



SCR-E/110623/C/SV/RU

Управление  
дорогами Северо-  
запада России

Технический отчет 8

Руководство по НДМ-4  
и Генеральный План  
ремонтных работ

Окончательная версия

31 декабря 2002г.

---

Опубликовано: декабрь2002

Copyright © 2002 by Tacis services DG IA, European Commission.  
Запросы на использование материалов посылать на адрес Информационного офиса Тасис  
European Commission, Aarlenstraat 88 1/06 Rue d'Arlon, B-1040 Brussels.

Данный отчет был подготовлен Консорциумом Finnroad Ltd, VCEOM и JP-Transplan Ltd. Все выводы, заключения и интерпретации данного документа принадлежат только Консорциуму и никоим образом не отражают политики или мнения Европейской Комиссии.

## Что такое Тасис?

Программа Тасис является инициативой Европейского Союза для Новых Независимых Государств и Монголии, способствующей развитию гармоничной и процветающей экономики и политическим связям между Европейским Союзом и странами - партнёрами. Её целью является поддержание инициатив стран-партнёров по развитию общества, основанного на политических свободах и экономическом процветании.

Тасис достигает этого посредством обеспечения финансовыми грантами для ноу-хау, чтобы поддержать процесс преобразования экономик этих стран в рыночные, а общества – в демократические

За первые шесть лет своей деятельности с 1991 по 1996 г.г., Тасис реализовал 2,807 миллионов ЕВРО, чтобы начать более чем 2,500 проектов.

Тасис работает в тесном сотрудничестве со странами-партнёрами при определении того, как и на что истратить фонды. Это дает гарантию того, что финансирование по линии Тасис направляется каждой стране на её собственную политику реформирования и в соответствии с приоритетами именно этой страны. Тасис также работает в тесном сотрудничестве с другими донорами и международными организациями, играя роль части более расширенных международных усилий.

Тасис обеспечивает партнёров ноу-хау широкого ранга государственных и частных организаций, которые позволяют объединить опыт рыночных экономик и демократий и местные знания и опыт. Это ноу-хау поставляется через консультации по линии политических советов, исследований и обучения путём развития и реформирования правовых норм и правил, институтов и организаций, а также путём создания партнёрства, сетей и показательных проектов, а также проектов-близнецов. Кроме того, Тасис является катализатором для открытых фондов основных займодавцев через предынвестиционную деятельность и технико-экономические обоснования.

Тасис обеспечивает понимание и признание демократии и рыночно ориентированной социально-экономической системы путём культивирования связей и продолжительных отношений между организациями в странах-партнёрах и их контр-партнёрами в странах Европейского Союза.

Основными приоритетами для финансирования по линии Тасис являются государственные административные реформы, реструктуризация государственных предприятий и развитие частного сектора, транспортной и телекоммуникационной инфраструктур, энергетики, ядерной безопасности и охраны окружающей среды, строительства и эффективного производства пищевых продуктов, производственной и распределительной системы, развитие социальных услуг и образование. Поэтому, каждая страны выбирает приоритетные сектора в зависимости от своих нужд.

## Форма 1.2. ТИТУЛЬНАЯ СТРАНИЦА ОТЧЕТА

Название проекта :	<b>Управление дорогами Северо-запада России</b>	
Номер проекта :	<b>SCR-E/110623/C/SV/RU</b>	
Страна :	<b>Российская Федерация</b>	
	Местный партнер	Консультант ЕвроСоюза
Название :	Архавтодор	Finnroad Oy
Адрес :	Комсомольская 38-1 163045 Архангельск, Россия	Opastinsilta 12 H 00521 Helsinki Finland
Тел. :	+7 8182 229891	+358 9 86898810
Факс :	+7 8182 229176	+358 9 86898820
Телекс :	_____	_____
Контактное лицо :	Г-н Попов Сергей Иванович	Г-н Раймо Салланмаа
Подписи :	_____	_____

Дата отчета : 31.12.2002

Название отчета: Руководства HDM4 и Генеральный план ремонтных работ

Автор отчета : Консультант ЕС/Архангельскавтодор  
(И. Хейккинен/Ч.С. Данн/В. Пономарев)

Мониторинг ЕС	_____	_____	_____
	[имя]	[подпись]	[дата]
Делегация ЕС	_____	_____	_____
	[имя]	[подпись]	[дата]
ТАСИС	_____	_____	_____
[управляющий проектами]	[имя]	[подпись]	[дата]

## Содержание

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	<b>6</b>
<b>1 РУКОВОДСТВА НДМ-4 ДЛЯ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ</b> .....	<b>7</b>
1.1 ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ И ЦЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ РУКОВОДСТВ .....	7
1.1.1 <i>Информация об Архангельской области, как части Северо-запада России</i> .....	7
1.1.2 <i>Что такое НДМ-4?</i> .....	8
1.1.3 <i>Обязанности российского специалиста по НДМ-4</i> .....	8
1.1.4 <i>Цель руководств</i> .....	9
1.2 СБОР ДАННЫХ ПО СОСТОЯНИЮ ДОРОГ .....	9
1.2.1 <i>Измерения ровности при помощи толчкомера</i> .....	11
1.2.2 <i>Инвентаризация покрытий</i> .....	11
1.2.3 <i>Оценка прочности дорожной одежды при помощи установки динамического нагружения (FWD)</i> .....	13
1.2.4 <i>Прочие данные по состоянию дорог</i> .....	13
1.3 ДАННЫЕ УЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ .....	14
1.4 КОНФИГУРАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ.....	15
1.5 КАЛИБРОВКА .....	16
1.6 АДАПТАЦИЯ НДМ К МЕСТНЫМ УСЛОВИЯМ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ .....	17
1.7 ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ НАИМЕНОВАНИЯ РАБОТ И ЕДИНИЧНЫЕ РАСЦЕНКИ .....	18
1.8 ПАРК ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ .....	18
1.9 РУКОВОДСТВА ПО ВЫПОЛНЕНИЮ АНАЛИЗА.....	19
1.9.1 <i>Различные уровни анализа НДМ-4</i> .....	19
1.9.2 <i>Выполненные виды анализа</i> .....	20
1.9.3 <i>Практические вопросы анализа</i> .....	21
1.10 Взгляд на будущее .....	22
<b>2 ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН РЕМОНТНЫХ РАБОТ И ДРУГИЕ ВИДЫ АНАЛИЗА НДМ-4 ДЛЯ СЕТИ ДОРОГ ПРИМОРСКОГО РАЙОНА</b> .....	<b>23</b>
2.1 ВВЕДЕНИЕ.....	23
2.2 АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ .....	23
2.3 АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ.....	23
2.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОЙ СЕТИ ДОРОГ .....	23
2.5 РАЗБИВКА СЕТИ ДОРОГ НА УЧАСТКИ .....	24
2.6 ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ДАННЫХ И КЛЮЧЕВЫХ ПРЕДПОЛОЖЕНИЙ .....	30
2.7 ОПИСАНИЕ ДОРОЖНЫХ ДАННЫХ .....	30
2.7.1 <i>Характеристики дороги</i> .....	30
2.7.2 <i>Состояние покрытий и ровность</i> .....	31
2.8 СТАНДАРТЫ РАБОТ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ .....	31
2.9 ОПИСАНИЕ СТРАТЕГИЙ.....	32
2.9.1 <i>Общее</i> .....	32
2.10 КАЛИБРОВКА .....	33
2.11 РЕЗУЛЬТАТЫ .....	34
<b>3 КАЛИБРОВКА ТОЛЧКОМЕРА (ПОКАЗАНИЯ ТОЛЧКОМЕРА В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ РОВНОСТИ)</b> .....	<b>39</b>
<b>4 КАЛИБРОВКА II УРОВНЯ КЛИМАТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА РОВНОСТИ МОДЕЛИ РАЗРУШЕНИЯ НДМ-4</b> .....	<b>42</b>
4.1 ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ РОВНОСТЬ.....	43
4.2 РОВНОСТЬ В НАСТОЯЩИЙ МОМЕНТ .....	44
4.3 ТРАНСПОРТНАЯ НАГРУЗКА .....	44
4.3.1 <i>Определение параметра "m"</i> .....	45
4.3.2 <i>Обсуждение вопроса</i> .....	46
4.3.3 <i>Рекомендации</i> .....	46

## Предисловие

Данный документ формирует Технический отчет 8 в контексте проекта "Управление дорогами Северо-запада России", финансируемого в рамках программы Tacis. Отчет содержит описание руководств HDM-4 для Архангельской области и Генеральный план ремонтных работ для сети дорог Приморского района, составленный в ходе проекта. Отчет также содержит параграфы, непосредственно связанные с программой HDM-4, не вошедшие в опубликованные ранее технические отчеты. Руководства HDM-4 относятся к версии 1.2 модели HDM-4 Мирового Банка, которая является последней версией, переведенной на русский язык.

Глава 1 связана с описанием руководств. Подход является практическим, т.е. Консультанты большей частью описывают то, как начиналась работа по HDM-4 в Архангельской области и как она развивалась в ходе проекта, а также видение будущего применения HDM-4 в Архангельске. Анализ, выполненный для Приморского района и приведенный в Главе 2 демонстрирует, каким образом применялись эти Руководства, а Генеральный план ремонтных работ является одним из результатов этого анализа.

Глава 3 связана с калибровкой ровности, а Глава 4 - со вторым уровнем калибровки HDM-4.

В Приложении 1 (относится к Главе 4) дано описание того, как можно конвертировать результаты измерений прочности при помощи установки динамического нагружения в показатели, запрашиваемые HDM-4.

# 1 Руководства НДМ-4 для Архангельской области

## 1.1 Основные данные и цели применения руководств

### 1.1.1 Информация об Архангельской области, как части Северо-запада России

Архангельская область расположена на Северо-западе России на Белом море. Численность населения области в 1999г. составила 1.478 млн. жителей. Архангельская область включает Ненецкий автономный округ и занимает площадь 587.4 тыс. кв. км. Область отличается низкой плотностью населения (примерно 2.5 чел/км<sup>2</sup>), и потому существенно зависит от наличия хороших транспортных сообщений. Кроме портовой деятельности Архангельска, существует также два вида сообщений с Москвой: автомобильная дорога М8 и железная дорога, пролегающие через Вологду.

Область подразделяется на двадцать районов, и в Приморском районе проживает наибольшее количество жителей. В этом районе расположены два крупнейших города области - Архангельск и Северодвинск. Главной автомобильной дорогой области является федеральная трасса "Холмогоры" М8, соединяющая Москву с Архангельском через Вологду и представляющая собой основным сообщением в южном направлении. Среди прочих важных дорог района можно отметить подъезд к г. Северодвинску и трассу Архангельск - Малые Карелы на правом берегу реки Северная Двина. Еще одним центром скопления населения является г. Котлас и прилегающая к нему местность, расположенные на юге региона недалеко от границы с Вологодской областью.

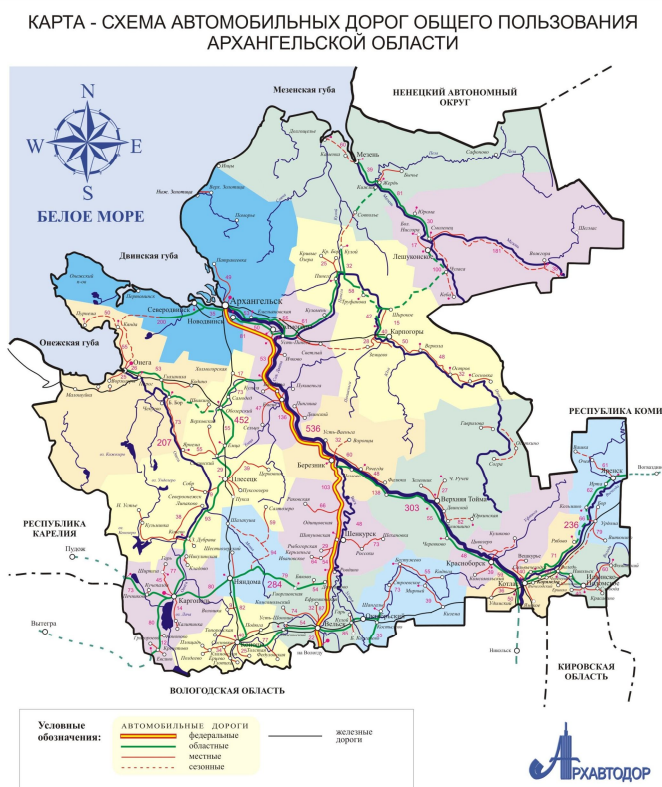


Рисунок 1. Транспортные сообщения Архангельской области.

Несмотря на то, состояние главных дорожных сетей по всей России, а в частности и в Архангельской области, в целом варьируется от плохого до хорошего, в бывшем Советском Союзе существовала система проектирования дорог и применялись методы проектирования, сопоставимые с западными стандартами. Плохое состояние дорог главным образом обусловлено недостаточным содержанием, качеством строительства, применением несовременных технологий и/или низкокачественных материалов. Проблемы финансирования, стоящие перед Россией, сказались на увеличении проблем, связанных с обеспечением качества дорог.

Основной проблемой российских дорожных сетей состоит в том, что на содержание дорог выделяется недостаточное количество финансовых средств и ресурсов. Нехватка денег также является основной проблемой недостаточности программы реконструкции дорог. Что касается дорожного сектора, необходимо отметить, что большинство дорог сети не содержатся надлежащим образом по причине финансовых ограничений. Кроме того, качество строительства некоторых дорог является низким, например, из-за высоких затрат, связанных с большим расстоянием транспортировки материалов, что, конечно, ускоряет процесс разрушения дорог и задает высокий стартовый уровень эксплуатационных затрат ТС даже для только что построенных дорог. Это влияет как на экономику региона в виде более высоких эксплуатационных затрат транспортных средств, так и на безопасность движения в области.

Эти проблемы ставят перед экономической оценкой дорог будущие цели распределения требуемых денежных средств экономно, расчетливо и наиболее эффективно.

### **1.1.2 Что такое HDM-4?**

Инструмент развития и управления дорогами (HDM-4) является компьютерной программой, используемой для выполнения различных видов экономического анализа от анализа разнообразных дорожных стратегий и инвестиционных программ до проектов по содержанию и капитальному ремонту дорог. Данная программа считается широко распространенным международным инструментом, используемым для этих целей, и уже переведена на многие языки. Данный проект несет ответственность за проверку перевода программного обеспечения HDM-4 на русский язык, а также перевод файлов экспортных форматов "Road Network и Vehicle Fleet Export Formats". Проект также отвечает за перевод на русский язык Тома 4 HDM-4 "Аналитические основы и описание модели".

Продукты HDM-4 являются собственностью Мирового Банка, Азиатского Банка Развития, Шведской национальной дорожной администрации, Департаментом Международного Развития Великобритании и других спонсоров, а программа развития осуществляется под координацией Международной Дорожной Федерации (PIARC) Университета Бирмингема, Великобритания.

### **1.1.3 Обязанности российского специалиста по HDM-4**

Одна из целей проекта состоит в обучении современным методам управления дорогами при планировании будущей деятельности (управление дорожными активами). При принятии решения в отношении возможной деятельности необходимо оценить эффекты от вложения различных дорожных инвестиций. Частью оценки эффектов является выполнение экономического анализа стратегии управления или отдельно взятого индивидуального проекта. HDM-4 помогает при составлении отчетности и расчете экономических выгод и затрат для стратегий отдельных проектов. Осуществление экономической оценки и является задачей российского специалиста по HDM-4.



