



Европейская экономическая комиссия

Комитет по внутреннему транспорту

**Всемирный форум для согласования правил
в области транспортных средств**

Рабочая группа по вопросам шума

Шестьдесят девятая сессия

Женева, 22–25 января 2019 года

Пункт 10 предварительной повестки дня

**Влияние поверхности дороги на уровень звука,
производимого шинами при качении**

Пересмотренное предложение по проекту резолюции о маркировке дорожных поверхностей

Представлено экспертом от Нидерландов*

В настоящем документе содержится пересмотренный сводный вариант проекта резолюции, который ранее был представлен на шестьдесят восьмой сессии Рабочей группы по вопросам шума (ECE/TRANS/WP.29/GRB/2018/8 и ECE/TRANS/WP.29/GRB/2018/9).

* В соответствии с программой работы Комитета по внутреннему транспорту на 2018–2019 годы (ECE/TRANS/274, пункт 123, и ECE/TRANS/2018/21/Add.1, направление деятельности 3) Всемирный форум будет разрабатывать, согласовывать и обновлять правила ООН в целях улучшения характеристик транспортных средств. Настоящий документ представлен в соответствии с этим мандатом.



Проект резолюции по вопросу об оценке характеристик и классификации дорожных поверхностей – руководящие принципы в отношении маркировки дорожных поверхностей

Содержание

	<i>Стр.</i>
I. Изложение технических соображений и обоснование	3
1. Введение	3
2. Польза и необходимость: доступность, безопасность, комфортность, надежность, долговечность и экономичность	5
3. Сфера применения.....	7
4. Общая концепция и примеры маркировки дорожной поверхности.....	7
4.1 Общие положения.....	7
4.2 Снижение шума.....	8
4.3 Сопротивление заносу на мокрой поверхности.....	9
4.4 Сопротивление качению.....	10
4.5 Срок службы	12
5. Библиография	13
II. Текст резолюции по вопросу об оценке характеристик и классификации дорожных поверхностей – руководящие принципы в отношении маркировки дорожных поверхностей	14
Препамбула.....	14
1. Цели	14
2. Сфера применения.....	15
3. Определения	16
4. Технические требования.....	16
Приложения	
I. Классификация характеристик дорожной поверхности	17
II. Определение уровня снижения шума	19
III. Определение сопротивления заносу	28
IV. Определение уровня снижения сопротивления качению	33
V. Определение срока службы	37
VI. Формат маркировочного обозначения.....	38

I. Изложение технических соображений и обоснование

1. Введение

1.1 Поскольку транспортные средства взаимодействуют с дорожной поверхностью через пневматические шины колес, то характеристики транспортных средств и шин, помимо прочих факторов, влияют на эффективность такого взаимодействия. Таким образом, эффективность взаимодействия определяется критериями, связанными не только с особенностями конструкции транспортных средств и шин, но также с характеристиками поверхностного слоя дорожного покрытия.

1.2 Цель настоящего документа состоит в том, чтобы повысить эффективность этого взаимодействия, и в этой связи в нем предлагается оценка характеристик и классификация дорожных поверхностей.

1.3 Оценка характеристик слоев дорожного покрытия охватывает их воздействие на окружающую среду (шум от сцепления шин с дорожным полотном), безопасность (сопротивление заносу), энергоэффективность (сопротивление качению) и срок службы.

1.4 Оценка и характеристика могут выполняться в контексте подготовки технических заданий на выполнение подрядных договоров, сопоставления различных дорожных поверхностей и совершенствования дорожных одежд. Ввиду наличия нескольких методов характеристики существует необходимость в согласованном методе классификации.

1.5 В основе предлагаемого подхода к оценке и характеристике лежит маркировка эксплуатационных свойств аналогичная той, которая уже используется для ряда потребительских товаров. Особую значимость и актуальность в данной связи имеет маркировка пневматических шин, регламентируемая директивой 1222/2009/ЕС Европейской комиссии. Согласно этому подходу маркировка дорожной поверхности дополняет существующую маркировку шин, так как последняя характеризует параметры эффективности шин конкретных моделей на стандартном дорожном покрытии, в то время как первая характеризует параметры, определяющие эксплуатационную эффективность конкретного дорожного покрытия. Таким образом, сочетание маркировки шин с маркировкой дорожной поверхности обеспечивает более широкие возможности в плане оптимизации не отдельных компонентов, а общего характера взаимодействия между шинами и дорожным покрытием.

