



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 курса  
“УЛУЧШЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРАВИЙНЫХ ДОРОГ  
НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ”  
для российских дорожных менеджеров в Мурманске**

Место проведения мероприятия	Государственное учреждение по управлению автомобильными дорогами Мурманской области «Мурманскавтодор» Адрес: г. Мурманск, ул. Гвардейская, д. 21
Дата	24-25.11.2011 г.
Темы обучающего курса:	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Управление состоянием гравийных дорог</li><li>2. Автомобильные дороги на слабых грунтах</li><li>3. Технологии стабилизации/обработки материалов дорожных покрытий и оснований</li><li>4. Экологичные инновационные технологии для существующих и будущих дорог в арктических районах</li><li>5. Оценка влияния грузовых автоперевозок. Результаты финского изучения</li><li>6. Результаты проекта ROADDEX по изучению влияния транспортных вибраций на здоровье человека</li></ol>
Тренер	Тимо Сааренкетто, доктор наук, ключевой эксперт проектов ROADDEX, директор компании Roadscanners Oy, Финляндия.
Модератор	Елена Сваткова – лидирующий партнер проекта BLVRM, директор ООО «АвтоДорожный Консалтинг»
Слушатели курса	Группа специалистов дорожной и лесной отраслей из Архангельской, Мурманской областей, республики Карелия Перечень слушателей приведен в <b>Приложении А.</b>
Материалы отчетности о мероприятии	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>Фотоотчет по результатам проведения обучающего курса для российских дорожных менеджеров в Мурманске</b> - фото 1-4</li><li>2. <b>Выводы теоретической части курса обучения</b> приведены в <b>Таблице 1</b>. Сопровождается лекционным курсом (в форме презентаций), представленным в <b>Приложениях</b> (См. соответствующие ссылки по приложениям в Таблице 1)</li><li>3. <b>Заключение по результатам оценки обучающего курса слушателями, предложения по совершенствованию</b></li></ol>

## Содержание

1	Фотоотчет по результатам проведения обучающего курса для российских дорожных менеджеров в Мурманске .....	3
2	Выводы теоретической части обучающего курса .....	4
2.1	Сумма выводов по результатам семинара .....	16
Приложение 1	Развитие критериев оценки инженерных систем.....	20
Приложение 2	Гистерезис .....	22
Приложение 3	Комментарии к требованиям российских нормативных документах к системе дорожного водоотвода.....	24
Приложение 4	Сравнительный анализ практик стран Северной Европы и России строительства и содержания автомобильных дорог на слабых основаниях (торф).....	29
Приложение 5	Аспекты построения модели и плана подготовки дорог с низкой интенсивностью к увеличению нагрузок .....	44
Источники:	.....	45

**1 Фотоотчет по результатам проведения обучающего курса для российских дорожных менеджеров в Мурманске**

**Слушатели обучающего курса «Улучшение транспортно-эксплуатационных характеристик гравийных дорог на слабых грунтах» в аудитории «Мурманскавтодора, 24-25.11.2011г.**



## 2 Выводы теоретической части обучающего курса

Цель теоретической части курса: Передача российским участникам семинара знаний, которые приобретены дорожниками стран Северной Европы в ходе исследований и реализации долгосрочного проекта ROADEX.

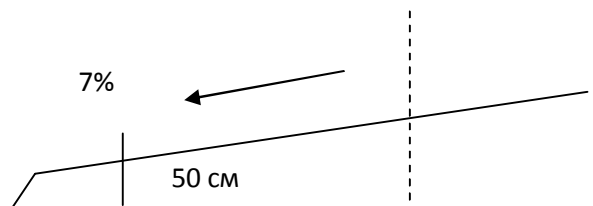
**Таблица 1** Темы теоретического курса и выводы, адаптирующие зарубежный опыт к российской ситуации

Темы теоретического курса в соответствии с программой семинара, докладчик	Приложения	Выводы, адаптирующие результаты проекта ROADEX к российской ситуации
<p><b>1. Открытие курса и ожидаемый результат от проекта</b> Кузнецов В.С., начальник ГУ по управлению автомобильными дорогами Мурманской области «Мурманскавтодор»</p>	<p>б/п</p>	<p>Приграничное положение Мурманской области создает для мурманских дорожников благоприятные возможности первыми внедрять технологии, результативность которых доказана практикой коллег из соседних стран в аналогичных климатических условиях и жестких рамках бюджетных ограничений. Дорожники Мурманской области используют преимущества приграничного положения области, участвуя в проектах и программах приграничного сотрудничества. Гравийные дороги с низкой интенсивностью движения играют критическую роль для экономик многих районов области. Поддержание этих дорог в хорошем эксплуатационном состоянии – это вклад в повышение конкурентоспособности местных производителей продукции и услуг, в создание рабочих мест и в социально-экономическое развитие многих муниципалитетов области.</p> <p><b>Вывод:</b> От проекта Коларктик «Управление дорогами с низкой интенсивностью движения в Баренц Регионе» <b>ожидаются конкретные результаты</b> – технологии и подходы, которые позволят дорожной отрасли Мурманской области не только улучшать эксплуатационные характеристики дорог и их долговечность, но также:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Повышать отдачу от имеющихся финансовых ресурсов;</li> <li>• Содействовать снижению транспортных издержек дорожных пользователей;</li> <li>• Снижать негативное воздействие строительства и эксплуатации автомобильных дорог на экосистемы природной среды Кольского полуострова;</li> <li>• Содействовать улучшению имиджа и инвестиционной привлекательности Мурманской области как на национальном, так и на международном уровнях.</li> </ul>

<p><b>2. Краткое представление второго обучающего курса для российских дорожников в рамках проекта Коларктик</b></p> <p>Сваткова Е.А. – лидирующий партнер проекта, директор ООО «АвтоДорожный Консалтинг»</p>	<p>Презентация <b>Annex 1</b></p>	<p>Проект находится в активной стадии - осуществляется отбор технологий и методов, наиболее актуальных для дорог на российской стороне Баренц региона, исходя из:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• результатов опросов российских дорожников и вопросов, возникающих в ходе мероприятий (семинаров, выездов на дорогу);</li> <li>• анализа российской отраслевой нормативно-рекомендательной базы;</li> <li>• опыта деятельности экспертов в других северных странах;</li> <li>• результатов инструментального мониторинга;</li> <li>• анализа состояния дорожной конструкции как инженерной системы, понимая механизмы ее разрушения/противостояния разрушению. См. <b>Приложение 1</b> Развитие критериев оценки инженерных систем (+<b>Вывод</b>).</li> </ul> <p><b>Вывод:</b> Уточненный перечень <b>приоритетов</b> для отбора технологий и методов включает:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Технологии:</b> обеспечения <b>водоотвода</b>, оказывающего определяющее влияние на несущую способность дорог и их эксплуатационные характеристики; строительства и эксплуатации гравийных дорог на <b>слабых основаниях</b> в условиях севера (температуры, геология, гидрология, грунты и доступные строительные материалы)</li> <li>2. <b>Методы:</b> повышения <b>осознания пользователями и политиками критической роли дорог и ответственности за их состояние</b> и, как следствие, бережное пользование дорогами и поддержание стабильного уровня финансирования дорожных нужд для обеспечения конкурентоспособности местных экономик, требуемого уровня социальных услуг, минимизации рисков дорожной аварийности и негативного воздействия дорожного движения на здоровье пользователей и окружающую среду;</li> <li>3. Повышение <b>экологической ответственности дорожной отрасли</b>.</li> </ol>
<p><b>3. Управление состоянием гравийных дорог</b></p> <p>Доктор наук Тимо Сааренкетто, ключевой эксперт ROADEX, директор компании Roadscanners,</p>	<p>Презентация <b>Annex 2</b></p>	<p>Стратегия управления состоянием гравийных дорог определяется:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Конструкцией дороги,</li> <li>2. Сезонными воздействиями на структуру дороги,</li> <li>3. Спецификой среды в окружении которой проходит дорога.</li> </ol>

Финляндия		<p>Поэтому инженер-дорожник должен обладать пониманием механизма работы дорожной конструкции (подобно тому, как инженер-механик понимает работу двигателя) для того, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Уметь поддерживать однородные эксплуатационные характеристики дороги как инженерной системы, несмотря на то, что эта система функционирует под воздействием различных нагрузок в постоянно изменяющихся условиях среды.</li><li>• Находить способы усилить дорожные конструкции на основе постоянно совершенствующихся инженерных знаний в мировой дорожной практике.</li></ul> <p>Описание механизма гистерезиса, оказывающего влияние на процесс работы дорожной конструкции, приведено в <b>Приложении 2</b>.</p> <p>Реагирование дорожников по факту возникновения проблем слишком дорого обходится пользователям и сообществу. Логистические издержки бизнеса и их конкурентоспособность напрямую зависят от профессионализма дорожников. Профессионализм дорожников заключается в том, чтобы понимать следствия от воздействия различных факторов и их сочетаний и предупреждать появление причин, ухудшающих дорожные условия. Такая <b>предупредительная стратегия управления дорогами</b> – самая экономичная.</p> <p>В перечень действий по реализации предупредительной стратегии можно отнести следующие:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Контроль состояния обочин и ширины гравийной дороги для поддержания функциональности поверхностного водоотвода и предупреждения появления колеиности;</li><li>2. Контроль состояния откосов и продольных канав для поддержания функциональности отвод воды от дороги, что определяет «здоровье» всей конструкции и ее способность выдерживать нагрузки от тяжелого транспорта для предупреждения появления остаточных деформаций конструкции дороги;</li><li>3. Контроль состояния нагорных канав для перехвата воды, стекающей по склону, предупреждая ее просачивание под дорожную конструкцию и появление ее просадок и деформаций;</li><li>4. Контроль участков дорог с повышенным риском разрушений, например: 1) полос</li></ol>
-----------	--	---

движения с внутренней стороны кривых, предупреждая истончение несущего слоя в результате грейдерования (менее 50 см) и последующее пучение, которое, как правило, протекает на глубине 50-60 см. См. **Рис. 1**. Рекомендуемая толщина минерального слоя - 80-100 см, которая способна противостоять пластическим деформациям в период оттаивания. Устройство большей толщины уже становится экономически нецелесообразным.



**Рисунок 1** Если минимальная толщина несущего слоя на кривой контролируется по внешней полосе, то внутренняя полоса движения, ослабленная грейдерованием будет разрушаться быстрее. Возникает повышенный риск аварийности; 2) Зон примыканий и пересечений с второстепенными дорогами, устройство и эксплуатация которых часто нарушают продольный водоотвод вдоль главной дороги, снижая ее устойчивость к нагрузкам от тяжелого транспорта и содействуя развитию деформаций.

5. Не допускать расширения дороги за счет обочин, поскольку под покрытием, устроенным поверх обочин нет несущей конструкции м, в результате эксплуатации такой дороги неизбежны неоднородные остаточные деформации, деформация поперечного профиля и нарушение поверхностного водоотвода. Разрушение предупреждает укладка стальной армирующей сетки, которая интегрирует конструкционно несвязные компоненты в единую систему. Использование пластиковых сеток не даст желаемого результата, т.к. рекомендуемая глубина укладки сетки – 20 см, но ее недостаточно для предупреждения разрушения пластика сетки при замерзании/оттаивании.
6. При прохождении дороги по болоту не следует нарезать боковые канавы близко к дороге. Устройство продольных канав на расстоянии 10-12 м от основания дороги предупредит выжимание торфа из-под дороги в боковые канавы при воздействии

		<p>нагрузок от транспорта, сохранит функциональность водоотвода в условиях переувлажнения и ускорит стадию активной стабилизации дороги до 2х лет.</p> <p>7. Управлять процессом пользования автомобильной дороги. Например, многократная частая нагрузка от проезда тяжелого транспорта или высокое давление в шинах грузового транспорта в условиях переувлажнения дорожной конструкции (например, весной), вызывают необратимые изменения в дорожной конструкции. Однако применение менее разрушительных моделей пользования дорогами возможны только в результате диалога дорожной отрасли и пользователей, оказывающих наибольшее разрушающее воздействие. Например, в Архангельской области таким пользователем является лесная отрасль и выстраивание сотрудничества с ней - возможность повысить сохранность дорог и снизить логистические издержки самой лесной отрасли, зависимой от дорог и их состояния. В Мурманской области также может быть целесообразным выделить группы пользователей для диалога с целью повышения сохранности дорог. Диалог – это повышение клиент-ориентированности дорожной отрасли - содействие повышению конкурентоспособности дорожных пользователей и, одновременно их «воспитание» для того, чтобы пользователи видели прямую связь между качеством дорог и своим благополучием. Заставить пользователя бережно относиться к дорогам невозможно, можно лишь договориться на основе понимания общих выгод.</p> <p>Комментарии к требованиям российских нормативных документах к системе дорожного водоотвода приведены в <b>Приложении 3 (+Вывод )</b>.</p>
<p><b>Автомобильные дороги на слабых грунтах (торф)</b> Доктор наук Тимо Сааренкетто, ключевой эксперт ROADEX, директор компании Roadscanners, Финляндия</p>	<p>Презентация <b>Annex3</b></p>	<p>Специфика инженеров Баренц Региона – углубленные знания механики такого грунта как торф, поскольку этот тип грунта типичен для севера Европы. Качество этих инженерных знаний определяет <b>выбор технологий строительства и затраты последующего содержания дорог</b>, в основании которых залегает торф. <b>Приложение 4</b> приводит сравнительный анализ практик, применяемых в странах Северной Европы и России и <b>вывод о направлениях приоритетного международного сотрудничества в этой области.</b></p>