Изучение стратегий означает, например, поиск экономической обоснованности (доходности) обеспечения определенного уровня дорожных услуг или определение оптимального бюджета и показателей состояния дорог. На уровне анализа проектов HDM-4 позволяет генерировать перечень приоритетов, выполнить оценку затрат и определить различные величины, как, например, скорости движения, расход топлива, энергетический баланс и т.д. Прежде всего, HDM-4 - это инструмент для экономического анализа. При принятии решений не следует упускать из виду прочие аспекты и показатели воздействия. Выполняя анализ всех важнейших эффектов, можно обонать программу работ. Специалист HDM-4 готов к решению всех этих задач.

Специалист HDM-4 должен работать в тесном сотрудничестве с отделом планирования, а также с другими отделами управления. Специалист должен выполнять анализ различных видов дорожных инвестиций с экономической точки зрения, а также быть осведомлен о программе работ.

В будущем специалист HDM-4 будет отвечать за выполнение разных видов экономического анализа. "Архангельскавтодор" должен усовершенствовать состав его задач таким образом, чтобы специалист мог вести программу управления покрытиями, высказывать по этому вопросу свои замечания и комментарии. В его обязанности входят как решение основных задач, связанных со стратегиями в рамках его юрисдикции, так и участие в составлении программ. Он должен быть в курсе работы по развитию и обучению, связанных с HDM-4 и прочими вопросами управления дорожными активами в рамках работы по развитию и обучению.

#### **1.1.4 Цель руководств**

Целью данных руководств является описание рабочих процедур HDM-4 в Архавтодоре. Описание ставит задачей определение практической работы для анализа от сбора дорожных данных до фазы выполнения анализа.

В данном отчете рассмотрены отдельные аспекты, связанные с работой по HDM-4, как, например, описание парка транспортных средств, руководства по сбору дорожных данных и руководства по калибровке HDM-4. Читателям следует также обратиться к Техническому отчету 5 "Калибровка HDM-4" Техническому отчету 6 "Руководства по проведению обследований состояния дорог и учету интенсивности", а также отчету 9 "Изучение пилотного проекта "Коридор Восток - Запад".

## **1.2 Сбор данных по состоянию дорог**

В развитых системах управления дорогами информация хранится в автоматизированных базах данных. Такая база данных существует и в Архавтодоре (КАС), однако эта система используется недостаточно. Одна из целей проекта состоит в создании базы данных состояния дорог, которая могла бы применяться для целей HDM-4 а впоследствии и в современных методах управления дорогами. Для этого в ходе проекта была создана Интегрированная дорожная информационная система (IRIS). Система интегрирована в HDM-4 и систему ГИС.

Сбор данных необходим, поскольку это способ получения сопоставимых и точных данных по всем дорогам сети. Для оценки разрушений дорожных покрытий хорошо иметь исторические данные. В рамках данного проекта в области была начата работа по инвентаризации покрытий. Первый раунд, осуществленный в 2001г., затронул дороги Приморского района. В 2002г. инвентаризация распространилась на М8. В процессе

инвентаризации покрытий были зафиксированы различные виды трещин, выбоины, выкрашивание, разрушение кромок проезжей части.

До настоящего времени наиболее важными источниками получения информации о дорожных данных служили паспорта дорог, различные данные измерений и база данных КАС. Информация для выполнения анализов в течение данного проекта была большей частью заимствована из вышеназванных источников.

В данном проекте общая информация по дорогам заимствовалась из паспортов дорог и существующей базы данных. Из паспорта дороги были взяты год строительства, годы выполнения ремонтов, данные о конструкции дорожной одежды. В 2001г. на дорогах было выполнено бурение с целью определения дорожной конструкции. Геометрические параметры дорог и интенсивность движения были оценены вместе с другой информацией, хранящейся в базе данных.

Описание сети дорог (информация о дорожных данных) представляет собой основу хозяйственного и обоснованного управления дорогами. Это особенно важно для работ по текущему и периодическому содержанию, в результате которых элементы плана и профиля остаются прежними. Наиболее существенной информацией о дорожных данных является информация о состоянии дорог и транспортных потоках (объемах и нагрузках различных ТС). Эту информацию необходимо собирать в режиме реального времени (on-line). Частично это можно сделать в офисе, используя планы дорог (информация об элементах геометрии, поперечном профиле дороги, деталях строительства).

Такие основные виды измерений, как измерения ровности и несущей способности/прочности, были хорошо известны в России и до того, как начался проект. Оба вида измерений описаны в Российских нормах.

Ровность измеряется при помощи толчкомера (BI). Метод не совпадает с методом определения Международного Показателя Ровности (IRI), который используется в HDM-4. В ходе проекта был представлен метод конвертации показаний толчкомера в IRI. Теперь Архангельскавтодор может получать оба этих значения, в то время как для оценки состояния дорог Российские нормы требуют российские показатели.

Аналогичным образом был получен метод конвертации результатов измерений прогиба при помощи Российской установки динамического нагружения (аналог дефлектометра падающего груза FWD) в значения Структурного Номера Покрытия (СНП). УДН применяется для оценки прочности дорожной одежды. TRL (Англия) разработал метод конвертации результатов FWD в результаты теста Балки Бенкельмана. В дальнейшем эти величины могут быть конвертированы в СН, как они определены для HDM-4. Этот метод подробно представлен Приложении 1 данного отчета.

Еще одним пунктом, весьма важным с точки зрения экономического анализа, является сбор данных интенсивности движения на различных дорогах. Поскольку он равнозначен и влияет на другие измерения, данные интенсивности должны быть достоверны, собираться на всех дорогах на регулярной основе.

Консультанты поняли, что поведение инвентаризаций и выполнение измерений требуют слишком много времени. Ровность, являющаяся наиболее важным показателем, влияющим на величину затрат пользователей дорог, измерить легче всего. В то же время этот показатель представляет собой легко определяемую, надежную переменную, значения которой следует фиксировать регулярно.

Рекомендуется продолжать совершенствовать процедуры инвентаризации покрытий, измерения прогибов и учета интенсивности движения. В будущем при появлении

автоматических устройств будет сделан скачок в области инвентаризации покрытий. Но до тех пор разумно подолжать выполнять процедуры инвентаризации и изучать возможности совершенствования, когда технологии GPS будут привязаны к процедурам инвентаризации.

В следующих главах дано описание текущей ситуации сбора данных по состоянию дорог, того, как она развивалась в ходе проекта и каким образом будет совершенствоваться дальше.

В HDM-4 считается, что данные по состоянию дорог отражают состояние на конец года. В действительности же сбор данных осуществлялся, начиная с весны и далее в 2002г. (т.е. это данные не на конец 2002г.), поэтому в качестве исходного года был принят 2001г.

Технический отчет 6 "Руководства по проведению обследований состояния дорог и учету интенсивности" предоставляет дополнительную информацию о параметрах состояния дорог и включает руководство по выполнению измерений.

### 1.2.1 Измерения ровности при помощи толчкомера

Наиболее важным показателем состояния для анализа HDM-4 является ровность. Большой шаг вперед был сделан тогда, когда была выполнена калибровка толчкомера и получена формула для конвертации показаний толчкомера в значения IRI. Другая установка, используемая для измерений ровности, - ПКРС - полностью заменяется толчкомером.

Измерения ровности выполнялись при помощи толчкомера, смонтированного на базе Дорожной лаборатории Архавтодора (автомобиль для проведения обследований), а именно микроавтобусе ГАЗель КП-554МП. Толчкомер был использован для калибровки при помощи установки MERLIN с целью получения формулы для точной конвертации показаний толчкомера в значения Международного Показателя Ровности (IRI). Полученная методом наименьших квадратов прямая линия позволила составить уравнение:

$$IRI = 1.02 + 0.0198 BI, \text{ при показаниях толчкомера менее } 210 \text{ см/км}$$

Поскольку программное обеспечение, используемое в Архавтодоре для снятия показаний толчкомера, устанавливает лимит 300, то данная формула может быть использована только для конвертации показаний толчкомера, не превышающих 220 см/км. При больших значениях существует неопределенность, поскольку некоторые участки дороги скорее всего имеют ровность более 300 см/км, и для этих показаний прибора была использована скорректированная формула. Таким образом, для показаний толчкомера свыше 210 см/км рекомендуется использовать следующее уравнение:

$$IRI = 10 ^ { (0,0017 * BI ^ {1,13})}, \text{ при показания толчкомера } \geq 210 \text{ см/км}$$

Для показания толчкомера 210 см/км обе формулы дают значение приблизительно IRI = 5,2.

Значения IRI можно непосредственно вводить в HDM-4.

Детальное описание изучения, связанного с получением формулы для пересчета, дано в Приложении 4 Технического отчета 6, а также в Главе 3 данного отчета.

### 1.2.2 Инвентаризация покрытий

Один из основных видов информации, необходимой для развитого управления дорогами, связан с проведением инвентаризаций покрытий. Работы по инвентаризации были начаты в

первый год реализации проекта в Приморском районе. Инвентаризации были подвергнуты все дороги Приморского района, имеющие асфальтобетонное покрытие. В 2002г. инвентаризация была выполнена для федеральной трассы М8. До настоящего проекта похожие инвентаризации осуществлялись только с целью выявления наиболее разрушенных участков дорог. Измерения на этих участках выполнялись для того, чтобы определить затраты на производство ремонтных работ.

Причина, по которой инвентаризации покрытий осуществлялась на километровых участках, заключалась в простоте определения местоположения. На Российских дорогах на каждом километре на обочине установлены км-столбы. В Приморском районе дефекты покрытий определялись на протяжении между соседними км-столбами. После этого данные заносились в файлы excel. На М8 также была использована видеозапись. В процессе видеосъемки на М8 местоположение дефектов фиксировалось по километражу, который сменялся одновременно с картинкой видеоклипа на экране. Для дальнейшего совершенствования инвентаризации ставится цель записывать дефекты по 100 м сегментам дороги непосредственно в базу данных. Для прямого ввода данных можно было бы использовать панельное или автоматическое устройство по аналогии с GPS.

Для того, чтобы управлять ресурсами инвентаризации, необходимы данные о частоте осуществления инвентаризации покрытий (циркуляции процесса). Архавтодор планирует вести ежегодную запись деформаций и разрушений по федеральной дороге, для территориальных дорог осуществлять ее каждый третий год, а для местных - каждый пятый. После определения частоты проведения инвентаризаций, график можно легко изменять в соответствии с потребностями Автодора.

При инвентаризации покрытий были зафиксированы четыре вида деформаций:

- Трещины
- Выбоины
- Выкрашивание
- Разрушение кромок проезжей части

Для определения количества широких структурных трещин длина всех продольных трещин была умножена на значение по умолчанию HDM-4, равное 0,5 м, а к полученной величине прибавлена площадь сетки трещин и "сетки крокодиловых трещин". Метод оценки описан в Приложении 2 Технического отчета 6 - "Расчет параметров визуальных обследований, необходимых для HDM-4". Если к полученной выше величине прибавить площадь поперечных температурных, то можно определить общую площадь всех трещин. Количество поперечных трещин фиксируется в штуках, а площадь определяется умножением полученной величины на ширину проезжей части и ширину влияния трещин, принимаемое по умолчанию 0,5 м. Полученное значение, указанное в процентах от общей площади проезжей части, можно вводить в HDM-4.

Количество выбоин на км дороги (определенное тем же способом, что и в HDM-4) и площадь выкрашивания, указанная в процентах от общей площади проезжей части, можно непосредственно вводить в HDM-4.

Площадь разрушения кромок определяется умножением измеренной длины разрушения кромок на ширину разрушения. Полученную площадь можно вводить в программу в процентах от общей площади проезжей части.

Тогда как измерения ровности и прочности хорошо знакомы Автодору, большее значение следует придавать развитию инвентаризаций покрытий. Рекомендуется начинать работы по инвентаризации весной, когда снег полностью сошел с дороги. Консультанты считают, что необходимо организовать специальную группу специалистов, отвечающих за проведение инвентаризаций. Инженеры отдела диагностики могут контролировать и обучать этих

специалистов для выполнения ими своих обязанностей. Работы по инвентаризации должны быть автоматизированы таким образом, чтобы полевые результаты уже были записаны в табличной форме.

### 1.2.3 Оценка прочности дорожной одежды при помощи установки динамического нагружения (FWD)

HDM-4 запрашивает данные оценки Структурного номера покрытия (СНП или SNP) и земляного полотна. Чем выше показатель, тем более устойчива дорожная одежда к разрушениям, что измеряется эксплуатационными характеристиками покрытия.

HDM-4 позволяет определять прочность конструкции дорожной одежды при помощи одного из четырех различных методов. Можно задать как структурный номер покрытия (прочность уложенных слоев) и Калифорнийский показатель несущей способности земляного полотна, в виде значения для влажного или сухого сезона. Прочность можно определить, зная толщину слоев и коэффициенты прочности каждого слоя, или исходя из величины прогиба балки Бенкельмана или УДН.

При выполнении первых анализов для оценки прочности были использованы как результаты измерения УДН, так и коэффициенты прочности слоев. В процессе Консультанты столкнулись с некоторыми проблемами. В Архангельской области верхние слои асфальтобетона как правило имеют большую толщину, в особенности на главных дорогах. Материалы слоев варьируются в широком диапазоне.

В итоге Консультанты предложили метод, комбинирующий испытания FWD (аналог УДН) и Балки Бенкельмана, выполненные TRL (Великобритания). Для конвертации Российских значений прогиба в прогибы балки Бенкельмана, которые можно вводить в HDM-4, была использована следующая формула:

$$d_{BB} = 6.5 \times (3.06 (0.88 \times d_{RFWD})^{-0.49})^{-1.6}$$

где  $d_{RFWD}$  = прогиб, измеренный российской установкой динамического нагружения  
 $d_{BB}$  = прогиб балки Бенкельмана

При вводе значений прогиба Балки Бенкельмана с использованием файлов импорта-экспорта HDM-4, необходимо проверить, верен ли метод деривации СНП.

Измерения прогиба при помощи УДН весьма трудоемки, поскольку измерения в одной точке обычно отнимают время. В данном случае необходима автоматизация процесса.

### 1.2.4 Прочие данные по состоянию дорог

Прочими данными по состоянию дорог, которые запрашивает HDM-4, являются шероховатость, коэффициент сцепления и состояние водоотвода. Состояние водоотвода оценивал эксперт. Большинство были использованы показатели удовлетворительного и хорошего состояния. Глубина колеи не определялась, поскольку оказалось, что она не является важным показателем. Глубокие колеи встречаются редко, так как только около 20% автомобилей имеют шипованные шины. Влияние движения транспорта на величину колеи также незначительно. Для всех участков дорог применялось значение по умолчанию (5 мм).

Также были использованы значения по умолчанию для шероховатости покрытия (0,5 мм) и коэффициента сцепления (0,35). Впрочем, также можно использовать и другие значения.

То, как можно подобрать эти значения, описано в Техническом отчете 6 "Руководства по проведению обследований состояния дорог и учету интенсивности".