1.6 Непосредственной целью маркировочного обозначения дорожной поверхности является облегчение взаимодействия (на транспарентной основе) между заказчиком и подрядчиком, а также между дорожными службами и пользователями дорог, налогоплательщиками и местным населением. Кроме того, оно носит социальную и стратегическую нагрузку и способствует повышению степени информированности общественности относительно эксплуатационной эффективности дорожного покрытия. Глубинный смысл маркировочного обозначения дорожной поверхности – стимулировать проектирование и обустройство более качественных дорожных одежд с меньшими издержками для общества.

1.7 Под маркировочными обозначениями эксплуатационной эффективности понимаются определенные категории предъявляемых требований либо показателей эффективности, зачастую с отнесением к соответствующему классу по шкале от А (отлично) до G (минимум). В качестве примера можно привести маркировку энергоэффективности стиральных машин, зданий и автомобилей, причем такая маркировка может касаться не только параметра энергоэффективности. Например, на шинах, помимо коэффициента сопротивления качению (влияющего на расход топлива), маркируют коэффициент сопротивления заносу на мокрой поверхности и шумовые характеристики шины.

1.8 В нижеследующих разделах излагается обоснование целесообразности маркировочного обозначения дорожной поверхности (слой износа) исходя из нижеследующих четырех показателей эффективности, первые три из которых

соответствуют трем показателям эффективности, используемым при маркировке шин согласно директиве 1222/2009/ЕС:

- снижение дорожного шума;
- сопротивление заносу на мокрой поверхности;
- сопротивление качению;
- срок службы.

1.9 Первые три показателя эффективности дорожного покрытия характеризуют взаимодействие между шинами и дорожным полотном, и потому зависят от свойств шин и условий окружающей среды. В этой связи для целей количественной оценки данных показателей эффективности дорожного покрытия следует, насколько это возможно, использовать стандартные шины. Соответствующие условия (например, температура и скорость при измерении) также должны быть, по возможности, стандартизованы либо ограничены заданным диапазоном, а на случай отклонений должны быть предусмотрены поправочные коэффициенты. Сопротивление заносу на мокрой поверхности и шум от сцепления шин с поверхностью дороги в значительной степени зависят от скорости движения транспортного средства, однако для целей упрощения надлежит установить стандартное значение скорости.

1.10 В настоящее время не существует согласованной на европейском уровне методики характеристики четырех показателей эффективности дорожного полотна, однако работа в этом направлении ведется по линии Рабочей группы 5 «Характеристики дорожного покрытия» Технического комитета 227 «Дорожно-строительные материалы» Европейского комитета по стандартизации (ЕКС). Учитывая отсутствие пока еще таких согласованных методов, настоящий документ призван стимулировать использование определенных методических подходов с установлением рамок для отнесения к соответствующему маркировочному классу (по шкале от «А» до «G»). Как только согласованная методика появится, желательно, чтобы она пришла на смену нынешним методам.

1.11 Систему маркировки предполагается использовать для обозначения конкретных дорожных поверхностей, а именно некоего отрезка дорожного полотна на определенном участке, например, покрытия дороги номер xxx на участке между у.у-ым и z.z-ым километром.

1.12 Это означает, что до начала укладки конкретного дорожного полотна, например на стадии конкурсного распределения подрядов, определиться с маркировочными классами можно лишь ориентировочно, либо на основе замеров, проведенных на одном или нескольких уже уложенных аналогичных покрытиях, либо путем прогностического испытания на станции. После укладки дороги соответствующий маркировочный класс определяется уже для реальной дорожной поверхности.