		<p>Одна из причин потребности в объединении усилий – повышенная чувствительность болот к климатическим изменениям, поскольку торф содержит большое количество воды (до 95%). Это означает, что дорожники болотистого севера Европы первыми почувствуют <b>потребность в адаптации технологий</b> содержания существующих и строительства новых дорог. В основе адаптации технологий лежат:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Совершенствование понимания механизмов, неблагоприятных для дорожных конструкций и их эксплуатационных качеств. Наложение на решение задач строительства и содержания дорог на слабых основаниях более сложных механизмов <b>морозного пучения</b>, часто усложняющих решения и требующих совершенствования теории и практики дорожного инжиниринга.</li><li>• Гибкое <b>сопряжение и комбинирование различных методов</b> строительства и ремонта в зависимости от специфики оснований на всем протяжении дороги;</li><li>• Учет динамики стабилизации слабых грунтов – процесса, присутствующего на всем протяжении жизненного цикла дороги на слабом основании (активная осадка 1.2 в течение первых 20 дней, добор до 1.5 в течение последующих 3 лет) и <b>последующая осадка как производное трех переменных, взаимодействующих во времени</b> – свойств слоев конструкции, температуры, влажности окружающей территории.</li></ul> <p><b>Пример 1:</b> Выпадение объема осадков более обычного для данного климатического района создает риск для дорог, проходящих по болотам с различиями глубин, что создает неоднородность влажности подстилающего слоя и ведет к неоднородным деформациям земполотна, напоминающим процесс «опрокидывания лодки». Конструктивным решением для «удержания участка дороги на плаву» становится стабилизация проблемного участка земполотна с помощью дополнительного обустройства боковых бERM-поплавков, свайных конструкций или иных решений, повышающих <b>сходство участков дорог на болотах с мостовыми конструкциями и гидротехническими сооружениями</b>.</p> <p><b>Пример 2:</b> Расширение дорог на болотах – еще один вызов для инженеров, требующий решения задачи – <b>объединения конструкционно-несвязанных компонентов в единый комплекс</b>, способный выдерживать без потери целостности повышенные</p>
--	--	---

		<p>нагрузки в изменчивых условиях среды. Решение этих задач требует новых конструкционных материалов (сетки, синтетика) и <b>повышенного внимания к устройству и функциональности водоотвода</b>. Например, устройства продольных канав на расстоянии 10-12 м от основания насыпи улучшит условия и ускорит стабилизацию земполотна, предупреждая выжимание торфа из-под основания дороги с последующей деформацией дорожной конструкции.</p> <p><b>Пример 3:</b> Продольные трещины на покрытии указывают на морозные напряжения. Решение – обеспечение водоотвода и укрепление дорожной одежды дополнительным количеством материала или сетками в зоне растрескивания. Поперечные трещины сигнализируют о нахождении причины проблемы глубже, в земполотне, в подстилающем основании, а иногда и за пределами дорожной конструкции, на прилегающей территории.</p>
<p><b>Технологии стабилизации/обработки материалов дорожных покрытий и оснований</b></p> <p>Доктор наук Тимо Сааренкето, ключевой эксперт ROADEX, директор компании Roadscanners, Финляндия</p>	<p>Презентация <b>Annex4</b></p>	<p>Согласно многолетней практике – оптимальный слой обработки для стабилизации гравийных покрытий - 20 см. При выборе способа стабилизации следует помнить, что панацеи не существует и выбор способа превращается в <b>выбор «чем можно пожертвовать, а чем – нельзя»</b>.</p> <p>Рынок стабилизирующих материалов динамично развивается, а с ним расширяется и <b>конфликт «маркетинг/научный подход»</b>. Самым распространенным маркетинговым ходом является акцентирование отдельных позитивных свойств стабилизирующих продуктов при умалчении о побочных негативных свойствах.</p> <p><b>Вывод:</b> При выборе материала для стабилизации материала покрытий гравийных дорог дорожные инженеры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Должны избегать рыночных ловушек и верить лишь результатам испытаний, проведенным установленными способами, взвешивая как позитивные, так и негативные характеристики продукта;</li> <li>• Сравнивать несколько продуктов, выбирая оптимальный по соотношению затраты/результат при стабилизации покрытий <b>в конкретных условиях</b>.</li> </ul> <p>Если выбор правильный, то даже небольшое количество стабилизирующих добавок даст хороший результат.</p>
<p><b>Экологичные инновационные технологии для</b></p>	<p>Презентация <b>Annex5</b></p>	<p>Экологичность технологий дорожного строительства и содержания - <b>нарастающее требование для всех методов и технологий</b>. Ранее применялся подход:</p>

<p><b>существующих и будущих дорог в арктических районах</b> Елена Мокеева, представитель Лидирующего Партнера, Инженер ООО «Автодорожный консалтинг»</p>		<p>технология + методы, снижающие ее негативное влияние на окружающую среду. Теперь мировая дорожная отрасль находится в процессе перехода к «зеленой идее» которая выражается другой формулой: <b>Специфика экосистем и их состояние -&gt; допустимая технология, оказывающая минимальное воздействие на экосистемы при строительстве объекта + допустимая технология эксплуатации объекта + мониторинг состояния экосистем.</b> Причина – превращение природы в быстро исчезающую ценность, что подрывает экономический потенциал сообществ и качество жизни граждан. Сохранение природы и экономическое развитие в гармонии с природой означает наращивание экономического потенциала и возможности существования не только для сегодняшнего, но и для будущих поколений. Поэтому дорожная отрасль должна <b>принять свою долю экологической ответственности</b> и как можно быстрее эволюционировать от разрушителя к создателю потенциала территорий путем развития:</p> <p><b>А) Внешней составляющей:</b> Повышение интеграции и эстетичности дорог как части природного ландшафта Повышение эстетичности и экологичности дорожного содержания как способа обеспечения транспортной и экологической безопасности дорожной инфраструктуры;</p> <p><b>Б) Внутреннего наполнения</b> – использования различных отходов (научное направление отрасли) и повышения технологичности дорог (компонентов, предварительно изготовленных в заводских условиях - сетки, синтетика, элементы водоотвода, элементы укрепления), которые снижают материалоемкость дорожного строительства и потребности в содержании.</p> <p><b>Вывод:</b> Опросы российских дорожников выявили <b>потребность ликвидировать отставание их экологического сознания</b> от профессионального сознания коллег из Северных стран.</p> <p><b>Дорожники Баренц Региона</b> должны стать лидерами по развитию отраслевого «зеленого мышления» и экологической ответственности по причине большей ранимости северных экосистем и большей зависимости сообществ от природных ресурсов. Планируемый вклад данного Проекта в выравнивание уровней профессионального экологического мышления дорожников Баренц Региона – <b>карманный «Зеленый» буклет дорожника-практика.</b></p>
---	--	--

<p><b>Оценка влияния грузовых автоперевозок. Результаты финского изучения</b></p> <p>Доктор наук Тимо Сааренкето, ключевой эксперт ROADEX, директор компании Roadscanners, Финляндия</p>	<p>Презентация Annex 6</p>	<p>Рост тяжести перевозок по автомобильным дорогам – процесс объективный, <b>выгодный для общества в целом</b>, поскольку он отражает стремление бизнеса снизить себестоимость перевозок.</p> <p>Однако этот процесс – болезненный для дорожной отрасли, т.к. его следствием становится <b>ускорение разрушения дорог и рост потребности в ремонте дорог, а значит и рост потребности отрасли в ресурсах</b>. Критической задачей становится поиск <b>оптимального решения</b>, которое бы позволило:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Бизнесу работать, быть конкурентоспособным, прибыльным и пополнять бюджет (дорожный фонд);</li><li>• Дорожной отрасли иметь адекватные ресурсы из бюджета (дорожного фонда) для создания условий, отвечающих логистическим потребностям дорожных пользователей всех категорий.</li></ul> <p>Дорожники стран Северной Европы выработали <b>алгоритм такого оптимального решения</b> на основе двух составляющих:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>Инноваций – управленческих решений и технологий</b> на основе улучшенного понимания механизмов разрушения и факторов, влияющих на несущую способность и эксплуатационные качества автомобильных дорог;</li><li>2. <b>Партнерства с отраслями-пользователями для выработки «технологии пользования дорогами»</b>, чтобы поддерживать их лучшее состояние меньшими средствами, снижая <b>логистические издержки бизнеса в рамках имеющихся ресурсов</b>. Например, партнерство дорожной и лесной отраслей Финляндии способствовало: повышению конкурентоспособности лесного бизнеса на мировом рынке, стабилизации финансирования дорожной отрасли, зависимой от успеха бизнеса и пополняемости бюджета, развитию технологичности мониторинга состояния дорог, что стимулировало развитие инноваций в дорожном содержании.</li></ol> <p>Отправным пунктом для развития такого процесса стала <b>ориентация дорожной отрасли на нужды пользователя и тенденции развития отраслей-пользователей</b>, чтобы запланировать и предпринять заблаговременные меры по подготовке дорог к росту нагрузок. Такая <b>клиент-ориентированность</b> оказалась выгодной для самой дорожной отрасли и способствовала ее развитию. Более того, финские</p>
--	----------------------------	--

		<p>дорожники смогли не только адаптировать дороги к росту нагрузок, но и активно повлиять на их снижение, рекомендуя производителям грузовиков конфигурацию осей с понижением разрушающего фактора для дорог. Бизнес позитивно воспринял и учел рекомендации в силу его гибкости в вопросах совершенствования потребительских качеств продукции.</p> <p><b>Приложение 5</b> приводит аспекты, формирующие <b>модель действий по подготовке дорог с низкой интенсивностью к росту нагрузок</b>.</p> <p>Одна из задач данного Проекта – <b>адаптировать финскую модель к условиям территорий – партнеров Архангельской и Мурманской областей</b> и выявить с помощью модели те аспекты, которые потребуются учесть, чтобы увеличение нагрузок было возможным и на российской территории Баренц Региона. Перечень аспектов позволит сформировать <b>планы конкретных мер</b>, содействующих как поддержанию логистики отраслей (лесной) и одновременно, повышению конструкционных качеств и сохранности дорог.</p> <p>Принципиальными являются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Возможно ли реализовать план <b>совместными усилиями</b> лесной и дорожной отраслей?</li><li>• Удастся ли провести исследования не ради исследований, а для <b>улучшения понимания механизмов разрушения</b>, что позволит управлять рисками?</li><li>• Удастся ли <b>выявить и классифицировать все риски</b> ? Результат классификации рисков – анализ сценариев роста тяжести нагрузок при разных сочетаниях внешних условий, чтобы создать систему управления рисками (планирование мер, определение потребности в финансировании, организационные мероприятия, контроль и мониторинг).</li></ul> <p><b>Вывод:</b> Дорожная практика Северных стран показывает, что <b>точная диагностика</b>, несмотря на кажущуюся затратность, <b>«открывает глаза» на причины проблем и многократно себя окупает</b> за счет последующей экономичности оперативных и точных <b>мер профилактики, их адресного применения</b>. В целом затраты на поддержание дорог в хорошем эксплуатационном состоянии существенно снижаются, высвобождая средства для усиления ослабленных участков <b>до того, как возрастут нагрузки</b>. Показатель способности участка выдерживать нагрузки - <b>модуль упругости</b>. Наихудший сценарий для дорожной отрасли в</p>
--	--	---

		<p>модели – рост потребности в финансировании. Однако шансы решить эту задачу повышаются, если дорожная отрасль:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Способна выдвинуть <b>обоснованные аргументы</b> в пользу увеличения финансирования дорожных нужд;</li> <li>• <b>Выстроила диалог с отраслями-</b> пользователями дорог на основе понимания общей пользы, которые поддержат дорожников.</li> </ul>
<p><b>Результаты проекта ROADEX по изучению влияния транспортных вибраций на здоровье человека</b></p> <p>Доктор наук Тимо Сааренкето, ключевой эксперт ROADEX, директор компании Roadscanners, Финляндия</p>	<p>Презентация <b>Annex 7</b></p>	<p>Безопасность дорожного движения часто понимается только как снижение рисков аварийности. Однако современное понимание дорожной безопасности шире и включают также снижение негативного влияния дорог на здоровье пользователей (загазованность, шум, засоление почв и грунтовых вод, <b>вибрация</b>).</p> <p>Вибрация, возникающая при движении по неровной дороге вредна <b>для опорно-двигательной и сердечно-сосудистой систем организма человека</b>. Статистика: дальнбойщики не доживают до пенсии. Традиционно считалось, что причинами служат поднятия тяжестей, плохое питание, долгое сидение. Однако исследования позволили сделать более точные выводы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основная причина ухудшения здоровья и продолжительности жизни профессиональных водителей - длительное воздействие на организм вибраций, складывающихся из вибрации работающего двигателя и <b>неровностей дороги</b>. Ставшее результатом этого вывода <b>ужесточение требований по охране здоровья</b> профессиональных водителей в Швеции привело к остановке работы нескольких междугородних маршрутов общественного транспорта.</li> <li>2. Высокие скорости движения увеличивают вред – <b>к усилению вибрации добавляется повышенный риск аварийности</b>.</li> <li>3. Разные типы покрытий, вызывают вибрацию с колебаниями волн разной частоты и разного влияния на человека. Например, асфальтобетонное покрытие – вибрация с частотой, усыпляющей человека. Чем больше частота волн, тем сильнее негативное влияние на системы организма</li> </ol> <p><b>Пример 1:</b> Вхождение груженого лесовоза с прицепом в левоповоротную кривую на скорости 80 км в час – гарантия ДТП. Дорожные деформации, возникающие на участках примыканий и</p>

