международного сотрудничества и инноваций.</p>  |
| <p><b>17.</b> Технологии строительства, реконструкции и содержания дорог, проходящих по болотам, находятся в стадии развития с учетом повышения внимания сообщества и дорожной отрасли к решению задач - снижения негативного влияния транспортной деятельности на экосистемы и снижения затрат на дорожное содержание.</p>   |   |

## **Справка 1      Острая потребность в инженерах**

Глобальная тенденция - рост спроса на технологические разработки во всех секторах мировой экономики. Это создает новые тренды на мировом рынке инжиниринга, меняет требования к технологическим политикам, технологическим платформам и инженерным кадрам.

**Факт:** Включение в процесс реинжиниринга дает шанс выжить в нарастающей конкурентной борьбе. Жизнь требует периодических обновлений производственных процессов и переучивания человеческого ресурса. Те компании, что стараются не видеть этой потребности, вынуждены сдавать позиции более динамичным конкурентам и покидать рынок.

Для запуска процесса реинжиниринга необходимо:

- Знать тренды, чтобы встраиваться в общемировой процесс, а не довольствоваться ролью догоняющего.

Запланировать новую технологическую цепочку на основе одного из двух типов:

1. Прямая цепочка - встраивание новых инжиниринговых компонентов в действующий технологический процесс, внедряя ноу-хау на отдельных участках «технологического конвейера», выигрывая на снижении себестоимости или повышении качества, получая на выходе более конкурентоспособный продукт (услугу);
2. Обратная цепочка: с помощью компании-эксперта формулируется проблема и ставится задача по ее решению, производится выбор лучшего из арсенала технологий, сравнение и адаптация к конкретным условиям с добавлением собственных ноу-хау. В отличие от первого типа, второй тип обеспечивает качественный рывок.

**Прогноз:** Российские проектные организации первыми встретятся с реалиями жизни, обусловленными вступлением России в ВТО.

**Факт:** Российские проектировщики не могут конкурировать с западными ни по качеству, ни по затратам. Натиск технологического цунами пока сдерживается устаревшими СНИПами, таможенными технологиями и инертностью мышления российских организаций. Но это лишь вопрос короткого времени.

**Примечание:** Для преодоления инертности мышления компанией Boeing применял следующий способ: Отбиралось несколько перспективных специалистов, которые выделялись в отдельную фирму, перед которой ставилась задача, решаемая лишь с помощью нового подхода и новых технологий. Успех решения увязывался с материальной заинтересованностью.

Инженеры признают: разнообразие технологических процессов стремительно нарастает. Компетенции инженеров отстают по скорости реагирования на новшества. Чтобы догонять технологический прогресс, нужны новые подходы. Тренды развития этих новых подходов включают:

- Формирование интегрированных команд. Например, инженеры BP и Shell совместно работают над поиском решения по снижению экологических рисков при добыче нефти на морском шельфе. Разработки поступают на вооружение обеим компаниям, несмотря на то, что они конкурируют.
- Управление жизненным циклом объекта. Подход создает новые связи между проектированием и производством, в процесс вовлекаются эксплуатанты и пользователи, при планировании стыкуются функции, выполняемые разными участниками. В результате создается не статичный объект, а функциональное производство с меньшими производственными издержками и улучшенным качеством услуг на основе объекта.

**Вывод:** Природа инжиниринга стремительно меняется, что требует:

- Постоянного информационного потока и обновления знаний, которые быстро устаревают;

- Интегрированной международной системы стандартов и основополагающих правил и лучших практик по применению системы управления жизненным циклом объектов;
- Новой культуры инжиниринга для компаний, нацеленных на успех не только сегодня, но и в будущем.
- Новых инженеров, способных анализировать тренды и проблемы, принимать вызовы и ставить задачи, планировать их решение не только с учетом инжиниринговых, но и социально-экономических и экологических аспектов.

Источник: Использованы материалы журнала Эксперт С-3 №7 20-26.02.2012 «Отряд инженерного спецназа», Т.Вильде

## **Справка 2 Программы дистанционного обучения инженеров**

В настоящее время главное – как можно быстрее распространить информацию о решении типичных проблем в другие российские регионы, применяя метод «обучения обучающихся», т.е. тех российских специалистов, которые смогут впоследствии обучить коллег из других российских регионов.