1.13 Возможность маркировочного обозначения не участков дорожного полотна, а типов дорожного покрытия (например, дорожная одежда из асфальтобетонной смеси конкретного состава или финишная обработка поверхности бетоном на портландцементе) рассматривалась, но была отклонена по следующим причинам:

- свойства различных участков дорожного покрытия одного и того же типа могут существенно различаться, поскольку на процесс укладки дорожного полотна влияют многочисленные факторы (например, погодные), которые разнятся в зависимости от строительного проекта. Таким образом использование применительно к типу дорожного покрытия какого-либо общего значения не обеспечивает надлежащей достоверности в отношении каждой конкретной дорожной поверхности;
- подход к маркировочному обозначению типа дорожного покрытия исходя из предыдущего опыта (как, например, использование среднего значения, полученного для пяти контрольных участков) препятствовал бы внедрению инноваций, поскольку покрытия новых типов – прежде чем им может быть присвоен маркировочный класс – должны быть «обкатаны» не менее пяти раз.

1.14 Сама по себе маркировка дорожной поверхности не предписывает минимальные требования к критериям эффективности, которые на ней указаны; такие требования могут быть предписаны сторонами, использующими маркировочные обозначения в рамках тендерных заявок на проведение дорожных работ. По дрянные требования, предъявляемые к дорожной поверхности, не ограничиваются аспектами, охватываемыми маркировкой дорожной поверхности, а эти аспекты в свою очередь не ограничиваются рамками класса маркировки.

1.15 Эксплуатационная эффективность дорожной поверхности может варьироваться в зависимости от различных типов шин, причем особенно заметна разница между шинами грузовых и легковых автомобилей, хотя квалификацию свойств дорожного покрытия в основном осуществляют с использованием шин легковых или аналогичных им автомобилей, и доля легковых автомобилей в общем объеме движения является наибольшей.

1.16 Со временем эксплуатационная эффективность дорожной поверхности может снижаться, однако спрогнозировать такое перспективное снижение весьма сложно, так что при определении показателей эффективности целесообразнее всего исходить из поведения «молодого» покрытия, а требования применительно к ограничению снижения эксплуатационной эффективности могут быть оговорены в рамках договоров подряда на дорожное строительство.

1.17 Маркировка дорожной поверхности может лечь в основу дискуссии между местными, региональными и национальными органами власти/дорожными службами и предприятиями дорожно-строительного комплекса по вопросу о качестве поверхности дорожного полотна. Маркировочное обозначение дорожной поверхности позволит повысить прозрачность в сфере дорожного строительства, стимулировать инновационную деятельность и обеспечить лучшее взаимопонимание между строителями дорог и изготовителями шин.

2. Польза и необходимость: доступность, безопасность, комфортность, надежность, долговечность и экономичность

2.1 Дороги призваны содействовать повышению мобильности людей и расширению грузооборота. К числу связанных с дорогами важных политических и социальных аспектов относятся доступность (и, как следствие, эксплуатационная готовность), безопасность, комфортность, надежность, долговечность и экономичность. Данные аспекты перекликаются с показателями эффективности дорожного покрытия, указанными в таблице ниже.

<i>Аспекты с точки зрения политики и общественной выгоды</i>	<i>Показатель эффективности в плане характера взаимодействия между шинами и дорожным покрытием</i>
Безопасность	Сопротивление заносу
Комфортность	Снижение шума, сопротивление качению
Стабильность	Показатель экологичности
Доступность, эксплуатационная готовность	Срок службы
Экономическая ситуация	Сопротивление качению, срок службы

2.2 Ключевое значение для безопасности дороги имеет такой показатель, как сопротивление заносу, для аспекта комфортности – уровень шума от сцепления шин с поверхностью дороги, а в плане как надежности (выбросы CO₂), так и экономичности весьма важное значение приобретает сопротивление качению. Что касается доступности и эксплуатационной готовности, то важным параметром является срок службы дорожного покрытия, причем с точки зрения как конструктивного исполнения, так и функциональности. Увеличению такого срока службы могут

способствовать, например, стойкость к трещинообразованию, а также устойчивость к колесобразованию и формированию выбоин. Наконец, к надежности дорожного покрытия применим показатель экологичности.