		<p>пересечений из-за плохого продольного водоотвода- дорожные дефекты, усиливающими неровность дороги, а на высокой скорости – факторы риска ДТП. Это означает, что <b>левоповоротные кривые и зоны примыканий</b> должны быть участками приоритетного внимания, особенно относительно функционирования <b>водоотвода</b>, недостатки которого способствуют развитию неровностей разного рода (например, гребенки), которые увеличивают вибрацию и негативное влияние дороги на здоровье пользователей.</p> <p><b>Пример 2:</b> Дети, проживающие в сельской местности, и доставляемые ежедневно в школу, страдают ухудшением зрения, снижением способности концентрировать внимание и усваивать материал. Они хуже учатся, и ожидаемое следствие - снижение качества человеческого ресурса в будущем.</p> <p>Данный вывод – обоснование для включения в <b>перечень приоритетов для дорожного ремонта дорог, обслуживающих движение маршрутов школьных автобусов.</b></p> <p><b>Вывод:</b> Возможности дорожной отрасли определяются объемом и стабильностью финансирования, которое находится в <b>прямой зависимости от общественного мнения, настроенного в пользу дорожной отрасли.</b> Общественное мнение формируется дорожным пользователем. Среднестатистический пользователь ценит <b>понятные ему</b> действия дорожников, направленные на <b>безопасность и комфорт.</b> Поэтому интерес общественности к теме <b>влияния дорог на здоровье намного выше,</b> чем интерес к технологическим вопросам.</p>
--	--	---

## 2.1 Сумма выводов по результатам семинара

№ п/п	Выводы
1.	<p>От проекта Коларктик - «Управление дорогами с низкой интенсивностью движения в Баренц Регионе» - <b>ожидаются конкретные результаты</b> – технологии и подходы, которые позволят дорожной отрасли Мурманской области не только улучшать эксплуатационные характеристики дорог и их долговечность, но также:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Повышать отдачу от имеющихся финансовых ресурсов;</li> <li>• Содействовать снижению транспортных издержек дорожных пользователей;</li> <li>• Снижать негативное воздействие строительства и эксплуатации автомобильных дорог на экосистемы природной среды Кольского полуострова;</li> </ul> <p>Содействовать улучшению имиджа и инвестиционной привлекательности Мурманской области как на национальном, так и на международном уровнях.</p>
2	<p>Эксплуатация инженерных систем лишь частично описывается устоявшимися теориями, а значит, лишь часть характеристик инженерных систем может задаваться нормативно. Качество инженерной системы лишь отчасти – результат соблюдения нормативов и, все больше - <b>результат знаний, опыта и инженерного мышления создателей системы</b>. Автомобильная дорога – инженерная система, построенная и эксплуатируемая в широком диапазоне изменений и сочетаний неблагоприятных факторов воздействия (геологические, гидрологические условия, сезонные условия и нагрузки). <b>Амплитуда изменений нарастает</b> (рост нагрузок, воздействия новых климатических факторов, политические факторы, нарастающие требования пользователей к качеству и безопасности дорог, а общества к – их экологичности и т.д.). Эти изменения все больше отклоняют условия функционирования дорожных систем от тех, к которым были привязаны нормативные параметры и типовые решения при их проектировании. Поэтому только <b>инженерные знания становятся ключом к пониманию причин возникающих проблем</b>, позволяя прогнозировать развитие неблагоприятных процессов в дорожных конструкциях и предлагать экономичные решения для того, чтобы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• как минимум - предупреждать ухудшение эксплуатационных качеств дорог;</li> <li>• как максимум – улучшать качество и срок службы дорог, несмотря на нарастающее влияние разрушительных внешних факторов.</li> </ul>
3	<p>Уточненный перечень <b>приоритетов</b> для отбора технологий и методов включает:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Технологии:</b> обеспечения <b>водоотвода</b>, оказывающего определяющее влияние на несущую способность дорог и их эксплуатационные характеристики; строительства и эксплуатации гравийных дорог на <b>слабых основаниях</b> в условиях севера (температуры, геология, гидрология, грунты и доступные строительные материалы)</li> <li>2. <b>Методы:</b> повышения <b>осознания пользователями и политиками критической роли дорог и ответственности за их состояние</b> и, как следствие, бережное пользование дорогами и поддержание стабильного уровня финансирования дорожных нужд для обеспечения конкурентоспособности местных экономик, требуемого уровня социальных услуг, минимизации рисков дорожной аварийности и негативного воздействия дорожного движения на здоровье пользователей и окружающую среду;</li> <li>3. Повышение <b>экологической ответственности дорожной отрасли</b>.</li> </ol>



4	<p>Геологические, гидрологические, климатические условия Баренц Региона, повышенная чувствительность экосистем к техногенному воздействию, а также, такие сезонные явления как паводки, весеннее таяние снега и оттаивание дорожных конструкций, свидетельствуют о том, что <b>проектирование, строительство и эксплуатация дорог в специфических условиях севера – это преимущественно индивидуальные, а не типовые инженерные решения.</b></p> <p>Отсутствие нормативных указаний в СНиП к устройству и функционированию систем водоотвода подтверждает, что эта <b>область предоставлена инженерам для разработки индивидуальных решений</b>, обосновываемых местной спецификой и локальными факторами влияния.</p> <p>Климатические изменения последних лет создают <b>новые вызовы</b>, ответ на которые потребует перевода водоотвода в статус приоритета при проектировании, строительстве и эксплуатации из-за его критической роли для характеристик дорог как инженерной системы (См. <b>Приложение 1</b>):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Прочности и устойчивости дороги к внешним воздействиям (сезонные явления) и нагрузкам (транспортное движение);</li><li>• Долговечности, несмотря на рост интенсивности движения (воздействие многоцикловых нагрузок – движение тяжелого транспорта, замерзание/оттаивание);</li><li>• Ресурса живучести дороги в экстремальных ситуациях (паводки);</li><li>• Продолжительности жизненного цикла дороги и межремонтных сроков;</li><li>• Транспортной безопасности для пользователя и экологической безопасности для прилегающих территорий.</li></ul> <p>Причем реагировать на эти вызовы должны, прежде всего, дорожные инженеры <b>северных территорий из-за наиболее неблагоприятных</b> условий, формируемых сочетанием климата (пониженные температуры и повышенная влажность), гидрологии, грунтов и транспортных нагрузок, обусловленных спецификой местных экономик.</p> <p>Поскольку <b>дорожный мастер</b> – ежедневный монитор состояния дороги, то актуальность приобретает <b>подготовка «карманного» справочника для мастера по визуальной диагностике состояния водоотвода</b>, для планирования оперативных и экономических мер по устранению/предупреждению причин, которые, в случае промедления, повлекут:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. ухудшение эксплуатационных характеристик дороги (рост эксплуатационных издержек пользователей),</li><li>2. рост объемов ремонтных работ (рост затрат дорожной отрасли).</li></ol>
5	<ul style="list-style-type: none"><li>• Классификации болот для целей дорожного строительства, используемые в странах Северной Европы и в России, <b>схожи</b>. Российская классификация включает финский опыт в этой области.</li><li>• Классификация торфа и его механические свойства в качестве основания для насыпей дорог также <b>сопоставимы</b>.</li><li>• При исследованиях торфа в условиях естественного залегания и в лабораториях в России регламентируются рядом ГОСТов, многие из которых устарели, поскольку ссылаются на оборудование производства советских времен. Практика Северных стран предлагает <b>перечень методов, оптимизирующих затраты</b> на проведения исследований и <b>достаточность исходных данных</b> для расчета параметров строительства земполотна на основаниях из торфа. Этот практический опыт <b>целесообразно включить в российскую практику для снижения затрат на проектирование дорог на слабых основаниях.</b></li><li>• Теоретически обоснованные принципы осадки и стабилизации земполотна также <b>не содержат противоречий</b>. Поэтому и строительные методы, применяемые при</li></ul>

	<p>строительстве дорог на торфах, <b>идентичны</b>.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Областью принципиальных различий является стадия эксплуатации дорог</b>, построенных на слабых основаниях из торфа. В практике Северных стран такие дороги – <b>объект четырехмерного пространственного мониторинга</b> (ширина, протяженность, прилегающая территория, конструкция вглубь) и объект выявления <b>механизмов разрушения на каждом конкретном участке дороги</b> как следствия локального сочетания множества переменных факторов (климатические, сезонные и локальные геологические и гидрологические явления, реальные нагрузки и практики дорожного содержания). Результатом становится множество адресных инженерных решений, в сумме:<ol style="list-style-type: none"><li>1. Позволяющих снизить затраты на дорожное содержание.</li><li>2. Повышающих удовлетворенность пользователя общим восприятием дороги, как линейного объекта.</li></ol></li></ul> <p>Российская практика, предоставляя инженерам возможности для применения индивидуальных решений при строительстве дороги на слабом основании, затем передает эту сложную инженерную систему на стадию стандартизированной эксплуатации. Дорога начинает восприниматься как <b>двухмерный плоский объект</b> (ширина и протяженность), от которого требуется лишь соответствие установленным поверхностным стандартизированным параметрам. Отклонение от параметра – основание для 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, остаются <b>за рамками внимания и инженерного осмысления</b>. Существующая практика контрактных взаимоотношений также не стимулирует стороны – заказчика и подрядчика - к поиску инновационных адресных решений. Результаты такого общего (не адресного) поверхностного подхода - устранения проблем (а не их причин):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• затратность дорожного содержания, при хроническом недовольстве пользователя состоянием дорог;</li><li>• тупиковая ситуация перед необходимостью решения критической задачи для дорог с низкой интенсивностью движения – <b>повышения несущей способности дорог для соответствия их качеств растущим логистическим потребностям местных экономик</b> (рост осевых нагрузок).</li></ul> <p>Поэтому, критическими направлениями для повышения конкурентоспособности бизнеса и качества социальных услуг для граждан северной периферии, стратегическое значение которой будет нарастать, становятся:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Подключение российских дорожников к международному сотрудничеству ROADEX и, прежде всего, по направлению – <b>повышение экономичности дорожного содержания и несущей способности дорог с низкой интенсивностью движения</b>;</li><li>2. Систематизация теоретических и практических знаний по проектированию и строительству дорог на слабых основаниях (торф) и <b>усиление данного акцента при подготовке дорожных инженеров</b> на кафедре автомобильных дорог и в институте повышения квалификации САФУ ввиду распространенности болот в геологическом строении российской территории.</li></ol>
6	<p>При выборе материала для стабилизации материала покрытий гравийных дорог дорожные инженеры:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Должны избегать рыночных ловушек и верить лишь результатам испытаний, проведенным установленными способами, взвешивая как позитивные, так и негативные характеристики продукта;</li></ol>

	<p>2. Сравнивать несколько продуктов, выбирая оптимальный по соотношению затраты/результат при стабилизации покрытий <b>в конкретных условиях.</b></p> <p>Если выбор правильный, то даже небольшое количество стабилизирующих добавок даст хороший результат.</p>
7	<p>Опросы российских дорожников выявили <b>потребность ликвидировать отставание их экологического сознания</b> от профессионального сознания коллег из Северных стран. <b>Дорожники Баренц Региона</b> должны стать лидерами по развитию отраслевого «зеленого мышления» и экологической ответственности по причине большей ранимости северных экосистем и большей зависимости сообществ от природных ресурсов.</p> <p>Планируемый вклад данного Проекта в выравнивание уровней профессионального экологического мышления дорожников Баренц Региона – <b>карманный «Зеленый» буклет дорожника-практика.</b></p>
8	<p>Дорожная практика Северных стран показывает, что <b>точная диагностика</b>, несмотря на кажущуюся затратность, <b>«открывает глаза» на причины проблем и многократно себя окупает</b> за счет последующей экономичности оперативных и точных <b>мер профилактики, их адресного применения.</b> В целом затраты на поддержание дорог в хорошем эксплуатационном состоянии существенно снижаются, высвобождая средства для усиления ослабленных участков <b>до того, как возрастут нагрузки.</b> Показатель способности участка выдерживать нагрузки - <b>модуль упругости.</b></p> <p>Наихудший сценарий для дорожной отрасли в модели – рост потребности в финансировании. Однако шансы решить эту задачу повышаются, если дорожная отрасль:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Способна выдвинуть <b>обоснованные аргументы</b> в пользу увеличения финансирования дорожных нужд;</li><li>• <b>Выстроила диалог с отраслями-пользователями</b> дорог на основе понимания общей пользы, которые поддержат дорожников.</li></ul>
9	<p>Возможности дорожной отрасли определяются объемом и стабильностью финансирования, которое находится <b>в прямой зависимости от общественного мнения, настроенного в пользу дорожной отрасли.</b> Общественное мнение формируется дорожным пользователем. Среднестатистический пользователь ценит <b>понятные ему</b> действия дорожников, направленные на <b>безопасность и комфорт.</b> Поэтому интерес общественности к теме <b>влияния дорог на здоровье намного выше,</b> чем интерес к технологическим вопросам.</p>

## Приложение 1 Развитие критериев оценки инженерных систем

Развитие критериев оценки инженерной системы – процесс, постоянно развивающийся. Практика эксплуатации инженерных систем позволяет накапливать данные для формулировки теории, которая, ложится в основу нормативных требований.

В институте машиноведения (в составе структуры академии наук СССР), перед которым ставились масштабные межотраслевые задачи (например, такие, как ГОЭЛРО или освоение космоса) был выдвинут тезис: **инженерная теория универсальна и знания из одной инженерной области (например, теории машин и механизмов), позволяют моделировать решения системных проблем в другой инженерной области (например, в строительных конструкциях)**. Последующая практика и теория подтвердили ее справедливость.

Универсальные критерии оценки качества инженерных систем (в порядке эволюционного развития), представлены в **Таблице 1**.