### 1.3 Данные учета интенсивности движения

Сбор транспортных данных осуществлялся примерно с 80 различных пунктов учета, расположенных на территории Архангельской области. Для выполнения более точного анализа предлагается увеличить количество учетных площадок. Одной из возможностей является циркуляция измерений, т.е. измерения должны производиться на каждой дороге с интервалом не более пяти лет. Консультанты рекомендуют осуществлять кампании по 12-часовому учету интенсивности движения с классификацией по типам транспортных средств с целью обновления и подтверждения достоверности результатов ежемесячного учета, выполняемого Архавтодором.

Технические отчеты 5 и 6 связаны с определением объемов движения, параметров влияния на пользователей дорог и прогнозированием прироста интенсивности движения. Дополнительные данные учета интенсивности движения можно встретить в Техническом отчете 9 "Изучение пилотного проекта "Коридор Восток - Запад", где представлена информация по М8. Поскольку М8 является единственным источником получения данных о колебаниях интенсивности движения и распределения транспорта по различным классам, рекомендуется использовать эти факторы для других дорог до тех пор, пока не будет получена более точная информация.

При выполнении анализа для дорог Приморского района был использован парк транспортных средств, определенный ранее. После этого микроавтобусы были выделены в самостоятельную категорию. В настоящий момент (и для изучения М8) парк транспортных средств подразделен на следующие классы:

1. Легковые автомобили
2. Легкие грузовые автомобили (грузоподъемность до 2 т).
3. Средние грузовые автомобили (грузоподъемность 2.1...6 т).
4. Тяжелые грузовые автомобили (грузоподъемность 6.1...8 т).
5. Очень тяжелые грузовые автомобили (грузоподъемность 8....14 т).
6. Сверхтяжелые грузовые автомобили (грузоподъемность 14 т).
7. Автобусы
8. Микроавтобусы

Сельскохозяйственный транспорт также подлежал учету, однако был исключен из расчета среднегодовой среднесуточной интенсивности движения, применяемой в анализе HDM-4.

Были приняты два отдельных периода прироста интенсивности движения с различными коэффициентами прироста, основанные на ежегодном темпе роста ВВП 2% в период 2002-2005г.г с последующим ростом 5% в год. Эти значения были использованы во всех анализах, выполненных в 2002г.

Консультанты рекомендуют принять эластичность для грузового транспорта равной 1.0, а для пассажирского: 0.33 для легковых автомобилей и 0.1 для автобусов.

Результирующие коэффициенты прироста интенсивности, вводимые в HDM-4, приведены ниже:

Название ТС	Класс	Ежегодный % прироста с 2002г.	Ежегодный % прироста с 2005г.
Лада 2110	Легковые	0.66	1.66
Газель	фургоны	2.00	5.00
ЗИЛ 130	Грузовые	2.00	5.00
МАЗ 500	Грузовые	2.00	5.00
КАМАЗ 5511	Грузовые	2.00	5.00
КАМАЗ 5410р	Грузовые	2.00	5.00
Микроавтобус Газель	Автобусы	0.20	0.50
ЛАЗ 699	Автобусы	0.20	0.50

## 1.4 Конфигурационные данные

У Консультантов не было данных о пропускной способности полосы движения для дорог Прхангельской области. Поэтому при определении типов скоростных потоков и схем транспортных потоков были сделаны некоторые предположения. На сети дорог либо нет проблем транспортной перегруженности, либо они незначительны. Для Приморского района схема транспортного потока была принята как движение в свободном потоке. Вследствие наличия широких укрепленных обочин тип скоростных потоков был принят как для широкой двухполосной дороги. В будущем на этом участке необходимо выполнить некоторые основные исследования с целью выполнения лучшей калибровки и достижения большей достоверности анализа.

Для всех изучений были приняты следующие входные параметры климатической зоны (см. окно данных ниже).

Climate Zone: Arkhangelsk2

Climate

Name: Arkhangelsk2

Moisture Classification: Semi-arid

Moisture Index: -40

Duration of dry season: 0.4166 (as a fraction of a year)

Mean monthly precipitation: 50 mm

Temperature Classification: Temperate - freeze

Mean temperature: 8 °C

Avg. Temperature Range: 20 °C

Days T > 32°C: 10 days

Freeze Index: 220 C-days

Percentage Of Time Driven

on snow covered roads: 20 0<=PCTDS<=100

on water covered roads: 10 0<=PCTDW<=100

The name of this Climate Zone

OK

Cancel

Defaults...

Входные параметры большей частью приняты равными значениям по умолчанию HDM-4 для полусухой зоны по классификации влажностных режимов и зоны "умеренных

морозов" в соответствии с классификацией температурных режимов. Продолжительность зимнего (сухого) сезона определялась с учетом рекомендаций параграфа 3.9 Технического отчета 5 "Калибровка HDM-4", и составила 5 месяцев.

## 1.5 Калибровка

В ходе проекта осуществлялась калибровка моделей разрушения HDM-4 в соответствии с информацией о текущем состоянии дорог, сроках выполнения работ по капитальному ремонту и оценкой состояния после выполнения ремонтных работ. Калибровка была сфокусирована на данных визуальных наблюдений и дополнительных измерений.

В нижеприведенной таблице представлены калибровочные коэффициенты, использованные на втором этапе выполнения калибровки. Более подробное описание калибровочных коэффициентов дано в Техническом отчете 5 "Калибровка HDM-4". Уровень 2 калибровки климатического коэффициента ровности модели разрушения HDM-4 представлен в Главе 5 данного отчета.

Модель Разрушения	Коэффициент калибровки	Присвоенное значение
Отношение SNP Влажного/Сухого сезона	f	0.5
Козф. калибровки SNP Влажного/Сухого сезона	$K_f$	0.527
Продолжительность Сухого Сезона, доли года	d	0.5
Факторы Водоотвода	DF и $K_{ddf}$	1.0
Все Структурные Трещины – Появление	$K_{cia}$	1.0
Широкие Структурные Трещины – Появление	$K_{riw}$	1.0
Все Структурные Трещины – Развитие	$K_{cra}$	1.0
Широкие Структурные Трещины – Развитие	$K_{cpw}$	1.0
Поперечные Температурные Трещины – Появление	$K_{cit}$	0.5
Поперечные Температурные Трещины – Развитие	$K_{cpt}$	2.0
Колейность – Начальное Уплотнение	$K_{rid}$	1.0
Колейность – Структурные Деформации	$K_{rst}$	1.0
Колейность – Платические Деформации	$K_{rpd}$	0
Колейность – Износ Покрытия	$K_{rsw}$	1.1
Выкрашивание – Появление	$K_{vi}$	1.0
Выкрашивание – Развитие	$K_{vp}$	1.0
Выбоины – Появление	$K_{pi}$	1.0
Выбоины – Развитие	$K_{pp}$	1.0
Разрушение Кромки Покрытия	$K_{eb}$	1.0
Ровность – Климатический Коэффициент	$K_{gm}$	1.0
Ровность – SNPК	$K_{snpk}$	1.0
Ровность – Ухудшение	$K_{gp}$	1.0
Шероховатость (Глубина Текстуры) – Развитие	$K_{td}$	1.0
Коэффициент Сцепления	$K_{sfc}$	1.0
Коэффициент Сцепления – Влияние Скорости	$K_{stcs}$	1.0
Индикатор дефектов строительства АБ покрытий	CDS	0.5
Индикатор дефектов строительства основания	CDB	1.0
Относительное уплотнение слоев ДО & зем.полотна	COMP	95%



В главе 3 Технического отчета 5 "Калибровка HDM-4" связана с выявлением потенциальных проблем, которые могут привести к искажению любого анализа HDM-4, выполняемого применительно к дорогам Архангельской области или другого региона со схожим климатом, для которого характерны снег и продолжительные морозы. В частности, в качестве решения проблемы предлагаются различные методы, применяемые для дорог, покрытия которых в течение зимы содержатся без снега, и тех, на которых допускается снежный накат в течение длительного периода.

Так как модели ВПД (RUE) не учитывают влияние снега и льда на ровность покрытий, предполагается, что дороги будут содержать очищенными от снега и льда.

Были учтены основные рекомендации Технического отчета 5. Анализ для дорог, очищенных от снега, будет выполняться как для обычных, однако зимний период будет рассматриваться как сухой сезон, а остальное время года - как влажный сезон. Продолжительность зимнего периода принимается равной 5 месяцам.

## 1.6 Адаптация HDM к местным условиям Архангельской области

В настоящее время HDM-4 является наиболее совершенным и комплексным инструментом управления дорогами. Он не прост в применении и чувствителен к ошибкам. Некоторые ошибки могут быть допущены, если полученные результаты изучены недостаточно внимательно. Обычный пользователь знает, как проверить отчеты HDM-4 на наличие каких-либо ошибок. Опытный пользователь может оценить, верно ли описывают данные по состоянию фактическое поведение покрытий.

Авторы хотели бы напомнить следующие моменты, касающиеся выполнения анализа HDM-4:

- Пользователь должен всегда проверить данные по состоянию для анализируемого участка. Таким образом подтверждаются результаты анализа.
- Повышение категории дороги в некоторых обстоятельствах может оказаться проблематичным. Например, замена гравийного покрытия на Otta Seal с обеспечением нового слоя основания из щебеночно-гравийной смеси, была связана с некоторыми трудностями. В этом случае анализу подвергались две различные сети с одинаковыми геометрическими и транспортными атрибутами. Различными были только данные по состоянию дорог и прочности дорожной одежды. Этот анализ выполнялся в два этапа, и его экономические результаты были сведены в файл excel.
- Практика содержания дорог в разных странах различна. В HDM-4 наименования работ с описаниями частично взяты из BS и AASHTO или в крайнем случае являются одинаковыми для обоих источников. Поэтому при выполнении анализа в России могут быть использованы лишь некоторые наименования работ или только те, которые близко соответствуют наименованиям работ HDM-4.

Консультанты выражают сомнение относительно того, что HDM-4 - это инструмент, который будет использоваться в России в долгосрочном измерении. Он может рассматриваться в качестве временной программы, используемой до тех пор, пока русские сами не изобретут свой инструмент, более подходящий с точки зрения отражения местных особенностей. Однако, этот период может занять некоторое время.

Как правило, при выполнении анализа работ по периодическому содержанию расчет ущерба ДТП не проводился, поскольку очень трудно оценить влияние работ на количество ДТП сразу после изменения типа покрытия, укладки нового слоя или даже уширения проезжей части, если исторические данные вседены к минимуму.

Количество ДТП в России на тыс. жителей или кол-во ТС является одним из самых высоких в мире, поэтому данный вопрос требует сбора информации и проработки. Дорожные инвестиции можно лучше обосновать, анализируя данные по ДТП.

## **1.7 Используемые наименования работ и единичные расценки**

Для оценки планируемых действий необходимы данные по стоимости работ. Планируемые мероприятия входят в годовую программу работ. Поскольку деньги сообщества расходуются на осуществление этих мероприятий, в интересах Автодора обосновывать точные величины затрат по каждому инвестиционному варианту.

Единичные расценки (стоимости единицы работ) также необходимы для тендерных процедур и заключения договоров. Хорошее знание цен поможет Автодору в переговорном процессе заключения контрактов.

Единичные расценки должны быть доступны для всех видов оценки работ. Если кто-то смог бы хранить и анализировать единичные расценки для различных районов области, это несомненно было бы преимуществом и принесло бы выгоды.

Стандарты содержания были определены на основе информации, поступившей в процессе работы по составлению предложений по реорганизации ДРСУ. HDM-4 является недостаточно гибкой программой в отношении определения наименований работ. Прежде всего все работы по зимнему и летнему содержанию не имеют влияния на разрушение покрытий, поскольку они представляют собой затраты на производство работ.

Таблица, приведенная в Главе 2 анализа дорог Приморского района, приводит наименования работ и стоимости их производства. Расценки были обновлены экспертами Автодора в соответствии с уровнем цен 2002г. Дополнительные расценки приведены в Техническом отчете 9, где указаны единичные затраты применительно к М8.

Есть лишь малая доля информации относительно точного влияния различных видов работ на характеристики дороги. Специалисты дорожной лаборатории выполнили несколько измерений ровности после производства работ по перекрытию слоем. Осталось осуществить еще несколько мероприятий непосредственно на дороге. Очень важно иметь дополнительную информацию по этому вопросу, так как ровность представляет собой весьма значимый показатель. Используемые показатели влияния работ большей частью основаны на оценках эксперта.

## **1.8 Парк транспортных средств**

Информация о парке транспортных средств и эксплуатационных затратах ТС вводилась в модель Влияния на пользователей дорог (ВПД или RUE) для расчета суммарных затрат сообщества от всех типов ТС, осуществляющих движение по М8 в Архангельской области.

Основные положения калибровки и адаптации входных параметров модели ВПД в HDM-4 были описаны в Техническом отчете 5 "Калибровка HDM-4", и в данной главе часто ссылаются на указанный документ.

Отправным пунктом при установлении парка транспортных средств послужили семь категорий транспортных средств, указанных во "«Временной инструкции по учету

интенсивности и состава транспортного потока на дорогах общего пользования Архангельской области». Однако, принимая во внимание различия по нагрузке и вместимости, Консультанты порекомендовали разделить категорию «автобусы» на две: автобусы и микроавтобусы. В ходе кампании по учету интенсивности движения с классификацией по типам ТС в сентябре 2002 (см. параграф 3.1 отчета 9) автобусы и микроавтобусы рассматривались по двум отдельным категориям, поэтому для целей пилотного изучения парк транспортных средств представляли 8 типов транспортных средств.

1. Легковые автомобили
2. Легкие грузовые автомобили (грузоподъемность до 2 т).
3. Средние грузовые автомобили (грузоподъемность 2.1...6 т).
4. Тяжелые грузовые автомобили (грузоподъемность 6.1...8 т).
5. Очень тяжелые грузовые автомобили (грузоподъемность 8.1...14 т).
6. Сверхтяжелые грузовые автомобили (грузоподъемность свыше 14 т).
7. Автобусы
8. Микроавтобусы

Название ТС	Класс	Основной тип	Категория	Модель срока службы
Лада 2110	Легковые	Микролитражный автомобиль	Моторизованные	Постоянная
Газель	Фургоны	Легкий грузовой фургон	Моторизованные	Оптимальная
ЗИЛ 130	Грузовые	Легкий грузовой	Моторизованные	Оптимальная
МАЗ 500	Грузовые	Средний грузовой	Моторизованные	Оптимальная
КАМАЗ 5511	Грузовые	Тяжелый грузовой	Моторизованные	Оптимальная
КАМАЗ 5410р	Грузовые	Сочлененный грузовой	Моторизованные	Оптимальная
Микроавтобус Газель	Автобусы	Микроавтобус	Моторизованные	Оптимальная
ЛАЗ 699	Автобусы	Автобус большой вместимости	Моторизованные	Оптимальная

## 1.9 Руководства по выполнению анализа

### 1.9.1 Различные уровни анализа HDM-4

В HDM-4 рассматриваются три различных уровня выполнения анализа. Анализ стратегий применяется для долгосрочного планирования в масштабе всей сети. Обычно сеть дорог подразделяется на несколько различных категорий дорог, где выбираются схожие участки дорог. Категории обычно определяются классификацией дорог, типом покрытия, интенсивностью движения и показателями состояния. Анализ стратегий обычно выполняется по меньшей мере на следующие пять лет.