Какова польза для общества?

2.3 Маркировочное обозначение дорожной поверхности стимулирует оптимизацию дорожных покрытий в плане, например, шума от сцепления шин с дорожным полотном, сопротивления заносу, сопротивления качению и срока службы, и помогает сделать выбор между различными дорожными поверхностями. Улучшение эксплуатационных характеристик дорожной одежды приведет к снижению бремени связанных с дорогами социальных и экологических издержек по обеспечению мобильности за счет сокращения расхода топлива, ограничения выбросов CO₂, уменьшения обусловленных ДТП издержек и зашумленности.

2.4 Так, например, снижение сопротивления качению примерно на 10–30% дает 2–6-процентную экономию топлива, а риск ДТП при высоком сопротивлении заносу уменьшается по сравнению с дорожным полотном, характеризующимся крайне низким сопротивлением заносу, в 2–5 раз. Использование шумопоглощающих дорожных покрытий позволяет уменьшить зашумленность, снизить остроту обусловленных шумом проблем нарушения сна, а также избежать необходимости установки дорогостоящих и не слишком эстетичных звукоотражающих экранов.

2.5 В общеевропейском масштабе выгоду еще предстоит подсчитать. В случае Нидерландов 4-процентная экономия топлива выливается в ежегодное сокращение объема выбросов CO₂ примерно на 1 млн т (совокупно по национальным + региональным дорогам) при получаемой социальной отдаче (только по национальным дорогам) на сумму порядка 325 млн евро. Более высокое сопротивление заносу позволило бы Голландии ежегодно экономить до 8 млрд евро на связанных с дорожно-транспортными происшествиями издержках. Благодаря снижению уровня шума Нидерландам не нужно будет тратить 400 млн евро на надстраивание 400 км ныне существующих звукоотражающих экранов. Для оценки выгод применительно к другим странам или регионам можно провести экстраполяцию цифровых показателей, полученных по Нидерландам.

2.6 Маркировочное обозначение дорожной поверхности с успехом можно использовать в процессе управления инфраструктурой для целей более точного заблаговременного определения сроков замены полотна и коммуникации с общественностью. Наличие такого обозначения станет для отрасли дорожного строительства дополнительным стимулом к прокладке автотрасс, характеризующихся повышенным сопротивлением качению, оптимальным сопротивлением заносу, меньшим уровнем шума и более высоким сроком службы. Маркировка дорожного полотна стимулирует дорожные службы к пересмотру и уточнению требований с учетом специфики конкретных ситуаций. И что очень важно, такие маркировочные знаки позволят налогоплательщикам, финансирующим дорожное строительство, пользователям дорог и местным жителям без труда оценить качество предлагаемого им дорожного покрытия.

2.7 Кроме того, облегчается сотрудничество между дорожной отраслью, шинной промышленностью и другими соответствующими партнерами, что выливается в ускорение циклов инновационной деятельности (более короткие сроки внедрения новой продукции) и открывает реальные возможности для оптимизации характера взаимодействия между шинами и дорожным покрытием. Так, шины могут оптимально подходить для дорожного покрытия того или иного конкретного типа, но быть менее подходящими для другого типа покрытия. В свою очередь, дорожное полотно может быть оптимальным для конкретного типа шины, но не столь оптимальным для другого. Налаживание лучшего взаимопонимания между двумя этими секторами – шинной промышленностью и отраслью дорожного строительства – обеспечивает возможности в плане оптимизации общего характера взаимодействия между шинами и дорожным покрытием. Маркировочное обозначение дорожной поверхности должно иметь результатом признание дорог как объекта, спроектированного, созданного и обслуживаемого с соблюдением промышленных нормативов.