- Опыт северных соседей доказывает - самый результативный способ компенсации сокращения финансирования - улучшение водоотвода для продления срока службы существующих дорог. Поэтому именно тема «Водоотвод» - приоритет для подготовки программы дистанционного обучения дорожных инженеров. Курс должен включать разделы:
  - 1 Почему хороший водоотвод важен для дороги;
  - 2 Компоненты системы дорожного водоотвода;
  - 3 Вода и материалы основания (термодинамика, капиллярная вода, свойства материалов, механизмы влияния воды на несущую способность дороги);
  - 4 Анализ функциональности и классификация водоотвода (изучения следует проводить весной и осенью, когда водоотвод работает в полную силу);
  - 5 Проблемы водоотвода и как их предупредить/устранить;
  - 6 Как представлять результаты дорожному подрядчику и заказчику;

## Структура приложений к аналитическому отчету по результатам проекта «Управление дорогами с низкой интенсивностью движения в Баренц Регионе», КО 243

Структура информационного материала, прилагаемого к аналитическому отчету по результатам Проекта, приводится в **Таблице 5**.  
Окончательная редакция отчета по результатам проекта будет подготовлена после сдачи результатов работы подрядчиков Проекта.

**Таблица 5** Структура информационного материала, прилагаемого к аналитическому отчету по результатам Проекта (по состоянию на 1.09.2012)

| Презентации   | Справки* | Приложения (технические отчеты подрядчиков, протоколы)  | Публикации Проекта  |
|---|----------|---|---|
| <b>Презентация 1</b> «Оценка влияния тяжелого грузового транспорта на конструкцию дороги. Разработка модели, Лапландия»                                     |          | <b>Приложение 1</b> Отчет «Оценка влияния тяжелых грузовых автоперевозок на дорожные конструкции. Пилотная а/д НW4».  | <b>Публикация 1</b> Лифлет «Диалог дорожной и лесной отраслей - потенциал повышения конкурентоспособности экономики Архангельской области». Электронный и печатный варианты |
| <b>Презентация 2</b> «Влияние осевых нагрузок грузовых транспортных средств, типов шин и давления воздуха в шинах на эксплуатационные характеристики дорог» |          |   |   |
| <b>Презентация 3</b> «Расчетное моделирование для планирования мер по подготовке дорог Архангельской области к росту нагрузок»                              |          | <b>Приложение 2</b> Отчет «Оценка влияния тяжелых грузовых автоперевозок на дорожные конструкции. Виртуальная симуляция. Расчетное моделирование, Рабочий пакет «Архангельская область»<br><b>Приложение 3</b> Протокол межотраслевого семинара «Развитие диалога лесной и дорожной отраслей для снижения логистических издержек бизнеса и повышения конкурентоспособности региона» |   |
| <b>Презентация 4</b> «Данные инструментальной диагностики для расчетного моделирования. Мурманская область»   |          |   | <b>Публикация 2</b> «Каталог рекомендаций по устранению дефектов дорожного содержания, выявляемых на основе визуальной диагностики»<br><i>(в стадии подготовки)</i>         |
| <b>Презентация 5</b> «Строительство автомобильных дорог на торфах. Опыт ROADEX».  |          | <b>Приложение 4</b> Данные сравнительного анализа классификаций торфов и болот  | <b>Публикация 3</b> «Экологический путеводитель инженера-дорожника» <i>(в стадии подготовки)</i>  |
| <b>Презентация 6</b> «Результаты эксперимента по стабилизации покрытий гравийных дорог с помощью извести в  |          | <b>Приложение 5</b> Отчет «Стабилизация дорог известью в Няндомском районе Архангельской области. Пример практического внедрения методики ROADEX II» <i>(в стадии</i>   | <b>Публикация 4</b> «Каталог рекомендаций по устранению проблем дорожного водоотвода, выявляемых на основе  |

|   |  |            |   |
|---|--|------------|---|
| Архангельской области»  |  | доработки) | визуальной диагностики» - (в стадии подготовки) |
| <b>Презентация 7</b> «Дефекты дорог как фактор риска для пользователей» |  |            |   |

\* Справки будут добавлены к окончательному аналитическому отчету Проекта

**Приложение А** Перечень участников семинара, прошедшего в Рованиemi 24-26 апреля 2012г. в рамках проекта «Управление дорогами с низкой интенсивностью в Баренц Регионе»