**Таблица 1** Эволюция развития универсальных критериев оценки качества инженерных систем

<b>Критерий оценки качества системы в порядке теоретического обоснования</b>	<b>Требуемые свойства инженерной системы</b>	<b>Дисциплина (отрасль), обеспечившая вклад в развитие инженерной практики и науки</b>
1. Прочность	Способность объекта не разрушаться под воздействиями различных внешних факторов	<b>Теория сопротивления</b> материалов (строительство) – многовековой опыт строительства
2. Устойчивость 3. Жесткость	Прочность материалов + прочность конструкций под воздействием статических и динамических нагрузок	<b>Теория механики</b> (строительство железных дорог, мостов) – конец 19 века - начало 20 века
4. Усталость материалов и их долговечность Критерий качества - заданное число циклов	Противостояние воздействию циклических, многократно повторяющихся нагрузок, при которых разрушение происходит при меньших нагрузках, чем предельные статические и динамические нагрузки.	<b>Теория многоциклового/малоциклового усталости</b> (самолетостроение) – первая половина 20 века
5. Долговечность	Ресурс инженерной системы в экстремальных условиях (срок службы при низких/высоких температурах)	<b>Поиски оптимума</b> между ресурсом систем и затратами по обеспечению этого ресурса - объекты транспорта (железнодорожные пути, мосты, тоннели), энергетики, химического производства, трубопроводы, металлургическое, кузнечное и пр. оборудование и станки, военная техника, судостроение, авиация, ракетостроение, атомные реакторы. Стремительное развитие науки в этом направлении - 30-60гг.
6. Живучесть	Конструкция должна жить, несмотря на имеющиеся дефекты, выходящие за пределы норм. Натурные испытания для	В 1960-70 в СССР была сделана гипотеза о возможности бездефектности конструкций за счет соблюдения нормативов. Гипотеза не подтвердилась

	определения степени опасности дефекта (испытания транспортных средств барьерных ограждений на столкновения, мостовых конструкций на неблагоприятное сочетание нагрузок – транспорт, снег, боковой ветер, испытание откосов дороги на паводки).	практикой. В настоящее время применяется <b>гипотеза</b> о том, что любая инженерная система обладает дефектностью определенного уровня и задача- сохранение живучести поврежденной конструкции (судостроение, самолетостроение, мосты, здания).
7.Безопасность	Безопасность – это идеология для инженерной системы по минимизации рисков. Риск – это вероятность возникновения неблагоприятного события (аварии) на объекте. Знания и способности предвидеть и предотвращать риски - недостаточны. Кроме этого, нарастают объективные угрозы (например, изменения климата), создающие условия, выходящие за пределы возможностей инженерных конструкций и способностей человека реагировать на изменения.	<b>Накопление практических данных</b> для формулировки гипотез и методик расчетов риска. Сегодня риск выражается величиной возможного ущерба от аварии. Произведение вероятности возникновения аварии, умноженной на негативные последствия (ущерб от события) – величина риска в денежном выражении, которая обосновывает удорожание систем за счет управления рисками при их эксплуатации.

**Вывод:** Эксплуатация инженерных систем лишь частично описывается устоявшимися теориями, а значит, лишь часть характеристик инженерных систем может задаваться нормативно. Качество инженерной системы лишь отчасти – результат соблюдения нормативов и, все больше - результат знаний, опыта и инженерного мышления создателей системы. Автомобильная дорога – инженерная система, построенная и эксплуатируемая в широком диапазоне изменений и сочетаний неблагоприятных факторов воздействия (геологические, гидрологические условия, сезонные условия и нагрузки). Амплитуда изменений нарастает (рост нагрузок, воздействия новых климатических факторов, политические факторы, нарастающие требования пользователей к качеству и безопасности дорог, а общества к – их экологичности и т.д.). Эти изменения все больше отклоняют условия функционирования дорожных систем от тех, к которым были привязаны нормативные параметры и типовые решения при их проектировании. Поэтому только инженерные знания становятся ключом к пониманию причин возникающих проблем, позволяя прогнозировать развитие неблагоприятных процессов в дорожных конструкциях и предлагать экономичные решения для того, чтобы:

- как минимум - предупреждать ухудшение эксплуатационных качеств дорог;
- как максимум – улучшать качество и срок службы дорог, несмотря на нарастающее влияние разрушительных внешних факторов.

Кроме этого, необходимо не только решить локальную проблему, но и обосновать решение как ноу-хау с тем, чтобы оно:

- могло быть заимствовано и адаптировано другими инженерами;
- послужило вкладом в практическую базу на которой ученые-теоретики смогут сформулировать теорию как основу для обновления существующих и разработки новых стандартов.

## Приложение 2 Гистерезис

**Гистерезис** - запаздывание, разрыв по времени между причиной и следствием. Реакция конструкции на внешние воздействия в зависимости от того, подвергалась ли конструкция уже подобным воздействиям ранее, или подвергается им впервые.

Каждая инженерная конструкция имеет своего рода «память», аккумулируя остаточные деформации предыдущих воздействий, близких к пределу возможности конструкции противостоять разрушению. В результате конструкция накапливает «устоление». Поэтому воздействие «на пределе», оказанное впервые, не влияет на ее устойчивость, но такое же воздействие становится разрушительным для этой конструкции, аккумулировавшей необратимые остаточные деформации («воспоминания») от предыдущих воздействий.

Факторы, которые влияют на способность **дорожной конструкции** аккумулировать необратимые деформации:

- Гранулометрический состав материала, особенно соотношение частиц разного размера и их качество,
- Степень уплотнения материала,
- Количество свободной воды, находящейся в материале,
- Воздействие, которому подвергается конструкция, особенно амплитуда усилий на сдвиг.

**Справка:** **Различные состояния воды, находящейся в дорожной конструкции и их влияние на качество дороги**

**Свободная вода** (гравитационная вода) – вода, проникающая идвигающаяся в толще материала под воздействием гравитации. При попадании свободной воды в конструкцию дороги ее **несущая способность немедленно снижается**, дополнительно происходит вынос частиц минерального материала и эрозия. Если температура конструкции опускается ниже 0, то начинается процесс кристаллизации свободной воды – выстраивание гексагонального кристалла, что увеличивает объем воды в замерзшем состоянии в составе материала, вызывая морозное расширение (пучение). На количество воды этого типа в дорожной конструкции влияет **функциональность системы водоотвода и ее способность удалить эту воду как можно быстрее**.

Помимо свободной воды, в дорожной конструкции вода присутствует и в других формах, что также влияет на способность конструкции противостоять воздействиям, а именно:

**Абсорбированная**, связанная вода, действующая как **вяжущее** между частицами минерального материала. Именно поэтому влажный материал гравийных дорог не пылит. Количество абсорбированной воды зависит от поверхности минеральных частиц. Чем больше удельная поверхность минеральных частиц, тем больше абсорбированной воды удерживается материалом и тем выше его связность.

**Капиллярная вода** – не обволакивает частицы минерального материала и не отвечает на силы гравитации. Капиллярная вода образует мениски – выпуклые и вогнутые поверхности воды в капиллярах (пример мениска - вогнутая поверхность поверхности воды в стеклянной трубке). Такие мениски - важная **составляющая механики грунтов, определяющие «стяжку» частиц материала в конструкции**. Прочность «стяжки» зависит от:

- Температуры - чем выше температура, тем слабее «стяжка»;
- Формы менисков - просыхающий материал имеет лучшую связность, чем намокающий, хотя количество воды при этом может быть одинаковым. Причина - вогнутые мениски при высыхании образуют более прочную молекулярную «стяжку» частиц материала, чем выпуклые мениски при поступлении новой воды в молекулярную систему, когда начинают выстраиваться новые молекулярные связи. **В момент перестройки связей, прочность всей конструкции понижена, повышается риск аккумуляции остаточных деформаций**.

Именно поэтому важно качественное уплотнение материала с тем, чтобы дорога медленнее отдавала имеющуюся капиллярную воду и не впитывала избыточное количество воды из-за плохо уплотненного материала.

Неровности на дороге, где накапливается дождевая вода и замедленный водоотвод, как результат нарушенного поперечного профиля, заросших травой обочин или расширения дороги в результате грейдерования (впитывание воды в конструкцию дороги, не успев дойти до обочин и водоотводных канав. См. Аналитический отчет № 1 - результаты диагностики проблем и их устранения на а/д Северодвинск - Онега) – факторы, ослабляющие функциональную целостность дорожной системы, ее способность противостоять динамичным нагрузкам, в результате чего развиваются «локальные гистерезисы» и их следствия – такие дефекты, как выбоины, гребенка, колеяность.

### **Приложение 3      Комментарии к требованиям российских нормативных документах к системе дорожного водоотвода**

l) Базовые отраслевые документы, которыми руководствуются российские инженеры при проектировании, строительстве, регулировании деятельности в придорожной полосе - **СНиП 2.05.02-85\***, **СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги**.

СНиП 2.05.02-85\*:

- 1) Классифицирует типы местности по условиям увлажнения верхней толщии грунтов:
  - 1-й тип - сухие участки;
  - 2-й тип - сырые участки избыточным увлажнением в отдельные периоды года;
  - 3-й тип - мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением.

2) Содержит следующие положения, регулирующие проектирование системы водоотвода:

6.4. При проектировании земного полотна следует применять  **типовые или индивидуальные решения, в том числе типовые решения с индивидуальной привязкой.**

**Индивидуальные решения, а также индивидуальную привязку типовых решений** следует применять при соответствующих обоснованиях:

- для насыпей с высотой откоса более 12 м;
- для насыпей на участках временного подтопления, а также при пересечении постоянных водоемов и водотоков;
- для насыпей, сооружаемых на болотах глубиной более 4 м с выторфовыванием или при наличии поперечных уклонов дна болота более 1:10;
- для насыпей, сооружаемых на слабых основаниях (см. п. 6.24);
- при использовании в насыпях грунтов повышенной влажности;
- при возвышении поверхностей покрытия над расчетным уровнем воды менее указанного в п. 6.10;
- при применении прослоек из геотекстильных материалов;
- при применении специальных прослоек (теплоизолирующих, гидроизолирующих, дренирующих, капилляропрерывающих, армирующих и т.п.) для регулирования водно-теплового режима верхней части земляного полотна, а также специальных поперечных профилей;
- при сооружении насыпей на просадочных грунтах;
- для выемок с высотой откоса более 12 м в нескальных грунтах и более 16 м в скальных при благоприятных инженерно-геологических условиях;
- для выемок в слоистых толщах, имеющих наклон пластов в сторону проезжей части;
- для выемок, вскрывающих водоносные горизонты или имеющих в основании водоносный горизонт, а также в глинистых грунтах с коэффициентом консистенции более 0,5;
- для выемок с высотой откоса более 6 м в пылеватых грунтах в районах избыточного увлажнения, а также в глинистых грунтах и скальных размягчаемых грунтах, теряющих прочность и устойчивость в откосах под воздействием погодно-климатических факторов;
- для выемок набухающих грунтах при неблагоприятных условиях увлажнения;
- для насыпей и выемок, сооружаемых в сложных инженерно-геологических условиях: на косогорах круче 1:3, на участках с наличием или возможностью развития оползневых явлений, оврагов, карста, обвалов, осыпей, селей, снежных лавин, наледи, вечной мерзлоты и т.п.;
- при возведении земляного полотна с применением взрывов или гидромеханизации;
- при проектировании периодически затопляемых дорог при пересечении водотоков;
- при применении теплоизоляционных слоев на участках вечномерзлых грунтов.

Индивидуально необходимо также проектировать водоотводные, дренажные, поддерживающие, защитные и другие сооружения, обеспечивающие устойчивость земляного полотна в сложных условиях, а также участки сопряжения земляного полотна с мостами и путепроводами.



6.60. Для предохранения земляного полотна от переувлажнения поверхностными водами и размыва, а также для обеспечения производства работ по сооружению земполотна, следует предусматривать системы поверхностного водоотвода (планировку территории, устройство канав, лотков, быстротоков, испарительных бассейнов, поглощающих колодцев и т.д.). Дно канав должно иметь продольный уклон не менее 5 ‰ и в исключительных случаях - не менее 3 ‰.

Как видно из приведенных выдержек, СНИП 2.05.02-85\*, как основной отраслевой нормативный документ по проектированию дорог, практически не регламентирует проектирование устройство водоотвода, предоставляя решение этой задачи инженерам.

Другой базовый документ СНИП 3.06.03-85 по строительству автомобильных дорог также обходит вниманием тему дорожного водоотвода.

II) **Сборник обзорной информации «Автомобильные дороги и мосты: Строительство и содержание дорожного водоотвода»** (2006г), выпущенный по заказу Федерального дорожного агентства Минтранса РФ федеральным унитарным предприятием «Информационный центр по автомобильным дорогам» нацелен на восполнение пробелов отраслевой нормативной документации. Поэтому, сборник включает результаты обобщений:

- основных принципов строительства и эксплуатации водосборных, водоотводных, водопропускных и водосбросных сооружений на автомобильных дорогах;
- анализа основных недостатков и ошибок, допускаемых при строительстве и содержании дорожного водоотвода;
- практических рекомендаций по устройству дорожного водоотвода.