Анализ программ связан с подготовкой многолетней или годовой программы для сети дорог, в рамках которой в условиях ограниченных ресурсов определяются и выбираются альтернативные инвестиционные варианты. Сеть дорог анализируется участок за участком,

выполняется расчет объемов дорожных работ и потребностей в затратах на их производство для каждого участка дороги в каждом году периода финансирования

Одно из основных различий анализа стратегий и программ заключается в способе физического определения участков. В то время как анализ программ касается участков, представляющих собой уникальные физические единицы, распознаваемые в дорожной сети, то анализ стратегий выполняется для сгруппированных репрезентативных участков, типичных для сети дорог, поэтому сеть теряет индивидуальные характеристики участка. Анализ стратегий обычно связан с определением соответствующего уровня содержания для конкретных категорий дорог или оптимального размера финансирования данной сети дорог.

Анализ проектов заключается в оценке одного или нескольких дорожных проектов или инвестиционных вариантов. Анализ подвергается участок дороги с выбранными пользователем видами работ, связанными с этим затратами и выгодами, ежегодно намечаемыми в анализируемом периоде. Экономические показатели определяются для различных инвестиционных вариантов. Анализ проектов может применяться для экономического обоснования различных методов содержания и улучшения дорог для конкретных участков сети. Также он может выполняться для оценки нового строительства, например, объездных дорог и т.д.

### **1.9.2 Выполненные виды анализа**

Традиционно анализ стратегий используется в качестве инструмента для выбора наиболее подходящих политик управления дорогами для различных групп дорог, составленных на основе реально существующей сети. Данный инструмент часто применяется для оптимизации использования бюджетных средств, установления критериев состояния для бюджетов определенного уровня и других целей.

Данный проект включает два различных анализа стратегий, в которых инструмент используется по-разному. Для Приморского района изучение стратегий выполнялось для всей сети без группировки дорог. Это было сделано с целью определения бюджетных потребностей, подходящих уровней содержания для различных дорог и разработки Генерального плана ремонтных работ. Результаты анализа представлены в главе, связанной с выполнением анализа HDM-4 для дорог Приморского района.

Основной целью стратегического анализа для Приморского района заключалась в изучении объемов финансирования, необходимых для поддержания сети дорог в надлежащем состоянии.

Другой анализ стратегий HDM-4 был выполнен для автомобильной дороги М8 "Москва - Архангельск". В этом случае стратегия создавалась традиционным способом - группировкой существующих участков дороги по различным типам дорог. Полученные результаты и подробное описание анализа можно найти в Техническом отчете 9. Область Пилотного изучения охватывала участок автомобильной дороги М8 «Москва – Архангельск» от границы с областным центром до южной границы Архангельской области. Автомобильная дорога М8 является дорогой федерального значения протяженностью в пределах области 532.58 км, имеющая асфальтобетонное покрытие.

Точность анализов лежит в допустимых пределах. Результаты анализа для Приморского района подтверждают обоснованность выполнения улучшений на участках сети с высокой интенсивностью движения (Подъезд к г. Северодвинск и аэропорту Талаги). Вывод по анализу стратегии заключается в том, что Архавтодор не в состоянии поддерживать дороги в требуемом состоянии при использовании имеющихся ресурсов. Результаты анализа для М8 показывают то же, что федеральная дорожная администрация имеет в планах, а именно

улучшение транспортно-эксплуатационных характеристик участков, находящихся в наихудшем состоянии.

Калибровка подошла ко второму этапу. Она вполне надежна и достоверна с точки зрения выполнения анализа стратегий и даже оценок проектов. При сравнении варианта реализации проекта и базового варианта (делай минимум), она дает ответ, является ли проект экономически обоснованным или нет. Однако следует помнить о том, что если соотношение выгод и затрат превышает 1, это необязательно означает, что проект является выгодным помещением средств. Укладка слоев покрытия обычно дает большие значения соотношения выгод и затрат.

После разработки первоначального Генерального плана ремонтных работ (с применением инструментов анализа стратегий или проектов), анализ должен быть подтвержден анализом чувствительности и другими видами анализа, кроме экономического.

Некоторая экономия также достигается, если работы по капитальному ремонту покрытий производятся в одном районе, и асфальтобетонные заводы и/или гравийные карьеры расположены недалеко друг от друга.

HDM-4 не учитывает:

- близости расположения карьеров и наличия материалов
- аспекты воздействия на окружающую среду
- социально-экономические факторы (политические и прочие аспекты)
- факторы, связанные с ДТП
- производства в данном районе и в то же самое время прочих работ, к которым можно было бы приурочить анализируемые HDM-4

### 1.9.3 Практические вопросы анализа

HDM-4 использует участки дорог для анализа данных. При вводе данных в HDM-4 пользователь должен вначале решить вопрос разбивки дороги на участки. В ходе проекта для целей выполнения анализа Консультанты в тесном сотрудничестве с персоналом Автодора выполнили разбивку дорог на участки. Наиболее важными критериями разбивки являются показатели состояния, интенсивность движения и геометрические характеристики. Протяженность участков должна быть также подходящей. После разбивки дороги на участки определяются характеристики дороги в виде средневзвешенных по длине показателей. Разбивка должна соответствовать запланированным проектам. Если характеристики внутри запланированных проектов варьируются в большом диапазоне значений, пользователь должен разбить участки на более мелкие в соответствующих точках.

HDM-4 также связана с Интегрированной Дорожной Информационной Системой (IRIS). IRIS содержит базу данных по состоянию дорог, созданную в соответствии с требованиями HDM-4. Разбивка дороги на участки и расчет средних значений для каждого участка в IRIS осуществляется автоматически. Система использует программу MapInfo в качестве базы данных и интерфейса ГИС, поэтому все исходные данные HDM-4, как впрочем и результаты можно отобразить на карте.

IRIS может быть расширена для соответствия в будущем другим целям. Ближайшей рабочей целью стать самостоятельное использование этого инструмента.

## 1.10 Взгляд на будущее

В рамках проекта произошел обмен ноу-хау со специалистами дорожной лаборатории в отношении различных видов сбора дорожных данных и со специалистами отдела инноваций относительно того, как выполнять анализ HDM-4.

Наиболее важная задача проекта "Управление дорогами Северо-запада России" с точки зрения Консультантов состоит во внедрении современных методов управления дорожными активами. Консультанты считают, что персонал Архавтодора в ходе проекта расширил свои взгляды и узнал о новых системах управления дорогами. Обмен мнениями с коллегами по работе повышает качество работы.

Консультанты считают, что в будущем Автодору предстоит выполнить большой объем работ в области сбора данных. В предыдущих параграфах представлены идеи развития. Это и есть перспективная задача специалистов дорожной лаборатории, отвечающих за выполнение всех важнейших измерений на дорогах.

Весьма важен взгляд на то, каким образом система IRIS будет интегрирована в системы Архавтодора. Работа в этом направлении будет продолжена в период продления проекта, весной 2003г., когда система будет установлена и протестирована в Архавтодоре.

## **2 Генеральный план ремонтных работ и другие виды анализа HDM-4 для сети дорог Приморского района**

### **2.1 Введение**

Одна из задач Проекта «Управление Дорогами Северо-Запада России» заключается в том, чтобы продемонстрировать Автодору пример выполнения анализа HDM-4. Первый вариант анализа был представлен Автодору в конце 2001 года. В 2002 году работы по анализу программы HDM-4 были продолжены. Основной целью является обновление данных, предоставленных для анализа, в соответствии с текущей ситуацией и составление нового Генерального Плана Ремонтных Работ для сети дорог Приморского района на 2003 год и расчет времени для осуществления мероприятий по содержанию на различных участках сети Приморского района. Стратегическая часть включает в себе изучение финансовых потребностей в зависимости от состояния дорог в Приморском районе и сравнительное изучение различных стратегий содержания дорожной сети области. Анализ будет выполнен работниками Автодора (Отдел Диагностики, Виктор Пономарев) при поддержке экспертов ЕС.

Следующие пункты будут изучены и представлены в ходе презентации анализа HDM-4.

### **2.2 Анализ стратегий**

Изучение дорожного бюджета для Приморского все еще находится на стадии рассмотрения. Как и ранее, анализ стратегии нацелен на описание воздействия различных стратегий содержания на состояние сети дорог в течение 20-летнего анализируемого периода. При изучении стратегии также будет выполнен анализ чувствительности по критерию состояния дорог, другими словами будут изучены различные критерии и их экономические эффекты.

### **2.3 Анализ проектов**

Изучение анализа проекта будет связано с Генеральным Планом Ремонтных Работ (ГПРР) для дорог Приморского района. Частично он будет выполнен одновременно со анализом стратегии. Наиболее рентабельные (эффективные с точки зрения осуществления затрат) проекты будут отобраны и включены в Генеральный План. Общий бюджет Генерального Плана не должен превышать реальный бюджет. Результаты анализа могут также использоваться для создания реального плана ремонтных работ Автодора. Однако при их использовании, Автодор должен иметь в виду, что анализ частично основан на предположениях.

### **2.4 Определение основной сети дорог**

Вся сеть дорог, подлежащая анализу, имеет протяженность 271,2 км, из них 46,0 км – это федеральная дорога М-8 и 225,2 км областных и местных дорог.

## 2.5 Разбивка сети дорог на участки

Участки идентифицируются следующим образом:

- Название дороги
- № дороги
- Адрес участка
- Данные по узлам на участке

Разбиение на участки было выполнено в предыдущем анализе и впоследствии изменено не было, т. к. выполненная разбивка на данном этапе считается оптимальной.

<b>Дорога №1 М8 «Москва – Архангельск»</b>						
<b>№ участка</b>	<b>Начало участка</b>	<b>Конец участка</b>	<b>Начало, км</b>	<b>Конец, км</b>	<b>Длина, км</b>	<b>Примечание</b>
1	Граница Приморского района	«Беломорье»	1180,2	1190,9	10,7	Ширина ПЧ 7,2 м
2	«Беломорье»		1190,9	1196	5,1	ПЧ 7,0 м; Обочины 2,5м
3			1196	1202,7	6,7	Обочины 2,9м
4			1202,7	1208,7	6	ААДТ 1391
5		Дорога № 6	1208,7	1214,9	6,2	ААДТ 2560, Обочины 2,8м
6	Дорога № 6	Дорога № 21	1214,9	1217,4	2,5	Обочины 3,25 м
7	Дорога № 21	Новый мост	1217,4	1222,6	5,2	Последний ремонт 2001г
8	Новый мост	Дорога № 2	1222,6	1225,5	2,9	Обочины 3,5м
9	Дорога № 2	Граница Архангельска	1225,5	1226,2	0,7	Обочины 4,5м
<b>Общая длина</b>					<b>46,0</b>	

<b>Дорога №2 Подъезд к Северодвинску</b>						
<b>№ участка</b>	<b>Начало участка</b>	<b>Конец участка</b>	<b>Начало, км</b>	<b>Конец, км</b>	<b>Длина, км</b>	<b>Примечание</b>
1	Дорога № 1	Дорога № 25	0	1	1	ПЧ 10,4 м
2	Дорога № 25	Дорога № 23	1	2,3	1,3	ПЧ 9 м
3	Дорога № 23	Частная дорога	2,3	4	1,7	ПЧ 8 м
4	Частная дорога		4	5,4	1,4	ПЧ 7,1 м
5			5,4	10,8	5,4	ПЧ 7,7 м
6			10,8	15,4	4,6	ПЧ 7,3 м
7		Дорога № 18	15,4	19,5	4,1	ПЧ 7,8 м
8	Дорога № 18	Дорога № 7	19,5	20,4	0,9	ПЧ 9 м
9	Дорога № 7		20,4	27	6,6	ПЧ 7,4 м
10			27	29	2	ПЧ 7 м
11			29	35	6	ПЧ 7,5 м
<b>Общая длина</b>					<b>35,0</b>	



<b>Дорога №3</b> <b>Архангельск – Малые Корелы – Белогорский</b>						
<b>№ участка</b>	<b>Начало участка</b>	<b>Конец участка</b>	<b>Начало, км</b>	<b>Конец, км</b>	<b>Длина, км</b>	<b>Примечание</b>
1			15,1	20	4,9	Последний ремонт 1999г
2			20	23	3	AADT 1312
3			23	29	6	AADT 546
4			29	32	3	Нефтегравий
5			32	34,5	2,5	АБ
6			34,5	37	2,5	Нефтегравий
7			37	39,2	2,2	АБ
8			39,2	42,3	3,1	Нефтегравий
9			42,3	52,3	10	Последний ремонт 1998г
10			52,3	59,7	7,4	Последний ремонт 1999г
11			59,7	60,3	0,6	Гравий
<b>Общая длина</b>					<b>45,2</b>	

<b>Дорога №4</b> <b>Архангельск – а/п «Талаги»</b>						
<b>№ участка</b>	<b>Начало участка</b>	<b>Конец участка</b>	<b>Начало, км</b>	<b>Конец, км</b>	<b>Длина, км</b>	<b>Примечание</b>
1			0	4,7	4,7	AADT 7484
2			4,7	8,9	4,2	AADT 2536
<b>Общая длина</b>					<b>8,9</b>	

<b>Дорога №5</b> <b>Исакогорка – Новодвинск – Холмогоры</b>						
<b>№ участка</b>	<b>Начало участка</b>	<b>Конец участка</b>	<b>Начало, км</b>	<b>Конец, км</b>	<b>Длина, км</b>	<b>Примечание</b>
1			0	6,0	6,0	Последний ремонт 1989г
2			6,0	7,0	1,0	Последний ремонт 1986г
<b>Общая длина</b>					<b>7,0</b>	

<b>Дорога №6</b> <b>Исакогорка – Новодвинск – Холмогоры (новое направление)</b>						
<b>№ участка</b>	<b>Начало участка</b>	<b>Конец участка</b>	<b>Начало, км</b>	<b>Конец, км</b>	<b>Длина, км</b>	<b>Примечание</b>
1	Пересечение с М-8		0	1,8	1,8	ПЧ 14 м
2			1,8	6,4	4,6	Последний ремонт 1998г

3		Граница Новодвинска	6,4	9,4	3,0	Последний ремонт 1999г
4	Граница Новодвинска		16,4	17,4	1,0	Последний ремонт 1996г
5			17,4	18,0	0,6	АБ
6			18,0	19,3	1,3	ЦБ
7			19,3	20,2	0,9	АБ
8			20,2	23,5	3,3	ЦБ
9			23,5	23,9	0,4	Последний ремонт 1994г
<b>Общая длина</b>					<b>16,9</b>	

<b>Дорога №7</b>						
<b>Архангельск – Онега</b>						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	7,1	7,1	ЦБ
2			7,1	9,8	2,7	Гравий
3			9,8	21,9	12,1	АБ
4			21,9	31,3	9,4	Щебень
5			31,3	46,5	15,2	Гравий
6			46,5	52,8	6,3	Гравий
7			52,8	59,2	6,4	ЦБ
8			59,2	66,8	7,6	Гравий, обочина 2 м
9			66,8	73,3	6,5	Гравий, обочина 2,5 м
10			73,3	96,6	23,3	Щебень
<b>Общая длина</b>					<b>96,6</b>	