|     | <b>Organization/<br/>Представляемое учреждение</b>   | <b>Representative</b>  | <b>ФИО, должность</b>   |
|-----|--|--|---|
| 1.  | Roadscanners Oy, Project Contractor<br>Roadscanners Oy, консультант проекта<br>BLVRM по технологиям ROADEX | Timo Saarenketo, PhD,<br>ROADEX projects expert,<br>Managing Director of<br>Roadscanners Oy, Finland | Тимо Сааренкето,<br>Доктор наук, эксперт ROADEX,<br>директор компании Roadscanners<br>Oy, Финляндия |
| 2.  |  | Petri Varin,<br>Consultant   | Петри Варин,<br>Консультант   |
| 3.  |  | Pekka Maijala,<br>Development Manager  | Пекка Майяла,<br>Руководитель проектно-<br>конструкторских работ                                    |
| 4.  | Roadscanners Sweden AB<br>Roadscanners Sweden AB - Швеция  | Svante Johansson,<br>Engineer  | Сванте Йоханссон,<br>Инженер  |
| 5.  | Lapland Centre of Economic Development,<br>Transport and the Environment                                   | Tomi Tiuraniemi,<br>Project Coordinator  | Томи Тиураниemi,<br>Координатор Проекта   |
| 6.  | Лапландский Центр экономического<br>развития, транспорта и окружающей<br>среды                             | Sanna Kolomainen,<br>Manager, Customer Relations   | Санна Коломайнен,<br>Менеджер по работе с<br>клиентами  |
| 7.  |  | Jorma Leskinen,<br>Deputy Director   | Йорма Лескинен,<br>Заместитель директора  |
| 8.  |  | Olli Mourujärvi,<br>Specialist for Road<br>Management  | Олли Моуруйярви,<br>Специалист по управлению<br>дорогами  |
| 9.  |  | Ari Kilponen,<br>Head of Strategic Planning  | Ари Килпонен,<br>Начальник отдела<br>стратегического планирования                                   |
| 10. |  | Keijo Heikkilä,<br>Engineer  | Кейо Хейккиля,<br>Инженер   |
| 11. | Pooyr Finland Oy, Project Contractor<br>Pooyr Finland Oy, ведущий консультант<br>проекта BLVRM             | Juha Hyvarinen,<br>Vice-president,<br>Project Manager  | Юха Хювяринен,<br>Вице-президент компании,<br>менеджер Проекта                                      |
| 12. | The Roadex Project, Scotland,<br>Проект Roadex, Шотландия  | Ron Munro,<br>Project Manager  | Рон Мунро,<br>Менеджер Проекта  |
| 13. | Vectura, Sweden<br>Vectura, Швеция   | Johan Granlund,<br>CTO   | Йохан Гранлунд,<br>Ведущий инженер  |
| 14. | Swedish Transport Administration/<br>Roadex crew<br>Шведская Транспортная<br>Администрация/ Команда Roadex | Krister Palo<br>International Coordinator  | Кристер Пало,<br>Международный координатор  |
| 15. | Tampere University of Technology,<br>Технологический Университет Тампере,<br>Финляндия                     | Pauli Kolisoja,<br>Professor   | Паули Колисойя,<br>Профессор  |
| 16. | Coillte Teoranta, The Irish Forestry Board<br>Coillte Teoranta Ирландское Лесное<br>управление             | John Dempsey,<br>Special Projects Engineer   | Джон Демпси,<br>Инженер по специальным<br>проектам  |
| 17. | Managing Authority of Kolarctic ENPI CBC<br>Руководящий комитет Kolarctic ENPI CBC                         | Katja Sukuvaara,<br>Senior Advisor   | Катя Сукувара,<br>Старший советник  |
| 18. | FSE "Directorate of the St.Petersburg-<br>Murmansk federal road" (Project Partner)                         | Yuriy Polosin,<br>Deputy chief   | Полосин Юрий Александрович,<br>Заместитель начальника   |