Ценным качеством сборника являются следующие акценты:

- А. Неудовлетворительный водоотвод напрямую влияет на состояние автомобильных дорог**, определяя ее прочность, деформации и разрушения, а также, экологическую обстановку на территориях, прилегающих к дорогам.
- В. Экономия на содержании водоотвода ведет к увеличенным последующим затратам на ремонт дороги**, вплоть до необходимости ее полной реконструкции.
- С. Качество оценки** на стадии проектирования климатических, гидрологических и геологических условий района строительства дороги определяет **выбор схемы водоотвода** и прогноз его функционирования на стадии эксплуатации в системе с выбранными характеристиками земполотна и дорожных одежд, откосов, типов пересечений и примыканий.
- Д. Наибольший вред устойчивости дорожной конструкции причиняет свободная вода**, которая под влиянием динамических нагрузок от транспорта перемещается в конструктивных слоях дороги и **снижает ее прочность на 25 % и более**.
- Е.** В теплый период года вода, попадающая на покрытие, быстро испаряется и не влияет на способность дорожной конструкции противостоять нагрузкам. Однако **холодный климат**, низкие температуры и высокая влажность воздуха способствуют насыщению конструкции дороги водой. Плохой водоотвод задерживает воду на покрытии, что, помимо снижения прочности дороги, ведет к возникновению **эффекта аквапланирования**, когда колеса автомобиля теряют сцепление с покрытием, создавая риск ДТП.
- Ф.** На степень функционирования водоотвода влияет **качество поперечного профиля дороги и неровности покрытия**, ведущие к **опасному застою воды** на проезжей части и на обочинах;
- Г.** Необходимости учета рельефа, природно-климатических и гидрологических условий для **снижения нагрузки на экосистемы** прилегающих к дороге территорий и водоемов при выборе схемы организации поверхностного водоотвода.

Сборник делает заключение **о важнейшей роли в обеспечении водоотвода:**

- a) правильного проектирования;
- b) **своевременного обнаружения отклонений в технологическом процессе** и принятие мер по их устранению при строительстве водоотводных сооружений;
- c) **содержание дорожного водоотвода** в эксплуатационный период;
- d) **исследований и обобщений российского и зарубежного опыта** по строительству и содержанию водоотвода на автомобильных дорогах;
- e) Учета тенденции последних лет - **роста интенсивности чередования периодов оттаивания и замерзания в зимний период**, что увеличивает количество талой воды на поверхности дороги с затруднением ее отвода. Кроме этого, участились случаи одновременного выпадения дождевых и снеговых осадков в зимние месяцы, что приводит к затоплению проезжей части водой, поскольку снежные валы, размещенные на обочине дороги, лишают поверхностный водоотвод функциональности в зимний период.

Основной причиной плохого водоотвода определяются **отсутствие в российской практике четких инструкций и рекомендаций:**

- 1) **по производству работ при устройстве сооружений дорожного водоотвода**, следствием которого становится:
  - плохая организация строительных работ,
  - несоблюдение технологий,
  - выбор материалов несоответствующего качества,
  - отсутствие контроля качества строительных работ,
  - отклонения от проектных решений.
- 2) **о действиях в случае необходимости отступления от нормативов** при проведении срочных ремонтных работ в сложных природных и в экстремальных условиях, когда соблюдение последовательности нормативных рабочих процессов не представляется возможным.

Недостатком Сборника является стремление к «заготовке нормативов» на все случаи, встречающие в дорожной практике. Это невозможно по ряду причин:

- a) Нарастающая динамика происходящих изменений, с учетом которых должны в настоящее время проектироваться, строиться и эксплуатироваться дороги в северных территориях;
- b) Нарастающие требования экономичности дорожного строительства и содержания, которая, как известно, результат суммы дифференцированных инженерных решений с учетом локальных условий;
- c) Отсутствие теории по ряду характеристик инженерных систем, что не позволяет регламентировать их нормативами.
- d) Необходимость повышения квалификации российского инженера от «приложения к нормативам», часто не осознающего смысла нормативных требований, до профессионала, знающего, мыслящего и идущего в ногу с мировой инженерной наукой.

III) **«Руководство по производству работ дорожным мастером (при содержании и ремонте автомобильных дорог)»**, выпущенный государственной службой дорожного хозяйства, Минтранс РФ (РОСАВТОДОР), 2001

Руководство приводит следующую **расстановку приоритетов** при проведении работ, которой должен руководствоваться дорожный мастер:

1. ликвидация последствий ДТП и стихийных бедствий, угрожающих безопасности движения и жизни людей;
2. исправление **дефектов, угрожающих сохранности дорог** и сооружений на них;
3. приведение в нормативное состояние проезжей части и обочин;
4. приведению в нормативное состояние элементов обустройства;
5. **приведение в нормативное состояние элементов водоотвода и земполотна;**
6. приведение в нормативное состояние искусственных сооружений;

## 7. приведение в нормативное состояние полосы отвода.

Представленный ранее Сборник (См.п II) (2006) и выводы, сделанные в нем о влиянии плохого водоотвода на состояние и эксплуатационные характеристики дорожной конструкции, **требуют определения неудовлетворительного водоотвода как дефекта, угрожающего сохранности дороги**. Поэтому расстановка приоритетов, предлагаемая в Руководстве для дорожного мастера требует корректировки, а именно: **значение водоотвода должно быть повышено** в перечне приоритетов на проведение дорожных работ (из приоритета №5 в приоритет №2). Повышение приоритетности означает **ускорение реагирования** для обеспечения функциональности водоотвода.

Одним из положений Руководства (п.3.3.7) является требование по скашиванию травы (при достижении ею высоты 15 см) на обочинах, разделительных полосах, кюветах, откосах и резервах, укрепляемых засевом трав. Потребность в производстве работ по скашиванию травы определяется мастером на основании ежедневных осмотров.

В то же время, Руководство основано на документе советского периода **ВСН 24-88 "Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог"** (1988), пункт 1.8. которого требует укрепления обочин дороги с учетом местных грунтовых, гидрологических и климатических условий, иметь уклоны, способствующие быстрому отводу поверхностных вод. Прочность укрепления должна соответствовать составу транспортного потока и обеспечивать заезд и остановку автомобилей без существенных деформаций и разрушения обочин. **Не допускается образование уступов и колеи в местах сопряжения обочины с покрытием.**

Данный пункт согласуется с опытом Северных стран-участниц проектов ROADEX, а именно:

- Уступы (как результат грейдерования) или трава (как результат укрепления обочин засевом травы, препятствуют стоку поверхностной воды с покрытия на обочины и далее, по откосу в водоотводные каналы, что крайне неблагоприятно сказывается на состоянии и эксплуатационных характеристиках дороги, ускоряя ее разрушение.

Рекомендовано:

- не допускать образования уступов и **отказаться от укрепления обочин засевом трав из-за ухудшения отвода поверхностной воды с покрытия дороги**. См. Аналитический отчет №1 по результатам семинара в Архангельске (июль 2011) и анализа дорожных проблем на а/д Северодвинск-Онега.

**Вывод:** Геологические, гидрологические, климатические условия Баренц Региона, повышенная чувствительность экосистем к техногенному воздействию, а также, такие сезонные явления как паводки, весеннее таяние снега и оттаивание дорожных конструкций, свидетельствуют о том, что **проектирование, строительство и эксплуатация дорог в специфических условиях севера – это преимущественно индивидуальные, а не типовые инженерные решения.**

Отсутствие нормативных указаний в СНиП к устройству и функционированию систем водоотвода подтверждает, что эта **область предоставлена инженерам для разработки индивидуальных решений**, обосновываемых местной спецификой и локальными факторами влияния.

Климатические изменения последних лет создают **новые вызовы**, ответ на которые потребует перевода водоотвода в статус приоритета при проектировании, строительстве и эксплуатации из-за его критической роли для характеристик дорог как инженерной системы (См. **Приложение 1**):

- Прочности и устойчивости дороги к внешним воздействиям (сезонные явления) и нагрузкам (транспортное движение);
- Долговечности, несмотря на рост интенсивности движения (воздействие многоцикловых нагрузок – движение тяжелого транспорта, замерзание/оттаивание);
- Ресурса живучести дороги в экстремальных ситуациях (паводки);
- Продолжительности жизненного цикла дороги и межремонтных сроков;
- Транспортной безопасности для пользователя и экологической безопасности для прилегающих территорий.

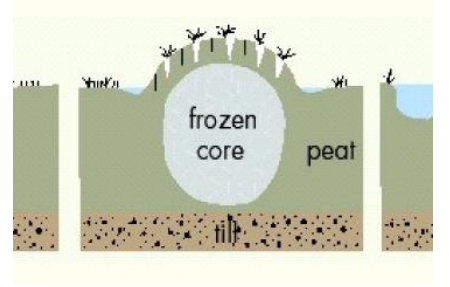
Причем реагировать на эти вызовы должны, прежде всего, дорожные инженеры **северных территорий из-за наиболее неблагоприятных** условий, формируемых сочетанием климата (пониженные температуры и повышенная влажность), гидрологии, грунтов и транспортных нагрузок, обусловленных спецификой местных экономик.

Поскольку именно **дорожный мастер** – ежедневный монитор состояния дороги, то актуальность приобретает **подготовка «карманного» справочника для мастера по визуальной диагностике состояния водоотвода**, для планирования оперативных и экономичных мер по устранению/предупреждению причин, которые, в случае промедления, повлекут:

3. ухудшение эксплуатационных характеристик дороги (рост эксплуатационных издержек пользователей),
4. рост объемов ремонтных работ (рост затрат дорожной отрасли).

**Приложение 4 Сравнительный анализ практик стран Северной Европы и России строительства и содержания автомобильных дорог на слабых основаниях (торф)**

Инженерная практика в Северных странах		Инженерная практика в России									
Классификация болот											
Типы болот	Схема	Типы болот и основные физико-механические свойства торфа по дорожно-строительной классификации (УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ, 1963)									
1.Заболоченная местность (Fen)		Тип болот	подтип	общая характеристика	основные внешние признаки	Характер деформаций под нагрузкой	Влажность в %	Коэффициент пористости	Степень разложения, %	Примерная несущая способность кг/см <sup>2</sup>	Примерная осадка при нагрузке 0,5 кг/см <sup>2</sup> (в % от первоначальной мощности залежи)
2.Верховое болото (Raised bog)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.Покрывное болото (Blanket bog)		I	A	Уплотненный торф, обладающий структурной прочностью	Осушенный или уплотненный вышележащим минеральным слоем. Удерживает вертикальные откосы.	Сжатие при незначительном боковом расширении	до 600	до 7	до 60	более 0,5	до 30 %
		I	B	Рыхлый торф, обладающий структурной прочностью	Влажность близка к максимальной влагоемкости. Короткое время удерживает вертикальные откосы.	То же	600-1500	до 20	до 40	более 0,3	30-50 %
		II	A	Аморфный грунт (торф) вязкопластичной консистенции	Торф высокой степени разложения или сапропели, уплотненные вышележащими слоями	Преимущественно выдавливание из контура загрузки	До 400	До 5	более 60	Менее 0,3	При отсутствии вышележащих более плотных слоев - до полного выдавливания
		II	B	Аморфный	Торф высокой	Выдавливание	400-	4-10	более 40	При	До полного

<p><b>4.Болото Пальса (Palsa bog)</b></p>		<table border="1"> <tr> <td></td> <td>грунт (торф) мягкопластичной консистенции</td> <td>степени разложения или сапропели при влажности близкой к максимальной влагоемкости.</td> <td>из контура загрузки</td> <td>1000</td> <td></td> <td></td> <td>отсутствия и более прочного покровного слоя - 0</td> <td>выдавливанию.</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>Аморфный материал текучей консистенции</td> <td>Жидкие слои сплавившее болот</td> <td>Растекание</td> <td>неогран.</td> <td>неогран.</td> <td></td> <td>0</td> <td>Под нагрузкой растекается</td> </tr> </table>		грунт (торф) мягкопластичной консистенции	степени разложения или сапропели при влажности близкой к максимальной влагоемкости.	из контура загрузки	1000			отсутствия и более прочного покровного слоя - 0	выдавливанию.	III	Аморфный материал текучей консистенции	Жидкие слои сплавившее болот	Растекание	неогран.	неогран.		0	Под нагрузкой растекается
	грунт (торф) мягкопластичной консистенции	степени разложения или сапропели при влажности близкой к максимальной влагоемкости.	из контура загрузки	1000			отсутствия и более прочного покровного слоя - 0	выдавливанию.												
III	Аморфный материал текучей консистенции	Жидкие слои сплавившее болот	Растекание	неогран.	неогран.		0	Под нагрузкой растекается												

Степень минерализации болота зависит от источника водного питания болота (грунтовые, атмосферные воды), что предопределяет различие растительности, произрастающей на поверхности болот, что в итоге влияет на величину зольности грунтовой толщи.

**Тип 1** Верховое болото, атмосферное питание, наличие деревьев хвойных пород, что указывает на достаточную плотность торфа. О степени уплотнения залежи можно косвенно судить по наличию открытой воды на поверхности.

**Тип 2** Низовое болото, питание стоками, образовалось вследствие зарастания водоемов, как правило, подстилаются слоями ила и сапропеля. Степень разложения торфа обычно возрастает по глубине.

**Тип 3** Перекрытые сплавной жидкие образования, которые распознаются по упругой подвижности верхнего слоя, угнетенности или отсутствию древесного яруса.

**Классификация торфов**

**Торф** - органический грунт, образовавшийся в результате естественного отмирания и неполного разложения болотных растений в условиях повышенной влажности при недостатке кислорода и содержащий 50% (по массе) и более органических веществ.

**Грунт заторфованный** - песок и глинистый грунт, содержащий в своем составе в сухой навеске от 10 до 50% (по массе) торфа.