<b>Дорога №8</b>						
<b>Ижма–Лапоминка–Патракеевка</b>						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	17,1	17,1	
<b>Общая длина</b>					<b>17,1</b>	

<b>Дорога №9</b>						
<b>Подъезд к нефтебазе</b>						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	3,6	3,6	Последний ремонт 1996г
2			3,6	6,2	2,6	Последний ремонт 1991г
3			6,2	7,4	1,2	Последний ремонт 1996г
<b>Общая длина</b>					<b>7,4</b>	

Дорога №10 Ширша – зверосовхоз						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	1,4	1,4	AADT 342
2			1,4	4	2,6	AADT 236
<b>Общая длина</b>					<b>4,0</b>	

Дорога №11 СЦБК – Покракула						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	3,0	3,0	
<b>Общая длина</b>					<b>3,0</b>	

Дорога №12 Великое – Кипарово						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	0,5	0,5	АБ
2			0,5	0,8	0,3	Гравий
<b>Общая длина</b>					<b>0,8</b>	

Дорога №13 Анисимово – Перхачево						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	1,2	1,2	Последний ремонт 1997г
2			1,2	2,4	1,2	Последний ремонт 2000г
<b>Общая длина</b>					<b>2,4</b>	

Дорога №15 Хорьково – причал						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	0,4	0,4	
<b>Общая длина</b>					<b>0,4</b>	

Дорога №17 Н. Ладино – В. Ладино						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	3,4	3,4	ЦБ
<b>Общая длина</b>					<b>3,4</b>	

<b>Дорога №18</b> <b>Рикасиха – Лая</b>						
<b>№ участка</b>	<b>Начало участка</b>	<b>Конец участка</b>	<b>Начало, км</b>	<b>Конец, км</b>	<b>Длина, км</b>	<b>Примечание</b>
1			0	2,6	2,6	Последний ремонт 1998г
2			2,6	4,2	1,6	Последний ремонт 2000г
3			4,2	9,2	5,0	Последний ремонт 2001г
<b>Общая длина</b>					<b>9,2</b>	

<b>Дорога №19</b> <b>Лесная речка - Катунино</b>						
<b>№ участка</b>	<b>Начало участка</b>	<b>Конец участка</b>	<b>Начало, км</b>	<b>Конец, км</b>	<b>Длина, км</b>	<b>Примечание</b>
1			0	1,6	1,6	ПЧ 5,5 м
2			1,6	3	1,4	ПЧ 5 м
<b>Общая длина</b>					<b>3,0</b>	

<b>Дорога №21</b> <b>Подъезд к а/п «Васьково»</b>						
<b>№ участка</b>	<b>Начало участка</b>	<b>Конец участка</b>	<b>Начало, км</b>	<b>Конец, км</b>	<b>Длина, км</b>	<b>Примечание</b>
1			0	5,0	5,0	Последний ремонт 1997г
2			5,0	7,3	2,3	AADT 970
3			7,3	9,2	1,9	AADT 638
<b>Общая длина</b>					<b>9,2</b>	

<b>Дорога №22</b> <b>Подъезд к дер. Фельшинка</b>						
<b>№ участка</b>	<b>Начало участка</b>	<b>Конец участка</b>	<b>Начало, км</b>	<b>Конец, км</b>	<b>Длина, км</b>	<b>Примечание</b>
1			0	1,0	1,0	ЦБ
<b>Общая длина</b>					<b>1,0</b>	

<b>Дорога №23</b> <b>Подъезд к пос. Рикасово</b>						
<b>№ участка</b>	<b>Начало участка</b>	<b>Конец участка</b>	<b>Начало, км</b>	<b>Конец, км</b>	<b>Длина, км</b>	<b>Примечание</b>
1		Частная дорога	0	2,6	2,6	Последний ремонт 1990г
2	Частная дорога		2,6	4,0	1,4	Последний ремонт 1991г
3			4,0	5,0	1,0	Последний ремонт 1998г
<b>Общая длина</b>					<b>5,0</b>	

Дорога №24 Подъезд к пос. Цигломень						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	1,7	1,7	
Общая длина					1,7	

Дорога №25 Подъезд к дер. Левковка						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	2,2	2,2	
Общая длина					2,2	

Дорога №26 Подъезд к музею «Малые Корелы»						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	0,9	0,9	
Общая длина					0,9	

Дорога №27 Подъезд к дер. Зачапино						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	1,6	1,6	
Общая длина					1,6	

Дорога №28 Подъезд к дер. Псареве						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	0,4	0,4	
Общая длина					0,4	

Дорога №29 Подъезд к пос. Косково						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	1,7	1,7	
Общая длина					1,7	

Дорога №30 Подъезд к дер. Васьково						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	1,7	1,7	
<b>Общая длина</b>					<b>1,7</b>	

Дорога №32 Подъезд к дер. Лапоминка						
№ участка	Начало участка	Конец участка	Начало, км	Конец, км	Длина, км	Примечание
1			0	3,2	3,2	
<b>Общая длина</b>					<b>3,2</b>	

Общее количество участков – 87, т.е. каждый участок имеет в среднем длину 3,8 км. Все данные по участкам были вручную внесены в HDM-4 как с бумажных носителей, так и из существующей базы дорожных данных. В будущем планируется сделать процедуру внесения и поиска данных максимально простой.

## 2.6 Описание основных данных и ключевых предположений

Данные, полученные в сентябре 2001 года были обновлены в соответствии с нынешней ситуацией на сети дорог Приморского района. Форма сбора данных включает информацию по идентификации участка, интенсивности, данные по участку, а также состояние покрытия и его хронологию. Данные должны быть взаимосвязаны с существующей системой дорожной адресации, где дорога начинается или от города, или от главной дороги (нулевая отметка) и тянется до своего конца. Т.е. нулевая отметка для федеральной дороги М-8 «Москва – Архангельск» является Главпочтамт Москвы, это означает, что наш первый анализируемый участок будет иметь отметку 1180,2 километра.

Автодор представил на рассмотрение следующую информацию:

- Интенсивность движения (среднее количество ТС в сутки, классифицированное по семи категориям ТС для целей HDM-4)
- Данные по геометрии дороги (план, продольный и поперечный профиль)
- Данные по конструкции дорожной одежды
- Данные по состоянию дороги
- Хронология строительства, реконструкции и ремонтов на дороге

## 2.7 Описание дорожных данных

### 2.7.1 Характеристики дороги

- Административное значение участка дороги (федеральная, территориальная, местная)
- Ширина дороги, м
- Количество полос движения

- Категория дороги (АБ, ЦБ, переходный тип)
- Материал покрытия (описание материала и метода укладки)
- Описание дорожной одежды и земполотна
- Толщины слоев, м
- Протяженность участка, м
- Кривизна участков в плане
- Подъемы и спуски (Холмистость)
- Хронология покрытия, информация по строительству и содержанию в прошлом

## 2.7.2 Состояние покрытий и ровность

Были даны следующие данные по состоянию :

- Ровность, измеренная толчкомером
- Дефекты покрытия (на км):
  - Продольные трещины, м
  - Поперечные температурные трещины, шт
  - Сетка «крокодиловых трещин», м<sup>2</sup>
  - Выкрашивание, м<sup>2</sup>
  - Разрушение кромки, м
  - Ямочность (выбоины), м<sup>2</sup>
  - Замеры Дефлектомером падающего веса
- Год ПИР

В случаях, когда не удалось отыскать данные по последним работам по строительству, реконструкции, ремонту, перекрытию слоя (усилению) или поверхностной обработке (ПО), условно принималось, что год строительства – 1960, год последнего перекрытия слоя или ПО – 1990.

## 2.8 Стандарты работ в Архангельской области

Единичные стоимости дорожных работ были приведены в соответствие с текущими ценами на ноябрь 2002 года.

*Асфальтобетонные покрытия:*

Работа	Ед. изм.	Ед. ст-ть, руб 2002	Примечание
Заливка трещин	м	20	
Ямочный ремонт	м <sup>2</sup>	150	
Контроль канав и откосов	км	5 000	Включая трубы. Стоимость в год.
Контроль обочин с добавлением материала	км	113000	
Контроль обочин без добавления материала	км	1 000	
Поверхностная обработка	м <sup>2</sup>	30	
Перекрытие тонким слоем	м <sup>2</sup>	220	Толщина 2,5...4 см
Новый слой АБ	м <sup>2</sup>	250	Толщина 4...5 см
Новый слой АБ с исправлением профиля	м <sup>2</sup>	300	Ср. толщина около 5 см
Новый слой АБ с исправлением профиля	м <sup>2</sup>	350	Ср. толщина около 8 см, в два слоя

Рисайклинг при толщине а/б 10 см	м <sup>2</sup>	575	
Рисайклинг при толщине а/б 6 см	м <sup>2</sup>	425	
Зимнее содержание	км	30800 13200	Для М8 и Северод. дороги Для других дорог
Другое летнее содержание	км	700 300	Включая содержание барьерного ограждения, освещения и т.п.

Расценки для зимнего содержания основаны на плане развития Приморского ДЭУ. Необходимо отметить, что стоимость зимнего содержания, указанная в контракте Автодора и Приморского ДРСУ, практически в два раза ниже предлагаемой для ДЭУ. Консультанты считают, что применение расценок ДЭУ является более подходящим, и это также является целью данного проекта.

*Гравийное покрытие:*

Работа	Ед. изм.	Ед. ст-ть, руб 2002	Примечание
Профилирование с добавлением материала	км	9000	
Профилирование без добавления материала	км	6000	
Укладка слоя гравия	м м <sup>2</sup>	800 81	Толщина доп. слоя 5-10 см
Ремонт гравийной дороги	м м <sup>2</sup>	1260 155	Толщина доп. слоя около 20 см
Контроль канав и откосов гравийной дороги	км	91000	Включая трубы. Стоимость в год.
Зимнее содержание	км	15400	
Другое летнее содержание	км	6600	Включая содержание барьерного ограждения, освещения и т.п.

Помимо асфальтобетонных и гравийных дорог, Автодор имеет на балансе дороги с цементобетонным типом покрытия (плиты) и так называемые грунтовые. В ближайшем будущем плиты будут заменены гравийным покрытием (или асфальтобетонными, если этого потребует увеличение интенсивности). Грунтовые дороги будут также заменены гравийным покрытием.

## 2.9 Описание стратегий

### 2.9.1 Общее

Так же как и в первом анализе, были применены две основные стратегии – для асфальтобетонных и гравийных покрытий, а также стратегия периодического содержания («политика перекрытия слоем»).

*Асфальтобетонные покрытия*



Стратегия для асфальтобетонных покрытий включает в себя виды работ по текущему содержанию от ямочного ремонта до контроля обочин, а также работы по зимнему и прочему летнему содержанию, описанные в главе «Рабочие стандарты».

Стратегия периодического содержания асфальтобетонных покрытий включает в себя следующие пункты и критерии:

- ◆ ПО, когда площадь сплошных разрушений превышает 10% от общей площади ПЧ
- ◆ Перекрытие тонким слоем, когда индекс ровности покрытия IRI выше 4,5 мм/м
- ◆ Новый слой АБ с исправлением профиля ( $h = 60$  мм), когда индекс ровности покрытия IRI выше 5,5 мм/м
- ◆ Новый слой АБ с исправлением профиля ( $h = 60$  мм), когда индекс ровности покрытия IRI выше 8 мм/м

### Гравийное покрытие

На данном этапе анализ гравийных дорог не выполнялся. Предыдущий анализ описан в промежуточном отчете, опубликованном 15 января 2002г. Консультанты сосредоточили свое внимание на исследовании возможности повышения износостойкости гравийных покрытий при помощи технологии Otta Seal. Изучение и результаты анализа представлены в отдельном Техническом отчете 12 "Руководства по применению Otta Seal".

## 2.10 Калибровка

В текущем году завершен второй этап калибровки HDM-4. Детальное описание калибровки модели HDM-4 представлено в Техническом отчете № 5 «Калибровка HDM-4».

Следующая таблица предоставляет сводную таблицу коэффициентов калибровки, рассчитанных на Уровне 1 калибровки.

Модель Разрушения	Коэффициент калибровки	Присвоенное значение
Отношение SNP Влажного/Сухого сезона	f	0.5
Кэф. калибровки SNP Влажного/Сухого сезона	$K_f$	0.527
Продолжительность Сухого Сезона, как доля года	d	0.5
Коэффициенты Водоотвода	DF и $K_{ddf}$	1.0
Все Структурные Трещины – Возникновение	$K_{cia}$	1.0
Широкие Структурные Трещины – Возникновение	$K_{riw}$	1.0
Все Структурные Трещины – Развитие	$K_{cpa}$	1.0
Широкие Структурные Трещины – Развитие	$K_{cpw}$	1.0
Поперечные Температурные Трещины – Возникновение	$K_{cit}$	0.5
Поперечные Температурные Трещины – Развитие	$K_{cpt}$	2.0
Колейность – Начальное Уплотнение	$K_{rid}$	1.0
Колейность – Структурные Деформации	$K_{rst}$	1.0
Колейность – Платические Деформации	$K_{rpd}$	0
Колейность – Износ Покрытия	$K_{rsw}$	1.1
Выкрашивание – Возникновение	$K_{vi}$	1.0
Выкрашивание – Развитие	$K_{vp}$	1.0
Выбоины – Возникновение	$K_{pi}$	1.0
Выбоины – Развитие	$K_{pp}$	1.0

Разрушение Кромки Покрытия	$K_{eb}$	1.0
Ровность – Климатический Коэффициент	$K_{gm}$	1.0
Ровность – SNPК	$K_{snpk}$	1.0
Ровность – Развитие	$K_{gp}$	1.0
Шероховатость (Глубина Текстуры) – Развитие	$K_{td}$	1.0
Коэффициент Сцепления	$K_{sfc}$	1.0
Коэффициент Сцепления – Влияние Скорости	$K_{stcs}$	1.0
Индикатор дефектов строительства АБ покрытий	CDS	Полагаем 0.5
Индикатор дефектов строительства основания	CDB	Полагаем 1.0
Относительное уплотнение слоев ДО & зем.полотна	COMP	Полагаем 95%

## 2.11 Результаты

Анализ был выполнен 25 ноября 2002 г. Период анализа – 20 лет, коэффициент дисконтирования 12 %. Цель анализа – получение объема бюджетных средств, необходимых для Приморского района, распределение денежных средств по категориям дорог.

### Текущее содержание

Общий недисконтированный бюджет на текущее содержание всей дорожной сети Приморского района (без учета ЦБ дорог), согласно анализу стратегии HDM-4, составляет 87,8 млн. руб, т.е. 4,4 млн. руб в среднем за год. Эти цифры использовались как базовая альтернатива, с которой сравнивались другие альтернативы.

### *Политика перекрытия слоем и восстановления гравийного покрытия*

Общий бюджет политики перекрытия слоем асфальтобетона и восстановления гравийных покрытий согласно анализу HDM-4 составляет 2926.98 млн. руб, т.е. 146349 млн. руб в среднем за год. В настоящий момент бюджет Приморского района на ремонт и реконструкцию составляет 18 млн. руб в год.

Общий бюджет за 20 лет делится по видам работ следующим образом:

- Новый слой АБ с исправлением профиля 179.08 млн. руб.
- Перекрытие тонким слоем 2733,35 млн. руб.
- Поверхностная обработка 14.55 млн.руб.
- Итого: 2926,98 млн. руб.