3. Сфера применения

3.1 Оценка эффективности и маркировка поверхностных слоев дорожного покрытия охватывает только дорожную поверхность. Так, например, по соображениям безопасности в качестве одного из показателей включается сопротивление заносу, но не расположение трассы дороги (т. е. предельная дальность видимости). В настоящее время соответствующая маркировка распространяется исключительно на дорожные одежды, однако впоследствии ее, вполне возможно, будут применять также к летным полям аэродромов или другим типам покрытия. Маркировка призвана охватывать все типы дорожных поверхностей с твердым покрытием: из асфальтобетонных смесей, бетона на портландцементе, природной каменной плитки или каменной брусчатки, обожженного кирпича, бетонной брусчатки и т. д.

3.2 В настоящем документе рекомендуется использование маркировки дорожной поверхности. Основная ответственность за добровольную маркировку дорожной поверхности возлагается на подрядчика.

3.3 Характеристики дорожной поверхности могут существенно различаться в зависимости от типа покрытия, равно как требуемые значения могут значительно различаться в зависимости от вида применения (например, автомагистрали – сельские дороги с низкой интенсивностью движения). Поэтому при наличии только семи маркировочных классов (по шкале от «А» до «G») диапазон определяющих соответствующие характеристики значений в пределах одного маркировочного класса должен быть достаточно широким. В связи с этим техническое задание на выполнение подрядного договора не должно ограничиваться рамками класса маркировки. Разумеется, в договоре подряда помимо маркировочного обозначения дорожной поверхности могут устанавливаться дополнительные требования.

3.4 В систему маркировки дорожного покрытия не заложена какая-либо проверка совместимости различных технических требований, поскольку она предназначена главным образом для использования специализированными дорожными ведомствами и дорожными подрядчиками. Кроме того, те технические требования, реализовать которые сегодня – по отдельности или в комплексе – невозможно (например, снижение шума >15 дБ и обеспечение срока службы >30 лет в условиях интенсивного дорожного движения), в обозримом будущем можно будет выполнить.

4. Общая концепция и примеры маркировки дорожной поверхности

4.1 Общие положения

4.1.1 Система маркировочного обозначения специально мыслится как максимально упрощенная, но при этом она ориентирована на дальнейшее поощрение процессов усовершенствования и оптимизации (в стремлении установить баланс между стимулированием улучшений и обеспечением ясности/простоты), по аналогии с маркировкой шин. Поэтому для всех четырех считающихся важнейшими показателей эффективности дорожного покрытия установлена единая маркировочная шкала с отнесением к соответствующему классу. Применительно к каждому показателю существует несколько методов замера или определения маркировочного значения. Выбираемые методы установления характеристик должны в максимально возможной степени согласовываться с действующими правилами и существующей практикой. В будущем на смену им могут прийти согласованные европейские стандарты, как только они появятся.

4.1.2 Что касается рекомендуемых рамок для отнесения к маркировочному классу, то в настоящее время наиболее типичны классы F или E, классы D и C соответствуют сегодняшней оптимальной практике, класс B – ориентир на ближайшее будущее, а класс A пока еще не достижим, однако станет реальной перспективой в предстоящие 5–10 лет.

4.1.3 Заказчикам рекомендуется требовать от подрядчика не только указания маркировочного класса типа дорожного полотна, подлежащего укладке, но также

предоставления по каждому из показателей эффективности конкретных величин, подкрепляемых соответствующими протоколами измерений.

4.1.4 В основу рекомендуемой маркировочной шкалы с отнесением к соответствующему классу положены реальные эксплуатационные свойства, причем концептуальные подходы к измерению различных параметров разнятся: использование стандартных шин при стандартных условиях (для определения сопротивления заносу, сопротивления качению), типичные условия движения (для определения уровня снижения шума, производимого шинами) или фактические условия движения (для определения срока службы). В порядке прогнозирования поведения в реальных эксплуатационных условиях, что необходимо для целей перспективной разработки дорожных покрытий, можно опираться на результаты, полученные на испытательных станциях для различных искусственных образцов дорожных одежд. Однако «обед узнают по кушанью», так что решающее значение приобретают величины, характеризующие реальную эксплуатационную эффективность. В случае снижения шума, сопротивления заносу и сопротивления качению, т. е. показателей, которые могут быть определены в течение года после укладки дорожного полотна, маркировочный класс инновационным дорожным покрытиям желательно присваивать на основе результатов измерений на серии экспериментальных участков. В случае же продолжительности срока службы это не представляется практически возможным, ибо динамика деградации реального дорожного полотна проявляется лишь спустя много лет. Поэтому определиться с маркировочным классом применительно к сроку службы можно лишь путем прогностического испытания на станции.