<p><b>Классификация (Radtforth, 1969)</b></p> <p>a) "грубоволокнистые" торфы b) "тонковолокнистые" торфы c) "аморфно-гранулированные" торфы</p>	<p>Механические свойства торфа зависят от структурных особенностей, определяемых <b>степенью волокнистости, плотностью, влажностью и составом торфообразователей</b> (косвенно отражаемых величиной <b>зольности</b> торфа).</p> <p><b>Торфообразователи:</b> Неразложившиеся растительные остатки (растительные волокна, продукты разложения растительности), тёмное бесструктурное вещество (гумус) и неорганические примеси.</p>
---	---

<b>Классификация торфов (Von Post and Granlund, 1926)</b>	
<b>Степень гумификации</b>	<b>Руководство по определению вида торфа</b>
<b>H1</b>	Совершенно неизменный без грязевых включений торф, который при сжатии в руках выделяет прозрачную воду. Остатки растений легко различимы.
<b>H2</b>	Практически неизменный без грязевых включений торф, который при сжатии в руках выделяет прозрачную воду. Остатки растений все еще легко различимы.
<b>H3</b>	Слегка разложившийся или несколько загрязненный торф, который при сжатии в руках выделяет грязноватую воду, однако частицы торфа сквозь пальцы не просачиваются. Отжатый остаток достаточно плотный. Остатки растений несколько утратили различимость.
<b>H4</b>	Слегка разложившийся или несколько загрязненный торф, который при сжатии в руках выделяет выраженные грязноватые остатки. Отжатый остаток плотный. Остатки растений утратили различимость.
<b>H5</b>	Умеренно разложившийся или загрязненный торф. Структура очевидна, но слегка разрушена. Часть аморфных частиц торфа просачивается сквозь пальцы при сжатии вместе со значительным количеством воды. Отжатый остаток очень плотный.
<b>H6</b>	Умеренно разложившийся или очень загрязненный торф с нечеткой структурой. При сжатии примерно 1/3 торфяной массы проходит сквозь пальцы. Остаток экстремально плотный и более структурированный, чем не отжатый образец.
<b>H7</b>	Среднеразложившийся или явно загрязненный торф с отчетливо различной структурой. При сжатии половина торфяной массы проходит сквозь пальцы. Выделяемая при этом вода темная и содержит частицы торфа.
<b>H8</b>	Разложившийся или явно загрязненный торф с плохо различной структурой. При сжатии около 2/3 массы проходит сквозь пальцы, иногда с вязкой жидкостью. Остаток в основном состоит из более устойчивых волокон и корней растений.
<b>H9</b>	Практически полностью разложившийся грязеподобный торф, практически неструктурированный. Практически вся масса просачивается сквозь пальцы при сжатии в виде однородной пасты.
<b>H10</b>	Полностью разложившийся торф, при сжатии сквозь пальцы просачивается полностью.

**Зольность торфа:**

- Малозольный (верховой) торф - менее 5 % состава торфообразователей, что соответствует условиям верхового болота.
- Среднезольный (низинный) торф - от 5 до 20 % состава торфообразователей, что соответствует условиям формирования низинного болота.
- Высокозольный (минерализованный) торф - 20 - 40 % состава торфообразователей.

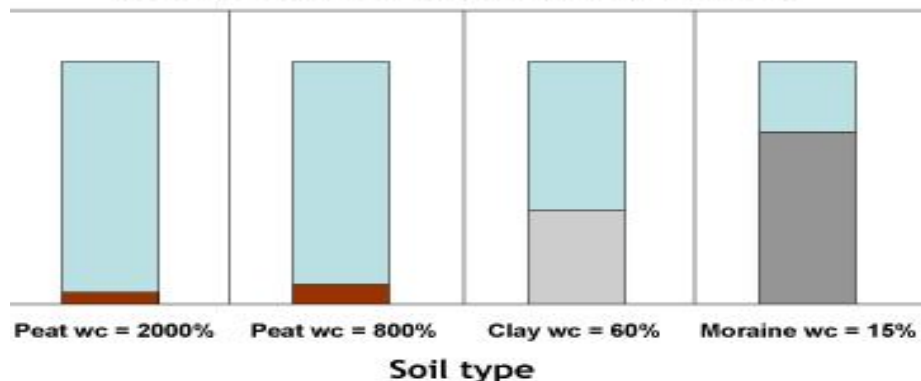
**Классификация зольности, волокнистости и влажности торфов**

Группа по содержанию органических веществ	Вид по генетико-фациальным и петрографическим особенностям		Подвид по составу		Разновидность по состоянию	
	Наименование	Определяющий признак	Наименование	Определяющий признак	Наименование	Определяющий признак (влажность, W, % или показатель текучести I <sub>L</sub> )
1	2	3	4	5	6	7
Органические (P > 60 %)	Торф малозольный	P ≥ 95 %	Волокнистый	Φ > 75 %	Сухой	W < 300 %
	Торф средней зольности	95 % > P ≥ 80 %	Маловолокнистый	75 % ≥ Φ ≥ 60 %		Средней влажности
	Торф высокозольный	80 % > P > 60 %	Неволокнистый	Φ < 60 %	Избыточно влажный	600 - 900 % 1200 - 2500 %

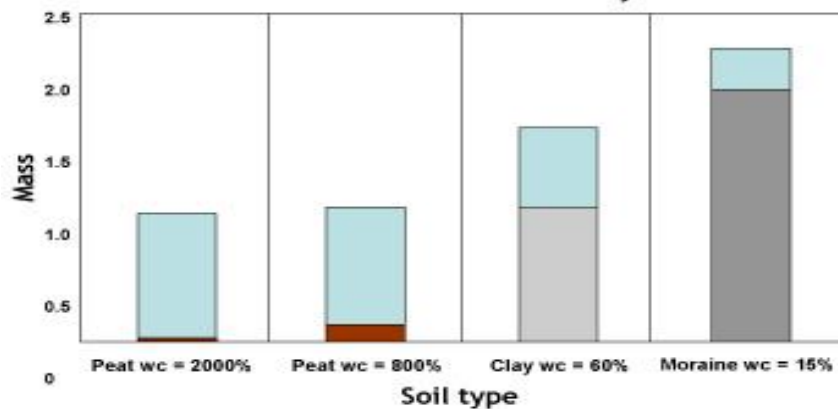
Примечание: Степень волокнистости Φ вычисляется через степень разложения  $D_{dp}'$ , определяемую с помощью микроскопа, по формуле:  $\Phi = 100 - D_{dp}'$ , %. При определении степени разложения весовым методом степень волокнистости Φ следует устанавливать по формулам  $\Phi = 88 - 0,42D_{dp}'$  при  $D_{dp}' < 50$  %;  $\Phi = 118 - 0,32D_{dp}'$ , при  $D_{dp}' > 50$  %. При определении  $D_{dp}'$  используется сито 0,25 мм.

### Характеристики торфяных залежей

**Breakdown of water & solids by volume**



**Breakdown of water & solids by mass**



### Определение строительного типа торфяных грунтов

Разновидность грунта	Природная влажность, %	Степень разложения Д (волоknистости), %		
		< 25 (> 75)	25 - 40 (75 - 60)	> 40 (< 60)
Осушенный	< 300	1	1	1
Маловлажный	300 - 600	1	1,2*	1,2**
Средней влажности	600 - 900	1	2	2
Очень влажный	900 - 1200	1	2	2
Избыточно влажный	> 1200	1 - 2	2	3

\* К 1 типу следует относить торф при влажности менее 500 %.

\*\* К 1 типу следует относить торф средней зольности (5 - 20 %) с влажностью менее 400 %.

**Примеры классификация торфов и их механических свойств, важных для дорожного строительства, приводятся в Примерах 1 и 2.**



**Методы исследования «в поле», применяемые на практике**

Методы исследования	Норвегия	Финляндия	Швеция	Шотландия
Бурение скважин	Применяется редко	Применяется редко	Применяется редко	Применяется редко
Зондирование/пробное бурение	Применяется регулярно	Применяется регулярно	Применяется регулярно	Применяется регулярно
Взятие образца торфа с ненарушенной структурой	Применяется регулярно	Применяется редко	Применяется редко	Применяется редко
Испытания на сопротивление сдвигу	Применяется регулярно	Применяется регулярно	Применяется регулярно	Применяется редко
Испытания с помощью конического пенетрометра	Применяется редко	Применяется регулярно	Применяется редко	Применяется редко
Шведское весовое зондирование	Применяется редко	Применяется регулярно	Применяется редко	Не применяется
Георадарные обследования	Применяется редко	Применяется регулярно	Применяется редко	Применяется редко

Методы исследования определяются ГОСТАМИ.  
Данные о том, какие методы популярны и применяются на практике часто, а какие – редко, или не применяются вообще - **отсутствуют**.

**Лабораторные методы, применяемые на практике**

Методы исследования	Норвегия	Финляндия	Швеция	Шотландия
Классификация	Применяется регулярно	Применяется регулярно	Применяется регулярно	Применяется регулярно
Определение влажности	Применяется регулярно	Применяется регулярно	Применяется регулярно	Применяется регулярно
Испытания одометром (прибор для определения плотности и сжимаемости проб грунта)	Применяется редко	Применяется редко	Применяется редко	Применяется редко
Испытания на трехосное сжатие	Только в исследовательских целях	Не применяется	Не применяется	Только в исследовательских целях
Испытания на содержание органики	Применяется редко	Применяется редко	Применяется редко	Применяется редко
Испытания на зольность	Применяется редко	Не применяется	Применяется редко	Применяется редко
Испытания на плотность в сухом состоянии	Применяется редко	Применяется редко	Применяется редко	Применяется редко
Испытания на объемную плотность	Применяется редко	Применяется редко	Применяется редко	Применяется редко
Испытания на прямой сдвиг	Применяется редко	Не применяется	Применяется редко	Не применяется

Торф и заторфованные грунты **относятся к слабым грунтам** даже при отсутствии данных испытаний.

**В лабораторных условиях** характеристики испытаний торфа определяются ГОСТАМИ на испытания грунтов, например, характеристики сжимаемости торфа определяют по результатам испытаний образцов с ненарушенной структурой в компрессионных приборах (т.е. в условиях одномерного сжатия).

Данные о том, какие методы популярны и применяются на практике часто, а какие не применяются - **отсутствуют**.

**Методы строительства при использовании торфа в основании дороги**



Конструктивно-технологические решения, обеспечивающие возможность использования слабых грунтов в основании насыпи и условия их применения

Назначение конструктивно-технологических решений	Определяющий результат	Рекомендуемые решения	
		технологические	конструктивные
Повышение устойчивости основания	Уменьшение нагрузки	-	3; 9; 14
	Улучшение напряженного состояния	-	4; 10; 5; 11
	Увеличение сопротивляемости сдвигу грунта основания	1	5; 7
Ускорение достижения допустимой интенсивности осадки	Уменьшение конечной осадки		
	Уменьшение нагрузки	-	3; 9; 14
	Улучшение напряженно-деформированного состояния	1	5; 11
	Уменьшение мощности сжимаемой толщи в активной зоне	-	6
	Уменьшение сжимаемости грунта	12	7; 8; 13
	Ускорение процесса консолидации	2	.
	Увеличение уплотняющей нагрузки		
Уменьшение влияния динамического воздействия от транспортной нагрузки	Улучшение условий удаления поровой воды	-	6; 7; 8; 13
	Снижение напряжений от транспортной нагрузки	-	11; 15
	Повышение динамической устойчивости основания насыпи	-	5; 6; 7

Конструктивные и технологические решения:

1 - предварительная консолидация;	9 - насыпи из легких материалов;
2 - временная пригрузка;	10 - боковые пригрузочные призмы (бермы);
3 - снижение высоты насыпи;	11 - распределительные плиты;
4 - уполаживание откосов;	12 - предварительное осушение;
5 - свайная конструкция;	13 - дренажные прорези;
6 - частичная замена слабых грунтов;	14 - несжимаемые сваи;
7 - песчаные сваи-дрены;	15 - увеличение высоты насыпи.

Технологии	Норвегия	Финляндия	Швеция	Шотландия
Выторфовка (насыпь ниже УБ) 	Регулярно	Регулярно	Регулярно	Регулярно
Выторфовка (насыпь выше УБ) 	Регулярно	Регулярно	Регулярно	Регулярно
Прогрессивная замена торфа 	Иногда	Иногда	Иногда	Иногда
Частичная выторфовка 	Иногда	Иногда	Иногда	Иногда
Принудительное выжимание торфа 	Иногда	Нет	В прошлом	В прошлом
Предварительная пригрузка 	Иногда	Иногда	Иногда	Иногда
Дополнительная пригрузка 	Иногда	Иногда	Иногда	Иногда
Стадийное строительство	Иногда	Иногда	Иногда	Иногда
Пригрузочные бермы 	Иногда	Иногда	Иногда	Иногда
Уполаживание откосов 	Регулярно	Иногда	Иногда	Иногда
Облегченные материалы 	Иногда	Иногда	Иногда	Иногда
Ликвидация старой пригруз. насыпи 	Иногда	Иногда	Иногда	Иногда
Геосинтетика 	Регулярно	Регулярно	Иногда	Иногда
Вертикальные дрены 	Нет	Нет	Иногда	Нет
Деревянные рафты 	Иногда	Иногда	Иногда	В прошлом
Сваи 	Регулярно	Регулярно	Иногда	Иногда
Стабилизация 	Нет	Иногда	Иногда	Нет

Базовые положения **СНИП 2.05.02-85\*** **АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ** для строительства дорог на слабых основаниях:

- Основания насыпи, под которыми в пределах активной зоны имеются слои слабых грунтов мощностью более 0,5 м, относят к **слабым основаниям**.
- При проектировании земляного полотна **на слабых основаниях** следует применять **индивидуальные решения, а также индивидуальную привязку** типовых решений при соответствующих обоснованиях.
- **Индивидуально** проектируются водоотводные, дренажные, поддерживающие, защитные и другие сооружения, обеспечивающие **устойчивость земляного полотна в сложных условиях**.
- При строительстве дорог на слабых основаниях, когда сроки стабилизации земляного полотна превышают установленные сроки строительства, допускается **стадийное строительство**.