|     | <b>Organization/<br/>Представляемое учреждение</b>  | <b>Representative</b>   | <b>ФИО, должность</b>  |
|-----|---|---|--|
| 19. | ФГУ «Управление автомобильной магистрали Санкт-Петербург-Мурманск» (ФГУ Упрдор «Кола»)  | Viktor Terentyev,<br>Deputy chief   | Терентьев Виктор Николаевич,<br>Заместитель начальника   |
| 20. | The State Organization of the Murmansk Region "Murmanskavtodor" (Project Partner)   | Andrey Schwarzkop<br>Deputy head on financial issues                                    | Шварцкоп Андрей Александрович,<br>Заместитель начальника по финансовым вопросам                  |
| 21. | ГУ по управлению автомобильными дорогами Мурманской области «Мурманскавтодор»   | Aleksandr Melentyev,<br>Senior engineer of Production Dept.                             | Мелентьев Александр Николаевич, Ведущий инженер производственного отдела                         |
| 22. |   | Ivan Tokmachyov,<br>Senior engineer of Production Dept                                  | Токмачёв Иван Андреевич,<br>Ведущий инженер производственного отдела                             |
| 23. |   | Margarita Guseinova,<br>Senior engineer of Production Dept.                             | Гусейнова Маргарита Геннадьевна,<br>Ведущий инженер производственного отдела                     |
| 24. |   | Dmitriy Belozеров,<br>Laboratory engineer   | Белозеров Дмитрий Леонидович,<br>Инженер лаборатории   |
| 25. |   | Kristina Molodtsova,<br>Senior engineer of Technical Dept.                              | Молодцова Кристина Владимировна,<br>Ведущий инженер технического отдела                          |
| 26. |   | Aleksey Sidorenko,<br>Director on common issues and communications                      | Сидоренко Алексей Васильевич,<br>Директор по общим вопросам и связям                             |
| 27. | JSC Road Construction Unit #3<br>ОАО «ДСУ №3»   | Valeriy Alekseev,<br>Construction foreman   | Алексеев Валерий Николаевич,<br>прораб   |
| 28. | Northern Arctic Federal University, Institute of Timber Engineering, Industrial Transport Dept.<br>САФУ, лесотехнический институт, Кафедра промышленного транспорта | Aleksandr Menshikov,<br>C.Tech.Sc., associate professor                                 | Меньшиков Александр Михайлович,<br>К.т.н., Доцент  |
| 29. | The State Organization of the Arkhangelsk Region "Road Agency   | Angelina Ignatyeva,<br>Head of Technical dept.  | Игнатъева Ангелина Петровна,<br>Начальник технического отдела                                    |
| 30. | Arkhangelskavtodor" (Project Partner)<br>ГКУ Архангельской области «Дорожное агентство «Архангельскавтодор»   | Natalia Stoika,<br>Engineer of Innovations Group  | Стойка Наталья Александровна,<br>Инженер группы инноваций и МС                                   |
| 31. |   | Denis Kulizhnikov,<br>Head of Road safety and maintenance dept.                         | Кулижников Денис Александрович, Начальник отдела содержания автодорог и обеспечения безопасности |
| 32. |   | Aleksey Volykhin,<br>Senior engineer of laboratory technical inspection and diagnostics | Вольхин Алексей Леонидович,<br>Ведущий инженер отдела ЛТК и диагностики                          |
| 33. |   | Viktor Ponomaryov,<br>Head of Innovations Group   | Пономарев Виктор Владимирович, Руководитель группы инноваций и МС                                |
| 34. |   | Olga Deart,<br>Specialist of Pricing Group  | Деарт Ольга Евгеньевна,<br>специалист группы ценообразования                                     |
| 35. |   | Irina Bazaliy,<br>Specialist of Human Resources dept.                                   | Базалий Ирина Анатольевна,<br>специалист по кадрам отдела персонала                              |

|     | <b>Organization/<br/>Представляемое учреждение</b>                            | <b>Representative</b>                           | <b>ФИО, должность</b>  |
|-----|---|---|--|
| 36. |   | Daniil Klukin,<br>Press Secretary               | Клюкин Даниил Вячеславович,<br>пресс-секретарь                         |
| 37. | JSC Mezen Road Directorate<br>ОАО Мезенское дорожное управление               | Mikhail Yakovlev,<br>Director General           | Яковлев Михаил Валерьевич,<br>генеральный директор                     |
| 38. | JSC Nyandoma Road Directorate<br>ОАО Няндомское дорожное управление           | Igor Pinaev,<br>Director General                | Пинаев Игорь Николаевич,<br>генеральный директор                       |
| 39. | JSC Kargopolskoe Road Directorate<br>ОАО Каргопольское дорожное<br>управление | Andrey Antonov,<br>Director General             | Антонов Андрей Владимирович,<br>генеральный директор                   |
| 40. | JSC Plesetsk Road Directorate<br>ОАО Плесецкое дорожное управление            | Sergey Zarubin,<br>Director General             | Зарубин Сергей Александрович,<br>Генеральный директор                  |
| 41. | Onega Road District<br>Онежский РДО   | Vasiliy Marchenkov,<br>Chief specialist         | Марченков Василий Леонидович,<br>Главный специалист                    |
| 42. | NGO "Green Wave"<br>НП «Зеленая Волна»  | Olga Beznaeva,<br>interpreter                   | Безнаева Ольга Александровна,<br>переводчик                            |
| 43. |   | Aleksey Smirnov,<br>interpreter                 | Смирнов Алексей Авенирович,<br>переводчик                              |
| 44. | ADC Ltd.<br>ООО «Автодорожный консалтинг»                                     | Elena Svatkova,<br>Director, Lead Partner       | Сваткова Елена Анатольевна,<br>Директор, Лидирующий партнер<br>проекта |
| 45. |   | Maria Shabasheva,<br>Project Manager            | Шабашева Мария Анатольевна,<br>Менеджер проекта                        |
| 46. |   | Rashida Girfanova,<br>Project Financial Manager | Гирфанова Рашида Равильевна,<br>Финансовый менеджер проекта            |
| 47. |   | Elena Mokeeva,<br>Project Secretary             | Мокеева Елена Алексеевна,<br>Секретарь проекта                         |