Общий бюджет делится по видам дорог следующим образом:

- Федеральная 744,23 млн. руб
- Территориальные 1845,59 млн. руб
- Местные 337,16 млн. руб
- Итого: 2926,98 млн. руб

Стратегический анализ автомобильной дороги М8 представлен в Техническом отчете 9 "Пилотный проект "Коридор Восток - Запад"".

### Заключение

Полученные результаты показывают, содержание дорог Приморского района на том уровне, который требует техническая документация (СниП) невозможно из-за недостаточного

финансирования. Полученный годовой бюджет (146349 млн. руб за год) значительно ниже чем реально существующий бюджет на ремонтные работы и работы по содержанию. Предлагается три выхода из создавшейся ситуации.

1. Поиск дополнительного финансирования
2. Понижение технических требований к состоянию дорог и новый анализ с помощью HDM-4
3. Выполнение ремонтных работ только на первостепенных участках (первые в получившемся ранжированном списке) на которых выполнение ремонтных работ экономически оправдано и имеет большую эффективность.

Архангельскавтодору необходимо далее продолжать обследование дорог приморского района, а также других ключевых дорог области с целью сбора информации необходимой для расчета HDM-4, для дальнейшего анализа стратегий и программ силами работников Архангельскавтодора.

## Анализ проектов

Наиболее важные участки сети дорог согласно анализу стратегий представлены ниже. Данная таблица составлена только для того, чтобы стать основой анализа отдельных проектов и для комментариев рабочей группы Автодора. На практике эту таблицу можно применять при оценке эффективности дорожных работ годовой программы работ на 2003г.

Участок	Тип дороги	Длина, км	AADT	Описание дорог	NPV/CAP	Финанс. затраты	Суммар. затраты
27_1 Подъезд к Зачапино	Местная	1,60	148	Поверхностная обработка	10,64	0,29	0,29
2_4 Подъезд к Северодвинску	Территор.	1,40	8247	Перекрытие тонким слоем	10,59	2,19	2,47
M8_9 Москва - Архангельск	Федерал.	0,70	8084	Перекрытие тонким слоем	10,52	1,08	3,55
M8_8 Москва - Архангельск	Федерал.	2,90	8084	Перекрытие тонким слоем	10,51	4,47	8,02
2_3 Подъезд к Северодвинску	Территор.	1,70	8247	Перекрытие тонким слоем	9,38	2,99	11,01
2_2 Подъезд к Северодвинску	Территор.	1,30	8247	Перекрытие тонким слоем	8,27	2,57	13,58
4_1 Архангельск - аэропорт Талаги	Территор.	4,70	7802	Перекрытие тонким слоем	7,86	9,20	22,79
25_1 Подъезд к дер. Левковка	Местная	2,20	111	Поверхностная обработка	7,74	0,40	23,18
2_10 Подъезд к Северодвинску	Территор.	2,00	6036	Новый слой АБ с исправлением профиля	7,57	4,20	27,38
2_1 Подъезд к Северодвинску	Территор.	1,00	8247	Перекрытие тонким слоем	7,04	2,29	29,67
2_11 Подъезд к Северодвинску	Территор.	6,00	6036	Перекрытие тонким слоем	7,04	9,90	39,57
2_9 Подъезд к Северодвинску	Территор.	6,60	6036	Новый слой АБ с исправлением профиля	6,56	14,65	54,22
2_6 Подъезд к Северодвинску	Территор.	4,60	5151	Перекрытие тонким слоем	6,03	7,39	61,61
2_5 Подъезд к Северодвинску	Территор.	5,40	5151	Перекрытие тонким слоем	5,70	9,15	70,76
2_7 Подъезд к Северодвинску	Территор.	4,10	5151	Перекрытие тонким слоем	5,62	7,04	77,79
2_8 Подъезд к Северодвинску	Территор.	0,90	5151	Новый слой АБ с исправлением профиля	4,77	2,43	80,22
4_2 Архангельск - аэропорт Талаги	Территор.	4,20	3500	Перекрытие тонким слоем	3,41	7,39	87,62
M8_7 Москва - Архангельск	Федерал.	5,20	2464	Перекрытие тонким слоем	2,50	8,01	95,62
12_1 Великое - Кипарево	Местная	0,50	149	Поверхностная обработка	2,40	0,07	95,69
M8_6 Москва - Архангельск	Федерал.	2,50	2464	Новый слой АБ с исправлением профиля	2,31	5,25	100,94
M8_5 Москва - Архангельск	Федерал.	6,20	2464	Новый слой АБ с исправлением профиля	2,19	13,58	114,52
M8_2 Москва - Архангельск	Федерал.	5,10	2117	Новый слой АБ с исправлением профиля	2,01	10,71	125,23
M8_3 Москва - Архангельск	Федерал.	6,70	2117	Новый слой АБ с исправлением профиля	2,01	14,07	139,30
M8_1 Москва - Архангельск	Федерал.	10,70	2117	Новый слой АБ с исправлением профиля	1,93	23,11	162,41
M8_4 Москва -	Федерал.	6,00	2117	Новый слой АБ с	1,81	9,24	171,65

Архангельск				исправлением профиля			
6_9 Исакогорка – Новодвинск – Хол.	Территор.	0,40	1729	Новый слой АБ с исправлением профиля	1,79	0,72	172,37
6_5 Исакогорка – Новодвинск – Хол.	Территор.	0,60	1729	Новый слой АБ с исправлением профиля	1,78	1,08	173,45
6_4 Исакогорка – Новодвинск – Хол.	Территор.	1,00	1729	Новый слой АБ с исправлением профиля	1,78	1,80	175,25
6_7 Исакогорка – Новодвинск – Хол.	Территор.	0,90	1729	Новый слой АБ с исправлением профиля	1,78	1,62	176,87
3_1 Архангельск - Малые Карелы	Территор.	4,90	1535	Перекрытие тонким слоем	1,08	7,55	184,42
3_2 Архангельск - Малые Карелы	Территор.	3,00	1535	Перекрытие тонким слоем	1,08	4,62	189,04
13_1 Анисимово - Перхачево	Местная	1,20	265	Поверхностная обработка	0,64	0,25	189,29
13_2 Анисимово - Перхачево	Местная	1,20	265	Поверхностная обработка	0,64	0,25	189,54
19_1 Лесная речка - Катунино	Местная	1,60	336	Поверхностная обработка	0,63	0,26	189,81
21_2 Подъезд к Васьково	Местная	2,30	1141	Новый слой АБ с исправлением профиля	0,62	4,83	194,64
24_1 Подъезд к Цигломени	Местная	1,70	1235	Перекрытие тонким слоем	0,62	2,24	196,88
21_1 Подъезд к Васьково	Местная	5,00	1141	Перекрытие тонким слоем	0,62	7,70	204,58
18_1 Рикасиха - Лая	Местная	2,60	211	Поверхностная обработка	0,43	0,37	204,95
3_4 Архангельск - Малые Карелы	Территор.	3,00	722	Перекрытие тонким слоем	0,42	3,96	208,91
3_6 Архангельск - Малые Карелы	Территор.	2,50	722	Перекрытие тонким слоем	0,42	3,30	212,21
23_2 Подъезд к Рикасово	Территор.	1,40	803	Поверхностная обработка	0,42	0,25	212,47
3_7 Архангельск - Малые Карелы	Территор.	2,70	722	Новый слой АБ с исправлением профиля	0,39	4,86	217,33
3_8 Архангельск - Малые Карелы	Территор.	3,10	722	Новый слой АБ с исправлением профиля	0,39	5,58	222,91
21_3 Подъезд к Васьково	Местная	1,90	750	Перекрытие тонким слоем	0,31	2,93	225,83
19_2 Лесная речка - Катунино	Местная	1,40	336	Перекрытие тонким слоем	0,24	1,54	227,37
3_5 Архангельск - Малые Карелы	Территор.	2,50	722	Перекрытие тонким слоем	0,24	3,85	231,22
3_10 Архангельск - Малые Карелы	Территор.	7,40	722	Новый слой АБ с исправлением профиля	0,23	15,54	246,76
3_9 Архангельск - Малые Карелы	Территор.	10,00	722	Новый слой АБ с исправлением профиля	0,23	21,00	267,76
3_3 Архангельск - Малые Карелы	Территор.	6,00	722	Перекрытие тонким слоем	0,22	9,24	277,00
30_1 Подъезд к Васьково	Местная	1,70	388	Поверхностная обработка	0,17	0,28	277,28
9_1 Подъезд к нефтебазе	Местная	3,60	428	Перекрытие тонким слоем	0,14	4,75	282,03
5_1 Исакогорка – Новодвинск – Хол.	Территор.	6,00	494	Перекрытие тонким слоем	0,12	9,24	291,27
5_2 Исакогорка – Новодвинск – Хол.	Территор.	1,00	494	Перекрытие тонким слоем	0,12	1,54	292,81
7_3 Архангельск - Онега	Территор.	12,10	546	Новый слой АБ с исправлением профиля	0,09	25,41	318,22

9_2 Подъезд к нефтебазе	Местная	2,60	428	Новый слой АБ с исправлением профиля	0,04	4,68	322,90
9_3 Подъезд к нефтебазе	Местная	1,20	428	Новый слой АБ с исправлением профиля	0,04	2,16	325,06
11_1 Соломбальский ЦБК - Повракула	Местная	3,00	421	Перекрытие тонким слоем	0,03	3,96	329,02
23_3 Подъезд к Рикасово	Местная	1,00	454	Новый слой АБ с исправлением профиля	0,01	1,80	330,82
10_1 Ширша - Зверосовхоз	Местная	1,40	424	Поверхностная обработка	111,31	0,25	331,08
10_2 Ширша - Зверосовхоз	Местная	2,60	293	Поверхностная обработка	59,94	0,47	331,54
6_1 Исакогорка – Новодвинск – Хол.	Территор.	1,80	5132	Перекрытие тонким слоем	1,66	5,54	337,09
18_2 Рикасиха - Лая	Местная	1,60	223	Поверхностная обработка	0,81	0,22	337,30
23_2 Подъезд к Рикасово	Местная	1,40	848	Перекрытие тонким слоем	0,42	1,85	339,15
23_1 Подъезд к Рикасово	Местная	2,60	745	Перекрытие тонким слоем	0,28	3,43	342,58
18_3 Рикасиха - Лая	Местная	5,00	80	Поверхностная обработка	0,27	0,68	343,26
30_1 Подъезд к Васьково	Местная	1,70	409	Перекрытие тонким слоем	0,17	2,06	345,32

### 3 Калибровка толчкомера (показания толчкомера в рамках Международного Показателя Ровности)

Всего было выбрано девять участков дорог с показателями ровности, изменявшимися в диапазоне от 3 до 7 IRI. На одной из полос движения по колеям движения транспорта была нанесена разметка общей протяженностью около 200 м. Колеи намечались по параллельным линиям, расстояние между которыми было принято постоянным и равным расстоянию между передними колесами Дорожной лаборатории Архангельскавтодора.

Вначале была проверена установка Merlin для обеспечения гарантии того, что все болты были хорошо затянуты, а шина хорошо накачана.

#### Калибровка соотношения плеча рычага установки MERLIN

Теоретически, перемещение датчика на 1 мм приведет к отклонению указателя на графике на 10мм. После того, как оборудование было установлено на ровной плоской поверхности пола, калибровочный блок, имеющий параллельные грани и точно измеренную микрометром толщину 5.75 мм, был аккуратно помещен под датчиком. Полученное перемещение указателя составило 59.6 мм (т.е. не 57.5). Это означает, что все показания данного прибора следует корректировать, умножая их на величину соотношения  $57.5/59.6 = 0.965$ .

#### Измерение ровности при помощи установки MERLIN в полевых условиях

Установка MERLIN использовалась для измерения ровности на каждой из 18 размеченных линий, для чего было снято 100 показаний перемещения центрального датчика в каждой из точек, расстояние между которыми равнялось одному обороту колеса. Расстояние, пройденное установкой, составило приблизительно 190 м для 100 показаний датчика. Измерения на каждой линии осуществлялись четыре раза подряд; каждый раз точка начала измерений смещалась на  $\frac{1}{4}$  длины окружности колеса. За счет смещения начальной точки был получен более репрезентативный профиль, чем если бы испытания каждый раз начинались в одной точке. В сумме было снято 7,220 показаний.

Для каждой линии на миллиметровой бумаге были зафиксированы четыре распределения точек. Посредством комбинирования всех четырех графиков было определено среднее значение ровности MERLIN "D". Значение было получено измерением расстояния в мм между точками по линии, за пределами которой лежат 5% всех точек. Эти точки определяют отсчитыванием 20 крайних показаний с каждой стороны графика в направлении к середине.

Среднее значение ровности MERLIN для каждого участка дороги определялось как средняя величина D, измеренная для двух колеи дороги. Ровность в единицах измерения IRI рассчитывалась по следующей формуле:  $IRI = 0.593 + 0.0471D$ .

#### Измерения ровности при помощи Толчкомера

Измерения с помощью толчкомера выполнялись, осуществляя движение вдоль колеи, размеченной на дороге двумя линиями. При выполнении измерений водитель транспортного средства поддерживал постоянную скорость движения 50км/ч. Инженер, сидящий за ноутбуком и контролирующий измерения ровности при помощи толчкомера, начинал записывать показания прибора непосредственно в точке начала измерений MERLIN и снимал их через каждые 10 м. При выполнении анализа результатов, оказалось, что первые 50 м измерений прибор давал неверные показания. Консультанты также заметили, что, какой бы неровной ни была дорога, максимальное зафиксированное

показание прибора составило 300 см/км. Впоследствии Архангельскатодор подтвердил, что программное обеспечение устанавливало ограничение показаний максимальным значением 300 см/км.

Измерения были выполнены повторно, но теперь запись показателей ровности начиналась за 50 м до начала участка. Показания были несколько выше полученных ранее, будучи при этом достоверными и согласующимися между собой. Они и были использованы для калибровки.

Измерения ровности при помощи толчкомера осуществлялись на каждом участке пять раз подряд, после чего определялось среднее значение. Полученные величины ровности толчкомера и IRI представлены в таблице ниже. Эти показатели показаны также на графике. На участке №3, наиболее неровным из всех и характеризующимся показателем IRI=6.87, около половины показаний прибора на каждых 10 м превышали 300см/км. Это означает, что среднее показание толчкомера равное 247 см/км нереально занижено, и потому не может быть использовано при калибровке.

### **Формула для пересчета показаний толчкомера в IRI**

Наилучшая прямая линия, соединяющая восемь точек, вычисленная по методу наименьших квадратов, дает следующее уравнение:

$$IRI = 1.02 + 0.0198 BI$$

где BI - показания по толчкомеру

IRI - Международный показатель ровности

Данное уравнение может быть использовано для конвертации всех показаний толчкомера в IRI, не превышающих 220 см/км. При значениях более указанной величины существует неопределенность, поскольку на некоторых участках дорог ровность была больше 300 см/км. uncertainty because the some segments of the road are likely to have a roughness above 300. Пунктирная линия на графике дает примерную зависимость между показаниями толчкомера и IRI при показателях ровности более 220 см/км, однако она может быть использована для конвертации только в том случае, если нет другой альтернативы. Строго рекомендуется усовершенствовать программное обеспечение, используемое Архавтодором для записи показаний толчкомера, для обеспечения возможности снятия показаний ровности до IRI 8. До тех пор, пока это не сделано, HDM не сможет правильно рассчитать затраты пользователей дорог.