4.1.5 Во избежание нарушения дорожного движения или проблем с безопасностью при проведении измерений для целей практического замера эксплуатационных показателей прибегают к методам, которые можно использовать в потоке движения.

4.1.6 Признается, что, например, сопротивление заносу на мокрой поверхности и шум от сцепления шин с дорожным полотном в значительной степени зависят от скорости движения транспортного средства, причем такая зависимость от скорости может существенно различаться с учетом типа или категории покрытия. Тем не менее в порядке упрощения для целей маркировочной шкалы за основу взято только одно значение скорости – 80 км/ч. Аналогичным образом, для целей маркировочной шкалы за основу берутся только легковые автомобили (данные по автофургонам, грузовикам, мотоциклам и т. д. не учитываются). При желании и в качестве альтернативы можно руководствоваться составным маркировочным значением, полученным, например, для 10% грузовиков и 90% легковых автомобилей.

4.1.7 Признается также, что с течением времени характеристики дорожного покрытия зачастую будут претерпевать изменения. Величина сопротивления заносу может снижаться ввиду общего «раскатывания» поверхности, а шум от сцепления шин с дорожным полотном может увеличиваться по мере повышения шероховатости текстуры поверхности и закупорки звукопоглощающих пор. При определении таких показателей, как снижение шума, сопротивление заносу и сопротивление качению, исходят из поведения «молодого» покрытия, и ухудшение данных характеристик может привести к «выпадению дорожной поверхности из маркировочного класса». Ограничение вероятности такого выпадения никак не связано собственно с маркировкой; его рекомендуется оговаривать в рамках договоров подряда на дорожное строительство.

4.2 Снижение шума

4.2.1 В основу изложенного в приложении II к резолюции метода характеристики дорожных поверхностей положен корректировочный коэффициент для учета влияния покрытия на шум, производимый шинами при качении, – согласно разделам 2.2.3 «Шум от качения» и 2.2.6 «Влияние типа дорожного покрытия» директивы 2015/996/ЕС, касающейся шумового загрязнения окружающей среды, – применительно к категории $m = 1$ (легковые автомобили) и для взвешенного по шкале А уровня звукового давления во всех октавных полосах.

4.2.2 За эталонную дорожную поверхность, как она описана в разделе 2.2.2 «Номинальные условия» директивы 2015/996/ЕС, рекомендуется взять голландский образец, представляющий собой числовое уравнение («виртуальная дорожная поверхность»), полученное на основе результатов измерений на нескольких участках дорожного полотна из асфальтобетона, аналогичного предписанному стандартом ISO 10844 образцовому покрытию, усредненных по обычной продолжительности срока службы¹. Замеры проводят согласно стандарту ISO 11819-1:1997 по методу на базе статистического показателя прохождения (СПП), но с микрофоном, установленным на высоте 3 м во избежание связанных с практическими измерениями помех, обусловленных наличием барьерных ограждений.

4.2.3 Как известно, Европейская комиссия (ЕК) просила Рабочую группу 5 «Характеристики дорожного покрытия» Технического комитета 227 «Дорожно-строительные материалы» ЕКС разработать согласованную на европейском уровне методику определения акустических характеристик дорожных поверхностей для использования в контексте директивы 2015/996/ЕС. Поскольку такой методики пока не существует, то в настоящее время используют не унифицированные методы.

4.2.4 В целом, дорожным покрытиям из плотного материала, например, асфальтобетона (EN 13108-1) и щебеночно-мастичного асфальтобетона (EN 13108-5) с крупностью зерен заполнителя для верхнего слоя 5–16 мм, будет присваиваться маркировочный класс E, тогда как грубые крупнощебеночные дорожные одежды и дорожные покрытия из шероховатого бетона на портландцементе могут быть отнесены к классу F, а из двухслойного пористого асфальтобетона (PA5) – к классу C, иногда B.