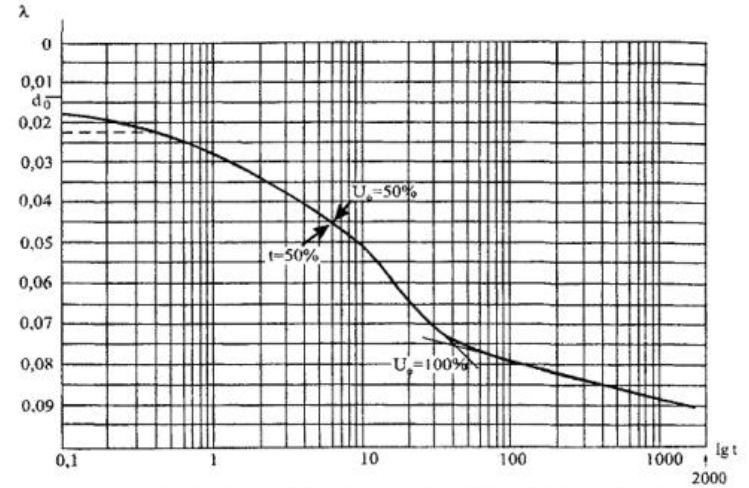
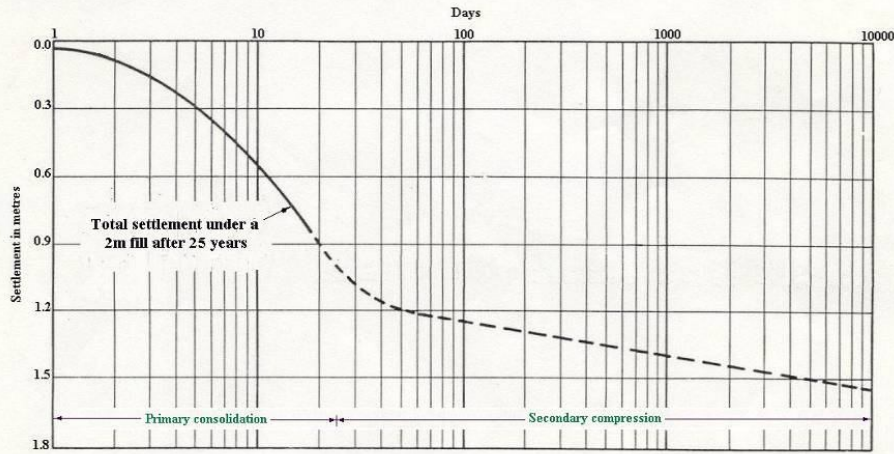
Требования к земляному полотну на слабых основаниях:

1. **исключение выдавливания** слабого грунта из-под насыпи;
2. **завершение интенсивной части осадки до устройства покрытия** (для гравийного покрытия - достижение 80 % конечной осадки или интенсивности последующей осадки не более 5 см/год).
3. **Контроль упругих колебаний** земляного полотна, возникающих при наличии торфа в основании насыпи.

Конкретное решение при использовании слабого грунта в качестве основания насыпи:

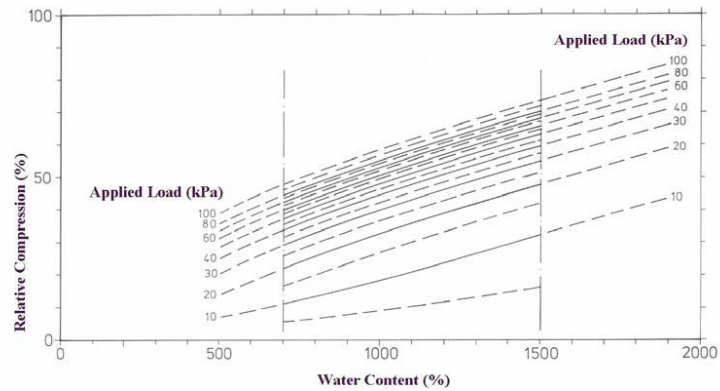
- зависит от ряда факторов, в т.ч. климата и особенностей слабых грунтов, (мощность залегания, слои, уклон подстилающих пород, свойств);
- требует **мер по обеспечению устойчивости основания и ускорению его осадки**.

**Осадка и стабилизация слабого основания в процессе строительства (торф)**

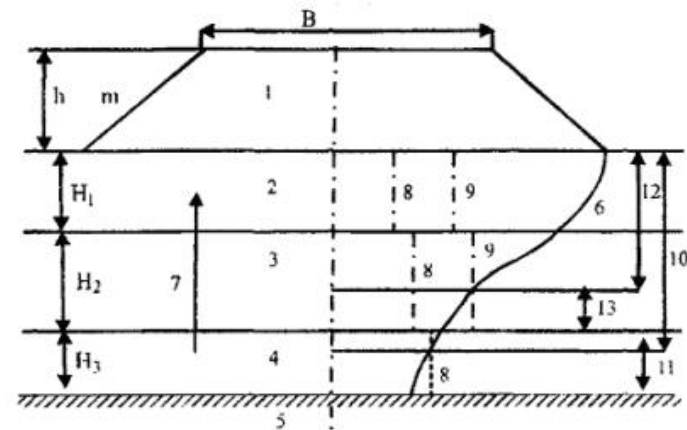


Масштаб графика следует принимать для относительной деформации (по вертикали) 0,01-10 мм.

**Деформация по Карлстену (Швеция) в зависимости от влажности и нагрузки**



**Пособие по проектированию земполотна автомобильных дорог на слабых основаниях ( 2004)**

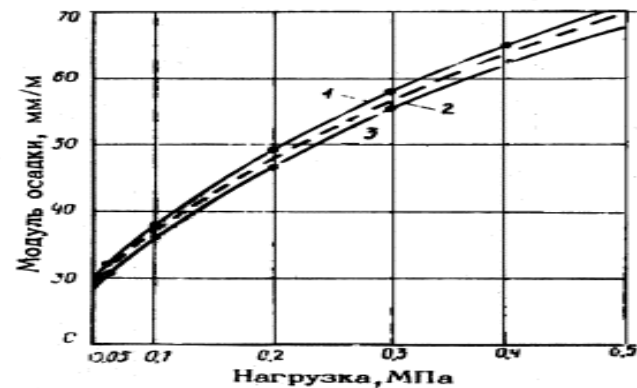


Пример расчетной схемы для расчета осадки и консолидации слабого

**ОСНОВАНИЯ насыпи:**

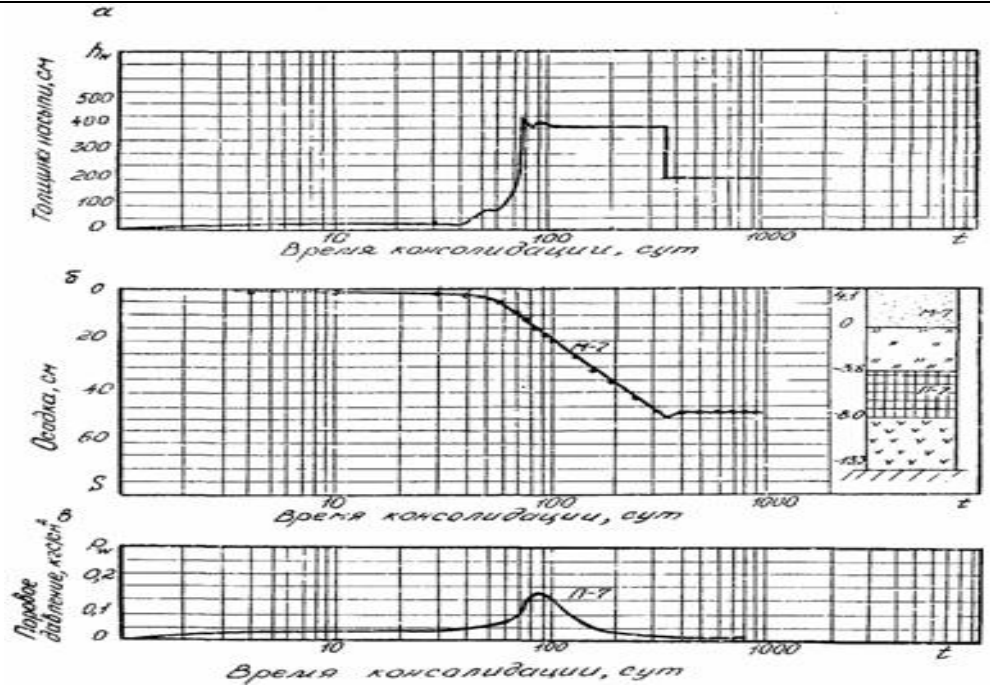
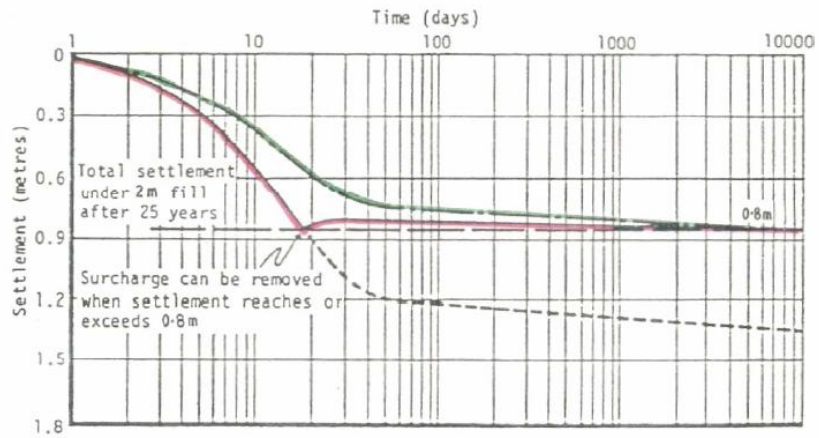
- 1 - насыпь;
- 2, 3, 4 - слои основания, однородные по напряженно-деформированному состоянию;
- 5 - водонепроницаемый подстилающий слой;
- 6 - эпюра вертикальных напряжений от веса насыпи;
- 7 - условия дренирования;
- 8 - эпюра структурной прочности грунта на сжатие;
- 9 - эпюра нагрузки начала фильтрационной консолидации;
- 10 - активная зона; 11 - пассивная зона;
- 12 - открытая система; 13 - закрытая система

Для предварительной оценки глубина **активной зоны сжатия** может быть принята равной полуширине насыпи понизу.



**Рис.1.** Зависимость модуля осадки в активной зоне сжатия от нагрузки

**Расчет продолжительности пригрузки**



**Рис. 2.** Консолидация слабого основания при применении временной пригрузки

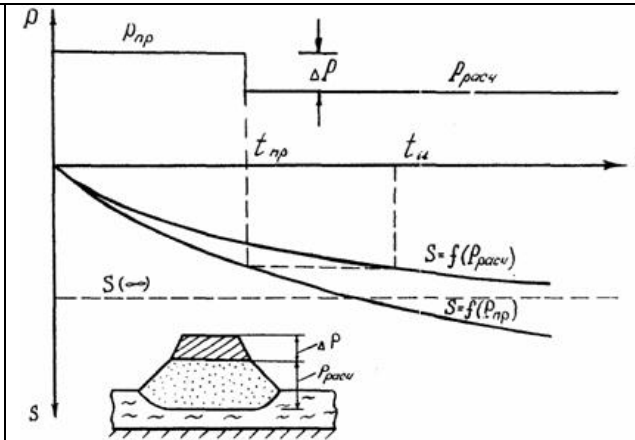


Рис. 3. Расчетная схема к применению метода временной пригрузки

### Восстановление дорог, построенных на торфях

Основание для восстановительных работ - видимые дефекты:

- Осадка
- Деформация
- Волны
- Отклонения в профиле
- Трещины
- Застаивание поверхностных вод на покрытии

Пять этапов восстановительной деятельности:

1. Сбор данных, выявление проблем и их причин в рамках обследований;
2. Анализ собранных данных и понимание происходящих процессов;
3. Применение инновационных подходов – поиск адресных, ориентированных на решение данной конкретной проблемы решений;
4. Мониторинг в период строительства, следование принципу «Не навреди»
5. Накопление практического опыта, фиксирование всех

В процессе дорожных **осмотров** визуально или с применением инструментов фиксируются отклонения от нормативных параметров, установленных отраслевыми документами для дорог данной технической категории относительно:

- геометрических элементов дороги,
- эксплуатационных характеристик дороги

Данные осмотров являются основой:

1. Для восстановительной деятельности, которая также реализуется в соответствии с отраслевыми документами или
2. Для проведения специальных осмотров (исследований) для углубленного изучения причин дорожных проблем.