На данный момент предлагается выполнять приблизительный пересчет всех показаний толчкомера свыше 210 см/км при помощи следующей формулы EXCEL:

$$IRI = IF(( BI < 210), (1.02 + 0.0198 * BI), (10^{(0.0017 * BI^{1.13})}))$$

Необходимо подчеркнуть, что данное уравнение калибровки применимо только для дорожной лаборатории Архавтодора, а именно микроавтобуса ГАЗель КМ-554МП, имеющего сертификат № 579 и для текущего его эксплуатационного состояния. Со временем можно ожидать износа шин и амортизаторов и тому прочего, что приведет к изменению механической реакции автомобиля при движении по неровной дороге.

Когда эти изменения станут очевидными или по происшествии одного года, необходимо повторить калибровку в обязательном порядке.



### Калибровка толчкомера при помощи установки MERLIN для получения IRI

№ участка	Местоположение участка	Ровность MERLIN D		Среднее значение D	D после коррект-ки MERLIN	IRI м/км	Показания толчкомера см/км
		Прямое	Обратное				
13	Подъезд к Псареву (первый поворот направо)	52.4	52.0	52.2	50.4	2.97	110
1	Подъезд к кладбищу Жаровиха (пост ГИБДД)	53.5	53.2	53.4	51.5	3.02	101
9	Подъезд к пос. Талаги - км 7	58.1	56.9	57.5	55.5	3.21	107
2	Подъезд к ст. Жаровиха с объездной а/д	53.2	63.5	58.4	56.3	3.25	103
11	Подъезд к базе Роснефть (терминал)	71.8	80.4	76.1	73.4	4.05	135
2А	Подъезд к нефтебазе (аэропорт)	96.0	71.5	83.8	80.8	4.40	199
8	Подъезд к пос. Талаги - км 6	96.0	79.8	87.9	84.8	4.59	174
1А	Подъезд к 3-му Лесозаводу с объездной	110.0	103.0	106.5	102.8	5.43	220
3	Подъезд к СОТ "Ягодник"	108.0	168.0	138.0	133.2	6.87	247

\*Коэффициент корректировки MERLIN 0.965



## 4 Калибровка II уровня климатического коэффициента ровности модели разрушения HDM-4

Для того, чтобы начать использовать программу HDM в первый год реализации проекта, необходимо было выполнить первый уровень калибровки, что должно было дать ответ на вопрос: применять ли значения по умолчанию для поправочных коэффициентов HDM или принять другие значения, соответствующие условиям и характеристикам окружающей среды Архангельской области. Калибровка 1 уровня описана в Техническом отчете 6.

Воспользовавшись возможностью осуществить в течение года больше инспекций по дорогам Приморского района и федеральной трассе М8, соединяющей Москву и Архангельск, и выполнив измерения ровности на выбранных участках дорог, Консультанты теперь могут выполнить предварительную калибровку 2 уровня с целью улучшения результатов калибровки 1 уровня в особенности в отношении климатического коэффициента покрытий.

Читатель должен понимать, что точность любой калибровки зависит от качества (достоверности и полноты) имеющихся данных. Поскольку Архавтодор ранее не занимался сбором данных для применения HDM, к счастью в наличии оказались данные, которые можно было использовать. Обычно калибровка 2 уровня могла бы быть выполнена только по происшествии нескольких лет сбора достоверных данных, связанных со скоростью разрушения дорог сети. Необходимо иметь точные исторические данные интенсивности движения и нагрузки за прошлые годы, показатели качества первоначального строительства, уровня ровности, достигнутого в процессе строительства, данные о структуре и прочности слоев конструкции дорожной одежды, а также хронологии ремонтов и работ по содержанию, т.д.

Данное изучение является примером того, что может быть сделано в краткосрочном измерении с определенным объемом догадок и оценок. Начатая работа служит руководством для совершенствования процесса осуществления калибровки. Данные, имеющиеся на данный момент, достаточно хороши для того, чтобы можно было определить общий средний климатический коэффициент  $K_{gm}$ , который можно было бы использовать для изучений сети и планирования работ по содержанию.

Методология калибровки 2 уровня описана в параграфе 7.3 Тома 5 HDM-4. В данной главе представлен отчет о работе, которая была выполнена в условиях ограниченных данных, которые можно было получить в ходе проекта. Полная калибровка требует тщательного, скрупулезного сбора данных в течение многих лет (>10 лет), и данный проект является ничем иным, как отправным пунктом этого процесса.

### **Оценка коэффициента климатической калибровки ровности ("ровность - возраст покрытия - окружающая среда") $K_{gm}$ и климатического коэффициента $m$**

На уровне 1 калибровки величина  $m$  была принята согласно руководства равной 0.06, т.е. значению, вполне применимому к условиям Архангельска, расположенного в полузасушливой зоне с умеренным климатом и продолжительным периодом промерзания (см Таблицу 7.3 Тома 5).

Для значения коэффициента  $K_{gm}$ , принимаемого по умолчанию равным 1.0, ежегодное изменение ровности можно определить по формуле:

$$\Delta R_{te} = m \cdot K_{gm} \cdot R_t$$

Это означает, что ровность изменяется пропорционально величине  $m$ . Если  $m$  постоянно принимается равным 0.06, но калибровка ухудшения ровности показывает, что фактическая величина  $m$  равна  $x$ , то необходимо выполнить корректировку коэффициента  $K_{gm}$  на  $x/0.06$ .

Уровень 2 калибровки подразумевает выполнение наблюдений за изменениями ровности на выбранных участках дорог за некоторый период лет. Возраст покрытия с момента последнего перекрытия слоем или реконструкции должен быть не менее 6 лет, а желательно и больше.

Архавтодор определил восемь участков дорог в Приморском районе, на которых от трех до семи лет назад были выполнены работы по усилению или реконструкции. Перечень участков, протяженностью от 1.0 км до 4.4 км, представлен в Таблице 1 ниже.

В августе 2002г., по запросу Консультантов, Архавтодор выполнил измерения прогибов при помощи УДН и ровности при помощи толчкомера на указанных калибровочных участках и предоставил информацию о годах укладки последнего слоя покрытия и датах измерений ровности, выполненных в обеспечение контроля качества сразу по завершении работ. Обработка этой информации была выполнена Консультантами.

## 4.1 Первоначальная ровность

В большинстве случаев в наличии имелись значения ровности, измеренные при помощи ПКРС. К сожалению, поскольку для данной установки калибровка в рамках IRI не была выполнена, первоначальные показатели ровности нельзя было рассчитать с необходимой степенью определенности. Тем не менее, для дорог с среднегодовой среднесуточной интенсивностью движения свыше 3000 авт/сут в соответствии с требованиями ГОСТ 50597-93 ровность не должна превышать 660 см/км. Консультанты предположили, что это значение соответствует IRI 2.25, и получили формулу для конвертации показаний ПКРС в IRI, соответствующую этой зависимости.

Согласно калибровки MERLIN, выполненной для определения зависимости между IRI и показаниями толчкомера:

$$IRI = 1.02 + 0.0198 BI$$

и при помощи условной зависимости между ПКРС и толчкомером

$$BI = 0.18(PKRS)^{0.9}$$

получаем зависимость между IRI и ПКРС:

$$IRI = 1.02 + 0.003564(PKRS)^{0.9}$$

в соответствии с которой при ровности по ПКРС 660 см/км ровность IRI = 2.25 м/км.

Считается, что установка ПКРС дает ошибочные показания ровности на очень неровных участках дороги. Показатель степени 0.9 был введен в уравнение для уменьшения влияния чрезмерно высоких показаний ровности.

Несмотря на то, что этот метод выведения первоначальных значений ровности некорректен, все же он позволяет оценить начальную ровность на участке, измеренную при помощи ПКРС. Этот вопрос рассматривается дальше.

## 4.2 Ровность в натеящий момент

В августе 2002г. на каждом участке дороги на каждой полосе движения с интервалом 50 м были выполнены измерения ровности при помощи толчкомера. Средние показания толчкомера (см/км) были конвертированы в IRI (м/км) с использованием формулы, полученной в результате калибровки MERLIN ( $IRI = 1.02 + 0.0198 BI$ ).

### *Прочность дорожной одежды*

В августе 2002г. установкой динамического нагружения через каждые 100 м была измерена прочность дорожной одежды. Подстановкой средней величины прогиба, измеренной по длине каждого участка, в следующую зависимость был получен структурный номер покрытия СНП (SNP):

$$SNP = 3.06(0.88DEF)^{-0.49}$$

То, каким образом было получено это уравнение, описано в Приложении 1 к данной главе.

Измеренный СНП необходим для целей анализа HDM, так как представляет собой SNC для влажного сезона (прочность меньше, чем для зимнего или сухого периода)

HDM запрашивает ввод средневзвешенного СНП. Взвешенный среднегодовой СНП определяется по формуле, подстановкой  $SNP_w$  для влажного сезона:

$$SNP = 1.109 \times SNP_{wp},$$

получение данного фактора описано ниже.

## 4.3 Транспортная нагрузка

На основании данных учета интенсивности движения с классификацией по типам ТС, а также результатов измерений осевых нагрузок, для каждого участка дороги были определены AADT и ESA (эквивалентные стандартные нагрузки). Также была определена суммарная ESA за каждый год срока службы

участка дороги. Кумулятивные ESA были разделены на количество полос движения (в данном случае две) для получения кумулятивной ESA на полосу.

Поскольку суточная ESA в летний период меньше, чем зимой, эффективная продолжительность зимнего (сухого) периода меньше шести месяцев. Скорректированная величина  $d$  ( $d_a$ ) определяется в зависимости от отношения суточной ESA в зимний период к суточной ESA летом (см. параграф 2.5 Технического отчета 5). Например, если отношение равно 0.714, а коэффициент  $d = 0.5$ , то величина  $d_a$  составит 0.4166.

Зная  $d_a$  и  $f$ , можно рассчитать средний годовой скорректированный взвешенный СНП (см. Главы III.2-12 Тома 4 HDM-4)

Например, при  $d_a = 0.4166$  и  $f = 0.5$ :  $SNP = 1.109 \times SNP_w$ .

### 4.3.1 Определение параметра “m”

В соответствии с процедурой, рекомендованной в параграфе 7.3.1, уравнение 7.6, приведенное ниже, было использовано для определения “m” для каждого калибровочного участка дороги.

$$m = \{ \text{Ln}[R_i] - \text{Ln}[R_0 + 263(\text{NE ESA})(1 + \text{SNP})^{-5}] \} / \text{AGE3}$$

где AGE3 период лет с момента укладки последнего слоя покрытия =  $(t - 0)$  лет  
 $R_i$  текущий средний уровень ровности, IRI  
 $R_0$  первоначальный средний уровень ровности сразу по окончании укладки нового слоя покрытия  
 NE ESA кумулятивная транспортная нагрузка ESA за период AGE3

Калибровка М8 "Москва - Архангельск" (в Архангельской области): км 665...км 1226.

Когда Консультанты получили от Архангельскавтодора данные по состоянию дороги и транспортные данные вместе с историческими данными для целей выполнения образцового анализа HDM для планирования работ по содержанию, они пришли к выводу, что предоставленная информация оказалась достаточно детальной в качестве источника данных разрушения дорог. Консультанты выбрали 13 участков дорог, состояние которых и измеренные показатели ровности хорошо увязывались с указанными датами “ремонтных”. Данные калибровки сведены в Таблицу 2.

К сожалению в наличие не было информации, связанной с начальными показателями ровности. Поэтому Консультанты сочли целесообразным предположить, что начальная ровность составляла 2.8 м/км IRI. Принимая во внимание промежуток времени, прошедший с момента укладки, был сделан вывод о том, что небольшие ошибки в определении начальной ровности не повлияют значительно на средние результаты в отличие от случая с данными для Приморского района.

Результаты

Величины  $m$ , определенные для каждого из восьми участков дорог Приморского района, приведены в Таблице 1. Средние значения  $m$  и  $K_{mg}$  равны соответственно

0.028 и 0.47. Результаты расчета для участков M8 представлены в Таблице 2, согласно которых средние значения  $m$  и  $K_{gm}$  равны 0.54 и 0.89 соответственно.

Table 1 Calibration of HDM Roughness-age-environment deterioration factor

Road Section	Road Name	Location		LENGTH km	Year of Latest Surfacing	Wet Season SNC <sub>w</sub> (FWD)	Weighted SNC 1.109SNC <sub>w</sub>	Average Initial IRI	Average 2002 IRI	IRI Roughness Change	Number Years Elapsed	ESA/lane to 2002 (millions)	Environmental Factor m
		From	To										
A	Access to Severodvinsk	0+000	1+000	1.00	1999	7.35	8.15	2.00	2.20	0.20	3	0.492	0.018
B	Access to Severodvinsk	9+000	10+000	1.00	1995	6.30	6.99	2.33	2.91	0.58	7	0.701	0.026
C	Access to Severodvinsk	11+000	12+000	1.00	1997	7.76	8.61	2.64	2.75	0.11	5	0.500	0.000
H	Arkhangelsk to Malye Kareli	21+000	23+000	2.00	1996	5.23	5.80	2.46	3.16	0.70	6	0.234	0.035
I	Arkhangelsk to Malye Kareli	24+000	26+000	2.00	1996	5.23	5.80	2.38	3.12	0.74	6	0.234	0.038
K	Isakogorka to Nvodvinsk	2+000	6+400	4.40	1997	4.72	5.23	1.87	2.60	0.73	5	0.645	0.056
L	Isakogorka to Nvodvinsk	6+400	7+500	1.10	1997	4.29	4.76	2.25	2.49	0.24	5	0.645	0.010
M	Access to Vasovo	0	2+000	2.00	1996	4.33	4.80	2.55	3.45	0.90	6	0.150	0.043
Average value of m													0.028
K <sub>gm</sub>													0.47

Table 2 Calibration of HDM Deterioration Model for the M8 - Moscow to Arkhangelsk Federal Highway

Road Section	Location		LENGTH km	Year of Latest Surfacing	Weighted SNC 1.109SNC <sub>w</sub>	Average Initial IRI	Average 2002 IRI	IRI Roughness Change	Number Years Elapsed	ESA/lane to 2002 (millions)	Environmental Factor m
	From	To									
11	732.8	736.5	3.70	1993	4.24	2.80	5.62	2.82	9	0.15	0.073
24	789.6	795.66	6.06	1994	4.57	2.80	4.25	1.45	8	0.13	0.047
32	834	835	1.00	1992	4.15	2.80	4.11	1.31	10	1.19	0.031
45	879	881	2.00	1994	4.22	2.80	4.00	1.20	8	0.49	0.038
54	907.44	912	4.56	1989	4.32	2.80	6.48	3.68	13	0.80	0.060
56	918.8	920.6	1.80	1995	4.29	2.80	3.68	0.88	7	0.43	0.032
61	933	937.33	4.33	1996	4.33	2.80	4.53	1.73	6	0.37	0.072
70	969	977	8.00	1987	4.61	2.80	5.40	2.60	15	2.07	0.039
75	997	999	2.00	1995	4.08	2.80	4.49	1.69	7	0.39	0.060
82	1031.51	1043	11.49	1993	4.13	2.80	4.78	1.98	9	0.67	0.053
84	1051	1056	5.00	1988	4.13	2.80	7.91	5.11	14	1.37	0.069
87	1067	1074	7.00	1986	4.55	2.80	6.31	3.51	16	1.61	0.047
103	1198	1202.7	4.70	1995	4.96	2.80	4.96	2.16	7	0.98	0.074
Average value of m											0.054