4.2.5 В реальных эксплуатационных условиях мониторинг дорожных покрытий может проводиться методом CPX (ISO 11819-2:2017) с преобразованием полученных значений в величины снижения шума.

4.2.6 Поскольку в основу маркировочной шкалы с отнесением к соответствующему классу положены «исходные» значения, то уровень снижения шума в конце срока эксплуатации дорожной поверхности может быть ниже по сравнению с уровнем, соответствующим присвоенному маркировочному классу. Данный аспект следует учитывать, когда оговаривается техническое задание на выполнение долгосрочного подрядного договора, предусматривающего использование маркировки.

4.3 Сопротивление заносу на мокрой поверхности

4.3.1 Под коэффициентом сцепления понимается соотношение горизонтальной и вертикальной сил, и, соответственно, физической единицей его измерения является ньютон/ньютон либо степень малости.

4.3.2 Прицепная тележка для определения сопротивления заносу, отвечающая требованиям стандарта CEN/TS 15901-9, представляет собой компактный, прочный и гибкий механизм оценки сопротивления заносу в продольной оси (коэффициент тормозной силы), обеспечивающий возможность анализа сопротивления заносу по всей длине.

4.3.3 К сожалению, используемая для целей маркировки шин процедура измерения коэффициента сцепления шины с мокрым дорожным покрытием не подходит для реальной эксплуатационной оценки дорожных покрытий, ибо требует замедления испытываемого транспортного средства с 80 до 20 км/ч, что не применимо к условиям дорожного движения.

4.3.4 В порядке преобразования с учетом различных значений скорости движения для практических целей может использоваться коэффициент постоянной

¹ Преимущество числовой модели над физическим эталоном, например, предписанным стандартом ISO 10844 образцовым покрытием, состоит в том, что имеется возможность усреднения как различий между фактическими участками такой эталонной поверхности, так и временных вариаций, в частности обусловленных износом.

потери 0,05 на каждый интервал приращения скорости, составляющий 20 км/ч, хотя он и не является вполне точным.

4.3.5 В случае некоторых типов покрытия, особенно из асфальтобетонных смесей, а также бетона на портландцементе, величина сопротивления заносу на мокрой поверхности за первые недели или месяцы транспортной нагрузки может претерпевать существенные изменения в силу изнашивания цементного слоя, выбивания мелкого гравия и/или истирания битумной мастики, заливаемой поверх минерального остова. В основу маркировочной шкалы с отнесением к соответствующему классу по сопротивлению заносу положены соответствующие величины, полученные в пределах 2–9 месяцев после ввода полотна в эксплуатацию, причем по истечении исходного периода колебания значений и до начала долгосрочного снижения величины сопротивления заносу ввиду «раскатывания» поверхности. Первоначальные колебания значений выносятся за рамки маркировки и, при необходимости, отдельно оговариваются техническим заданием на выполнение подрядного договора, например путем установления минимальных требований.

4.3.6 С течением времени величина сопротивления дорожной поверхности заносу может уменьшиться до эксплуатационных значений, не соответствующих присвоенному маркировочному классу. Данный аспект следует учитывать, когда оговаривается техническое задание на выполнение долгосрочного подрядного договора, предусматривающего использование маркировки.

4.3.7 Спрогнозировать реальную эксплуатационную величину сопротивления заносу на мокрой поверхности исходя из результатов, полученных на станции для различных образцов дорожных покрытий, весьма сложно. С другой стороны, испытание на сцепление после «раскатывания» [EN 12697-49:2014] обеспечивает возможность такой классификации дорожных покрытий, которая прекрасно коррелируется с классификацией по реальным эксплуатационным показателям. Кроме того, по итогам реализованного европейского исследовательского проекта (SKIDSAFE) была разработана лабораторная установка для определения параметров сопротивления заносу в стационарных условиях (интерфейсное устройство для измерения сопротивления заносу (СЗ-ИИУ)).