<p>обстоятельств, как позитивных, так и негативных, установление связей причин и следствий для целей практического применения и создания основы для развития теоретических знаний.</p>	
--	--

**Примеры классификации торфов для нужд дорожного строительства**

**Пример 1 Классификация болотных грунтов по механическим характеристикам (МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗЕМПОЛОТНА НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ, 1968)**

Вид грунтов	Разновидность грунта	Природная влажность $W_{пр}$ , %	Степень разложения $R$ , %	Объемный вес скелета $g_{ск}$ , г/см <sup>3</sup>	Коэффициент пористости $e$	Модуль деформации $E$ , кг/см <sup>2</sup> , при нагрузке $p$ , кг/см <sup>2</sup>			Сопротивление сдвигу $C_{усл}$ , кг/см <sup>2</sup> , (по крыльчатке)	Визуальные признаки
						0,6	1,0	1,5		
Торфяные	А. Осушенный минерализованный и погребенный торф	До 300	-	0,20	< 5	2,4	2,6	2,7	0,5 - 0,3	Плотный, различных цветов
	Б. Маловлажный (лесной) торф	300 - 600	> 50	0,20 - 0,15	5 - 8	2,4 - 1,8	2,6 - 2,1	2,7 - 2,5	0,3 - 0,2	Плотный: буровой наконечник погружается в болото усилием двух человек. Цвет черный или коричневый; сильно пачкает руку и при сжатии полностью продавливается сквозь пальцы. Вода совсем не отжимается. Остатки трав и мхов либо отсутствуют, либо встречаются в небольшом количестве
	В. Средней влажности (лесотопяной) торф	600 - 900	50 - 30	0,15 - 0,10	8 - 14	1,8 - 1,3	2,1 - 1,7	2,5 - 2,0	0,2 - 0,15	Средняя плотность: буровой наконечник погружается усилием одного человека. Цвет темный или серо-коричневый; пачкает руку, при сжатии частично продавливается сквозь пальцы. Вода отжимается и в небольшом количестве и имеет коричневый цвет. Наряду с остатками древесины встречается значительное количество остатков трав и мхов
	Г. Очень влажный (топяной) торф	900 - 1300	30 - 10	0,10 - 0,06	14 - 20	1,3 - 0,9	1,7 - 1,4	2,0 - 1,8	0,15 - 0,10	Малая плотность. Буровой наконечник погружается под действием собственного веса и веса одной вытянутой руки. Моховые торфы - светлые, травяные - более темные, не пачкают руки и не продавливаются сквозь пальцы. Вода свободно в большом количестве отжимается из образца торфа и имеет желтый цвет. Древесные остатки либо совсем отсутствуют, либо попадают изредка
	Д. Избыточно-влажный	> 1300	-	0,06	20	< 0,9	< 1,4	< 1,8	< 0,1	Рыхлый, цвет от светло-коричневого до черного, иногда желтый. Отчетливо видны стебельки мхов. Прозрачная светло-желтая вода отжимается, как из губки; отжатый торф



Вид грунтов	Разновидность грунта	Природная влажность $W_{пр}$ , %	Степень разложения $R$ , %	Объемный вес скелета $\rho_{ск}$ , г/см <sup>3</sup>	Коэффициент пористости $e$	Модуль деформации $E$ , кг/см <sup>2</sup> , при нагрузке $p$ , кг/см <sup>2</sup>			Сопrotивление сдвигу $C_{усл}$ , кг/см <sup>2</sup> , (по крыльчатке)	Визуальные признаки
						0,6	1,0	1,5		
										пружинит
Сапропелевые	Е. Маловлажный (плотный)	< 200	-	-	-	-	> 5,0	-	> 0,2	
	Ж. Влажный (рыхлый)	200 - 1000	-	-	-	-	5,0 - 1,2	-	0,2 - 0,05	Цвет от черного до зеленоватого. Пластичная жирная масса незначительной плотности, имеются включения неразложившихся остатков растений. Влажность высокая, возможны примеси частиц минерального грунта
Жидкие образования	В. Вода и жидкие образования	-	-	-	-	-	-	-	< 0,05	Неразложившиеся остатки трав и мхов находятся в воде во взвешенном состоянии. Жидкие образования имеют темную окраску, на горизонтальной поверхности растекаются подобно вязкой жидкости

**Пример 2 Классификация и расчётные значения показателей механических свойств торфяных грунтов (ПОСОБИЕ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗЕМПОЛОНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ, 2004)**

Разновидность	Природная влажность $W$ , %	Вид по		Подвид	Сопrotивляемость сдвигу по крыльчатке $C_{усл}$ , МПа		Сжимаемость			
		степени разложения $D_{ар}$	Степени волокнистости $\Phi$ , %		в природном залежании	после уплотнения под нагрузкой ( $p = 0,05$ МПа)	Модуль деформации $E$ , (МПа) при нагрузке $p$ , МПа		Модуль осадки $e_p$ (мм/м) при нагрузке $p$ , МПа	
							0,05	0,1	0,05	0,1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Осушенный (или уплотнённый)	< 300	< 25	> 75	мз	> 0,049	> 0,250				
				сз	> 0,042	> 0,172				
		25 - 40	75 - 60	мз	> 0,030	> 0,125	> 0,25	> 0,33	< 200	< 300
				сз	> 0,033	> 0,105			(< 100)	(< 200)
		> 40	< 60	мз	> 0,019	> 0,080				
		сз	> 0,026	> 0,073						
Маловлажный	300 - 600	< 25	> 75	мз	0,049 - 0,026	0,250 - 0,136				
				сз	0,042 - 0,022	0,172 - 0,090			200 - 350	300 - 420
		25 - 40	75 - 60	мз	0,030 - 0,017	0,125 - 0,060	0,25 - 0,15	0,33 - 0,23	(100 - 250)	(200 - 370)
				сз	0,033 - 0,016	0,105 - 0,056				
		> 40	< 60	мз	0,019 - 0,008	0,080 - 0,036				
		сз	0,026 - 0,013	0,073 - 0,036						
Средней влажности	600 - 900	< 25	> 75	мз	0,026 - 0,016	0,136 - 0,087				
				сз	0,022 - 0,016	0,090 - 0,066				
		25 - 40	75 - 60	мз	0,017 - 0,010	0,060 - 0,042	0,15 - 0,11	0,23 - 0,19	350 - 450	420 - 530

Разновидность	Природная влажность $W$ , %	Вид по		Подвид	Сопротивляемость сдвигу по крыльчатке $S_{усл}$ , МПа		Сжимаемость			
		степени разложения $D_{др}$	Степени волокнистости $\Phi$ , %		в природном залегании	после уплотнения под нагрузкой ( $p = 0,05$ МПа)	Модуль деформации $E$ , (МПа) при нагрузке $p$ , МПа		Модуль осадки $e_p$ (мм/м) при нагрузке $p$ , МПа	
							0,05	0,1	0,05	0,1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		> 40		сз	0,016 - 0,011	0,056 - 0,035			(250 - 400)	(370 - 500)
			60	мз	0,008 - 0,005	0,036 - 0,021				
				сз	0,013 - 0,008	0,036 - 0,022				
Очень влажный	900 - 1200	< 25	> 75	мз	0,016 - 0,011	0,087 - 0,062				
				сз	0,016 - 0,011	0,062 - 0,046				
		25 - 40	75 - 60	мз	0,010 - 0,006	0,042 - 0,028	0,11 - 0,09	0,19 - 0,17	450 - 550	530 - 600
				сз	-	-			(400 - 470)	(500 - 550)
		> 40	< 60	мз	0,005 - 0,003	0,021 - 0,015				
				сз	-	-				
Избыточно влажный	> 1200	< 25	> 75	мз	0,011 - 0,007	0,062 - 0,038				
				сз	0,011 - 0,006	0,046 - 0,020				
		25 - 40	75 - 60	мз	-	-	0,090 - 0,085	0,17 - 0,15	550 - 600	600 - 650
				сз	-	-			(470 - 490)	(550 - 570)
		> 40	< 60	мз	-	-				
				сз	-	-				

**Примечания:** 1. В скобках даны средние значения модулей осадки, без скобок - максимальные.

2. мз - малозольный торф (потери при прокаливании  $\geq 95$  %); сз - торф средней зольности ( $95$  %  $> P \geq 80$  %).

3. Величины показателей механических свойств при промежуточных значениях влажности определяются интерполяцией.

### **Выводы:**

Классификации болот для целей дорожного строительства, используемые в странах Северной Европы и в России, **схожи**. Российская классификация включает финский опыт в этой области.

Классификация торфа и его механические свойства в качестве основания для насыпей дорог также **сопоставимы**.

При исследованиях торфа в условиях естественного залегания и в лабораториях в России регламентируются рядом ГОСТов, многие из которых устарели, поскольку ссылаются на оборудование производства советских времен. Практика Северных стран предлагает **перечень методов, оптимизирующих затраты** на проведения исследований и **достаточность исходных данных** для расчета параметров строительства земполотна на основаниях из торфа. Этот практический опыт **целесообразно включить в российскую практику для снижения затрат на проектирование дорог на слабых основаниях**.

Теоретически обоснованные принципы осадки и стабилизации земполотна также **не содержат противоречий**. Поэтому и строительные методы, применяемые при строительстве дорог на торфах, **идентичны**.

**Областью принципиальных различий является стадия эксплуатации дорог**, построенных на слабых основаниях из торфа. В практике Северных стран такие дороги – **объект четырехмерного пространственного мониторинга** (ширина, протяженность, прилегающая территория, конструкция вглубь) и объект выявления **механизмов разрушения на каждом конкретном участке дороги** как следствия локального сочетания множества переменных факторов (климатические, сезонные и локальные геологические и гидрологические явления, реальные нагрузки и практики дорожного содержания). Результатом становится множество адресных инженерных решений, в сумме:

3. Позволяющих снизить затраты на дорожное содержание.
4. Повышающих удовлетворенность пользователя общим восприятием дороги, как линейного объекта.

Российская практика, предоставляя инженерам возможности для применения индивидуальных решений при строительстве дороги на слабом основании, затем передает эту сложную инженерную систему на стадию стандартизированной эксплуатации. Дорога начинает восприниматься как **двухмерный плоский объект** (ширина и протяженность), от которого требуется лишь соответствие установленным поверхностным стандартизированным параметрам. Отклонение от параметра – основание для линейных работ по его восстановлению (подсыпка, планировка). **Процессы третьего и четвертого измерения** (процессы, происходящие на прилегающих территориях и глубинные, происходящие в дорожной конструкции и под ней), как истинные причины возникающих проблем, остаются **за рамками внимания и инженерного осмысления**. Существующая практика контрактных взаимоотношений также не стимулирует стороны – заказчика и подрядчика - к поиску инновационных адресных решений. Результаты такого общего (не адресного) поверхностного подхода - устранения проблем (а не их причин):

- затратность дорожного содержания, при хроническом недовольстве пользователя состоянием дорог;
- тупиковая ситуация перед необходимостью решения критической задачи для дорог с низкой интенсивностью движения – **повышения несущей способности дорог для соответствия их качеств растущим логистическим потребностям местных экономик** (рост осевых нагрузок).

Поэтому, критическими направлениями для повышения конкурентоспособности бизнеса и качества социальных услуг для граждан северной периферии, стратегическое значение которой будет нарастать, становятся:

3. Подключение российских дорожников к международному сотрудничеству ROADEX и, прежде всего, по направлению – **повышение экономичности дорожного содержания и несущей способности дорог с низкой интенсивностью движения**;
4. Систематизация теоретических и практических знаний по проектированию и строительству дорог на слабых основаниях (торф) и усиление данного акцента при подготовке дорожных инженеров на кафедре автомобильных дорог и в институте повышения квалификации САФУ ввиду распространенности болот в геологическом строении российской территории.

**Приложение 5      Аспекты построения модели и плана подготовки дорог с  
низкой интенсивностью к увеличению нагрузок**

<b>Аспекты</b>	<b>Составляющие</b>
1. Социально-экономическое значение грузовых перевозок	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Влияние на конкурентоспособность бизнеса</li> <li>• Занятость</li> <li>• Издержки дорожной отрасли</li> </ul>
2. Планируемые объемы перевозок и технологии Необходимо определиться с типами транспортных средств, которые будут использовать дороги	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Количество осей</li> <li>• Конфигурация осей</li> <li>• Расстояние между группами осей</li> <li>• Тип шин и давление воздуха</li> <li>• Управление перевозками (восстановительный интервал)</li> <li>• Себестоимость перевозок: зима/весовые ограничения весной</li> </ul>
3. Управление дорожной конструкцией	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Расчеты нагрузок и напряжений при разных осевых нагрузках и конфигурациях осей</li> <li>• Многоцикловая усталость и остаточные деформации дорожной конструкции</li> <li>• Морозные напряжения и геотехнические проблемы</li> <li>• Ослабленные участки сети и их усиление с помощью экономически обоснованных мер</li> <li>• Разработка стратегии управления рисками на потенциально ослабленных участках</li> </ul>
3. Дорожное содержание	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Содержания системы водоотвода</li> <li>• Зимнее содержание</li> <li>• Содержание дорог в период весеннего оттаивания</li> <li>• Предупредительное содержание на основе текущего постоянного мониторинга дорог</li> </ul>
4. Мониторинг дорожных условий и профилактическая деятельность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Мониторинг участков, ослабленных из-за морозных пучений и весеннего оттаивания</li> <li>• Мониторинг периодов восстановления</li> </ul>
5. Безопасность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Безопасность дорожного движения</li> <li>• Управление воздействием на окружающую среду:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбросы</li> <li>2. Шум</li> <li>3. Вибрации</li> </ol> </li> </ul>

**Источники:**

1. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ, ( 1963)
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗЕМ ПОЛОТНА НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ (1968)
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СООРУЖЕНИЮ ЗЕМПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ИЗ ГРУНТОВ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ ( 1980)
4. МЕТОДЫ УСКОРЕНИЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ НА БОЛОТАХ (1984)
5. ПОСОБИЕ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗЕМПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ (2004)
6. ГОСТ 25100-95 ГРУНТЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ
7. СНиП 2.05.02-85\* АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ (проектирование)
8. СНиП 3.06.03-85 АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ (строительство)
9. Руководство по производству работ дорожным мастером (при содержании и ремонте автомобильных дорог)( 2001)
10. Сборник обзорной информации «Автомобильные дороги и мосты: Строительство и содержание дорожного водоотвода» (2006г)
11. Ведомственные строительные нормы ВСН 24-88 "Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог" (1988)