Average Value of Roughness-age-environmental factor  $K_{gm}$  = 0.89

### 4.3.2 Обсуждение вопроса

Полученные результаты существенно изменяются от участка к участку. Частично этот разброс можно списать на неточность таких данных, как начальная ровность или дата укладки нового слоя покрытия. Тем не менее, этой вариации следовало ожидать, поскольку скорость ухудшения ровности зависит от качества использованных при строительстве материалов и действий, предпринятых во избежание возникновения дефектов строительства. Как бы то ни было, между  $m$  и SNP существует корреляция. На Рисунке 1 представлен график зависимости  $m$  и SNP, и несмотря на некоторый разброс точек ( $R^2 = 0.4252$ ), нет ощущения, что менее прочные дорожные одежды имеют большие значения  $m$ , чем обладающие большей прочностью. Это подтверждает выводы, сделанные Консультантами в ходе исследований на Украине (где зимы намного мягче)

### 4.3.3 Рекомендации

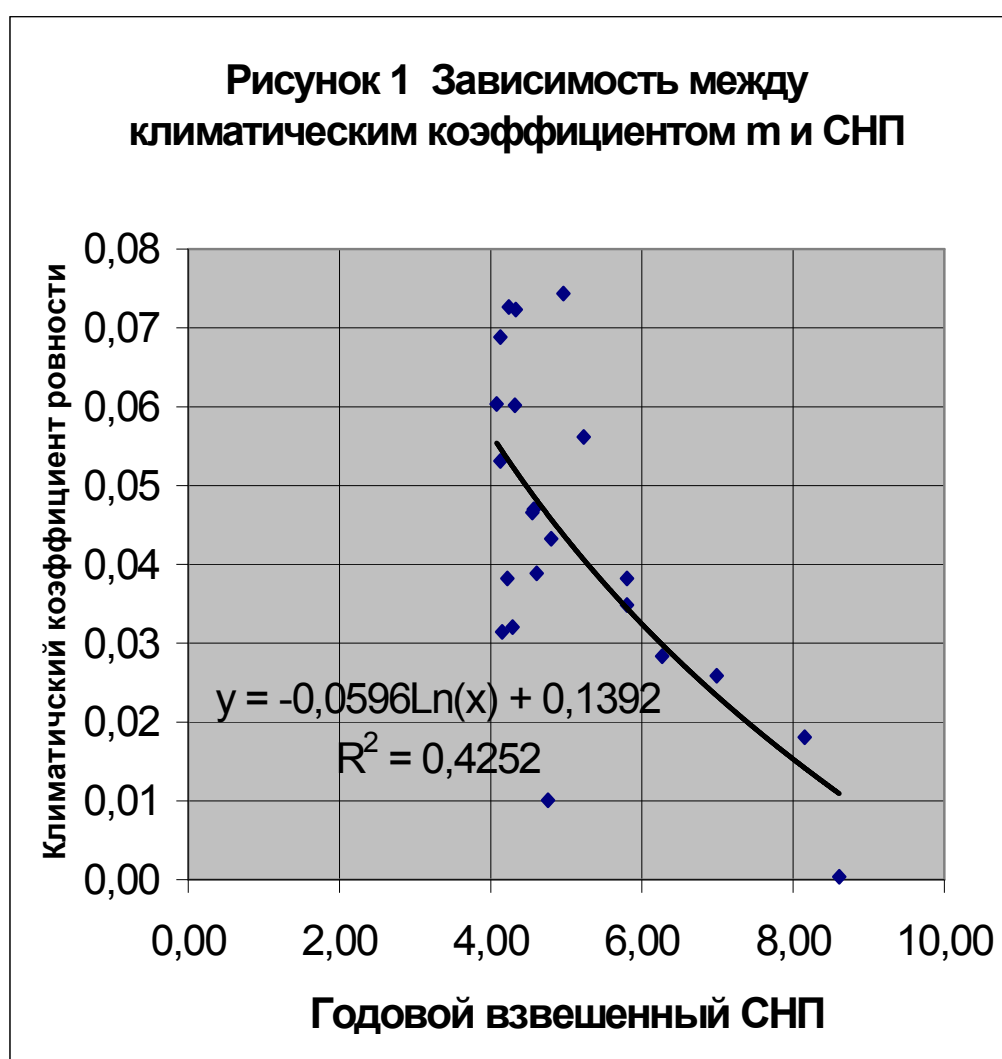
В HDM-4 существует возможность ввода различных значений  $K_{gm}$  для каждого участка дороги. В целом, рекомендуется оставить принятую климатическую зону с  $m = 0.06$  и  $K_{gm}$ , определенному из уравнения:

$$K_{gm} = \{0.1392 - 0.0596 \ln(\text{SNP})\}/0.06$$

Возможно, по мере сбора дополнительных данных для калибровки, можно будет получить более точную зависимость.

Поскольку прочность дорожной одежды на участках М8 примерно одинакова, для анализа рекомендуется принять постоянную величину 0.89.

Данное упражнение по калибровке может рассматриваться в качестве примера, служащего первоначальным руководством определения величины  $K_{gm}$ , которая может применяться для выполнения анализа в масштабе сети. Однако, в большей степени оно имело целью продемонстрировать способ выполнения подобной калибровки. Для калибровки модели HDM-4 необходимые более достоверные и точные данные, которые можно получить только за счет систематического и тщательного мониторинга, осуществляемого в течение ряда лет наряду с ежегодными обследованиями системы управления покрытиями.



## Расчет прочности дорожной одежды СНП для HDM Использование результатов измерений прогиба, полученных при помощи российской установки динамического нагружения

Пересмотренный метод оценки прочности дорожной одежды СНП на основе измерений прогибов при помощи УДН.

В Приложении 3 Технического отчета 6 дано описание метода оценки СНП на основе российских измерений прогиба при помощи УДН. Как только был опубликован отчет появилась возможность ознакомления с результатами исследований, связанных с определением СНП, исходя из прогибов, измеренных УДН. Далее дано описание нового метода, предлагаемого вместо представленного в Приложении 3.

HDM запрашивает значения СНП (SNC в HDM-III), т.е. Структурного Номера Покрытия и земляного полотна, подвергаемых анализу. Структурный номер был представлен в качестве методики измерения прочности дорожной одежды в соответствии с дорожными испытаниями ASSHO Road Test. Чем выше структурный номер, тем более устойчива дорожная одежда к разрушениям, что выражается показателем комфорта поездки пассажира. Для оценки SNC (или SNP) существующего покрытия необходимо выкопать разведочный шурф для определения толщины слоев и изучения материалов каждого слоя на предмет оценки их свойств и качества, с тем чтобы впоследствии можно было вынести суждение о коэффициенте прочности.

Суждение - это что-то субъективное, поэтому его должен выносить опытный специалист. В очень редких случаях независимая оценка даст тот же самый результат. В полевых условиях можно выполнить пенетрационные испытания для несвязных гранулированных слоев и грунтов земляного полотна, а затем получить структурный номер покрытия, однако и в этом случае результаты являются предметом различных интерпретаций, так как величина сопротивления пенетрации не имеет однозначной зависимости с Калифорнийским показателем несущей способности или структурным номером.

Для измерения прогиба под заданной нагрузкой могут быть использованы Балка Бенкельмана (BB) или Установка динамического нагружения (УДН= аналог FWD), после чего можно оценить общую прочность конструкции.

Патерсон (1987)<sup>1</sup> опубликовал зависимость, существующую между прогибом Балки Бенкельмана (под нагрузкой 40кН на спаренное колесо) и SNC, для использования в HDM-III.

$$SNC = 3.2 d^{0.63} \dots\dots\dots(1)$$

Зависимость была основана на результатах измерений прогиба и оценки SNC в точках на дороге, имеющих различные показатели прочности (несвязные слои основания). Несмотря на то, что разброс точек был значительным ( $R^2 = 0.57$ ), эта формула достаточно широко применяется для оценки величин SNC как в HDM-III, так и в HDM-4. Причина тому - то, что испытания нагрузка-прогиб представляют собой прямой и повторяемый способ получения результатов измерения прочности дорожных одежд

---

<sup>1</sup> Патерсон (1987) Разрушение дорог и эффекты содержания, John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.



непосредственно на дороге. Существует масса причин, по которым можно ожидать подобного разброса точек. Ниже приведены три принципиальных причины:

- SNC является измерителем прочности, связанным с эксплуатационными характеристиками покрытия. Однако, величина прогиба зависит от “эластичных” свойств материалов дорожной одежды, и поскольку прочность и эластичность в целом являются коррелируемыми свойствами, между ними не обнаружено фундаментальной зависимости. Это осложняется еще и тем фактом, что поведение асфальтобетонных покрытий зависит от температуры и степени нагружения. Когда гравийный материал – нагружен, кривая диаграммы напряжений-деформаций – не линейна, т.е. он – не идеально эластичен. Если материал разгрузить, то кривая диаграммы пойдет вниз не по предыдущей кривой (при нагрузке), а по собственной, а также будет остаточная деформация при нулевой нагрузке. Суммарная кривая диаграмм нагрузки и разгрузки материала называется петлей гистерезиса.
- Согласно Рольту<sup>2</sup>, характеристики и свойства покрытий весьма изменчивы, и прочность изменяется от точки к точке не только из-за разности материалов или толщины слоев, но также и по причине вариации грунтов земляного полотна и уровня грунтовых вод. Любая зависимость между SNC и величиной прогиба должна быть основана на выполнении оценок в одних и тех же точках.
- Как было сказано выше, определение коэффициентов прочности для слоев дорожной одежды является предметом вариаций и ошибок, поскольку при визуальном инспектировании прочность определить очень сложно.

До недавних пор имелась очень скудная информация о зависимости между прогибами по УДН и SNC. Только сейчас Британская лаборатория транспортных исследований (TRL) представила еще не опубликованный документ<sup>2</sup>, который позволяет оценить SNC на основании результатов измерений FWD (УДН).

К сожалению, был сделан вывод о том, что для наиболее достоверной корреляции необходимо оборудование FWD, которое позволяет измерять прогиб не только в центре нагруженной плиты, но и в нескольких точках дальше от центра.

В Архангельске УДН позволяет измерять прогиб только в одной точке. Поэтому следует принять тот факт, что данное оборудование позволяет выполнить только приблизительную оценку SNC, однако достаточно точную для выполнения анализа в масштабе сети.

Проект документа TRL представляет результаты определения корреляции между центральным прогибом FWD и SNC, полученной Индонезийским Институтом Дорожного инжиниринга при участии ученых лаборатории TRL. В первых нескольких исследованиях на ряде участков типов дорог были выкопаны разведочные шурфы в тех же местах, где осуществлялись измерения прогиба FWD. Точки SNC, соответствующие значениям центрального прогиба, имеют примерно тот же разброс, что и результаты, полученные Патерсоном при испытаниях Балки Бенкельмана. Тем не менее, было получено уравнение, обеспечивающее лучшее соответствие:

$$SNC = 3.06 (DEF)^{-0.49} \dots\dots\dots(2)$$

---

<sup>2</sup> Дж. Рольт (2001) Неопубликованный материал по Структурному Номеру Покрытия для анализа сети по результатам измерения прогиба. Личная переписка с г-ном Ч. С. Данном (ВСЕОМ)

Для прочных дорожных одежд SNC существенно ниже того, что был получен для прогибов Балки Бенкельмана, в то время как для дорожных одежд с меньшими показателями прочности две кривые совпадают.

Консультанты считают, что эта установленная разница может быть обусловлена вязкими свойствами асфальтобетонных покрытий. FWD - это динамические испытания, при которых пиковая нагрузка прикладывается в течение доли секунды. Испытания Балки Бенкельмана являются испытаниями на статическую нагрузку. Прочность асфальтобетона зависит от нормы нагружения. Следует ожидать, что более прочная дорожная одежда с большей толщиной слоя покрытия будет иметь меньший прогиб под нагрузкой 40 кН УДН, чем под нагрузкой 40 кН балки Бенкельмана. С другой стороны, менее прочная дорожная одежда с тонким слоем асфальтобетона и наличием трещин на покрытии будет вести себя одинаково как в случае измерений УДН, так и Балки Бенкельмана. Каким бы ни было объяснение этой разницы, Консультанты принимают результаты экспериментальных открытий и предлагают использовать полученное уравнение для оценки SNC, на основе центрального прогиба УДН.

В вышеназванном исследовании была использована Западная установка FWD, когда нагрузка в 40 кН прикладывалась к плите диаметром 300 мм. Российская УДН отличается тем, что использует нагрузку 50кН и плиту нагружения диаметром 330 мм. Поэтому необходимо применять поправочный коэффициент.

Центральный прогиб поверхности полубесконечного упругого тела (модуль упругости  $E$ ), воспринимающей нагрузку  $P$  через плиту диаметром  $D$ , может быть выражен уравнением:

$$d = K \cdot P / \pi \cdot D \cdot E$$

где  $K$  - константа, зависящая от коэффициента Пуассона для данного материала и жесткости плиты.

Это означает, что прогиб пропорционален  $P$  и обратно пропорционален  $D$ .

По аналогии, измерения прогиба послойной системы, какой является, например, конструкция дорожной одежды, представляют способ определения общего модуля упругости для всей конструкции, хотя величина  $K$  также будет зависеть от толщины слоя, модуля упругости слоя и коэффициента Пуассона. Однако, в первом приближении, прогиб будет пропорционален  $P$  и обратно пропорционален  $D$ .

Для конвертации величины прогиба, измеренного Российской УДН, в величину прогиба, определенного при помощи западного аналога, применяется следующая формула:

$$d_{\text{Western}} = d_{\text{Russian}} \times (40/50) \times (330/300) = 0.88 d_{\text{Russian}}$$

Применяя этот коэффициент для значений прогиба Российской УДН - DEF, получаем

$$SNC = 3.06 (0.88DEF)^{-0.49} \dots\dots\dots(3)$$

К сожалению, в HDM-4 нельзя непосредственно ввести значение SNC. Одним из вариантов является ввод прогиба Балки Бенкельмана. Эквивалент балки Бенкельмана, который даст величину SNC, можно определить по формуле, заимствованной из HDM-III:

$$DEF_{BB} = 6.5 \text{ SNC}^{-1.6} \dots\dots\dots(4)$$

Поскольку измерения прогиба при помощи УДН предпочтительней выполнять в июле или августе, величина SNP, определяемая по вышеприведенной формуле, представляет собой значение для влажного сезона (т.е. периода, когда снег растаял и грунтовые воды стоят высоко.).

Необходимо подчеркнуть, что предпочтительней использовать УДН, которая позволяет измерять величину прогиба в нескольких точках дороги, с тем, чтобы можно было определить контур чаши прогиба. Это не только позволяет более точно оценить СНП (SNP), но и дает более полную информацию о прочности земляного полотна и нижележащих слоев дорожной одежды.