4.4 Сопротивление качению

4.4.1 Общие положения

4.4.1.1 Величина сопротивления качению зависит от многих факторов:

- параметры шин (весовая нагрузка, размер, структура, состав и т. д.);
- внешние условия (температура воздуха, поверхности покрытия и шины и т. д.);
- параметры покрытия:
 - текстура покрытия: микротекстура, макротекстура, мегатекстура, неровности [ISO 13473-1 и -2];
 - прогиб/деформация покрытия при (высокой) транспортной нагрузке;
 - упругость (или же наоборот: потеря энергии вязко-пластической деформации) покрытия под нагрузкой.

4.4.1.2 Для целей присвоения дорожной поверхности маркировочного класса параметры и состояние шин должны оставаться неизменными. Что касается параметров покрытия, то исключают прогиб/деформацию и упругость как относящиеся не столько к износу верхнего слоя, сколько, по всей видимости, ко всей (опорной) структуре дорожного полотна. Кроме того, как считается, по сравнению с макротекстурой влияние микротекстуры, мегатекстуры и неровностей не имеет столь большой значимости и потому не принимается во внимание.

4.4.1.3 Поскольку в основу маркировочной шкалы с отнесением к соответствующему классу положены «исходные» значения, то уровень снижения сопротивления качению в конце срока эксплуатации дорожной поверхности может быть ниже по сравнению с уровнем, соответствующим присвоенному маркировочному классу. Данный аспект

следует учитывать, когда оговаривается техническое задание на выполнение долгосрочного подрядного договора, предусматривающего использование маркировки.

4.4.2 Примеры измерительных систем и практических процедур анализа

4.4.2.1 На сегодняшний день существуют несколько измерительных систем. В Европе в настоящее время широко используются два «общедоступных» измерительных комплекса: прицепная тележка Гданьского технологического университета (Гданьский ТУ) и прицепная тележка бельгийского Дорожного научно-исследовательского центра. В настоящее время не существует официальных стандартов для проведения измерения сопротивления качению. По этой причине не исключены расхождения в абсолютных значениях сопротивления качению, полученных при помощи различных измерительных систем. Как показывают текущие результаты, такие расхождения обусловлены главным образом постоянной систематической погрешностью. Различия между дорожными покрытиями в меньшей степени зависят от конкретной измерительной системы и/или анализа полученных данных. Поэтому маркировочные значения для той или иной конкретной дорожной поверхности определяют с коэффициентом уменьшения по сравнению с «виртуальной» эталонной дорожной поверхностью, представляющей собой щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) либо пористый асфальтобетон, при максимальной крупности зерен заполнителя 11 мм.

4.4.2.2 Прицепная тележка Гданьского ТУ для замера сопротивления качению представляет собой трехколесный прицеп (см. рис.1), у которого два передних колеса являются поддерживающими/опорными. Заднее колесо выступает в качестве мерного ролика и крепится к раме прицепной тележки при помощи поворотного кронштейна; угол уклона поворотного кронштейна служит тем показателем, по которому и определяют силу сопротивления качению мерного ролика. В последние годы в конструкцию прицепной тележки были внесены усовершенствования, позволяющие снизить влияние нежелательных отклонений на результаты измерений.

Рис. 1

Прицепная тележка Гданьского ТУ для замера сопротивления качению на различных дорожных поверхностях



4.4.2.3 В 2012 году на базе прицепной тележки Гданьского ТУ было проведено изучение характера воздействия температурных различий на величину коэффициента сопротивления качению [M+P.DVS.12.08.3]. Измерения значений температуры боковины шины, дорожного покрытия и воздуха проводились одновременно с

замером сопротивления качению. Было установлено, что наиболее четко прослеживается зависимость величины сопротивления качению от температуры боковины шины. Впоследствии Гданьский ТУ также предложил корректив с учетом значений температуры окружающего воздуха, поскольку проведение таких измерений сопряжено для ряда сторон с меньшими затруднениями.

4.4.2.4 Для получения скорректированных по температуре результатов подходят оба метода, однако в случае использования различных методов температурной коррекции проводить непосредственное сопоставление абсолютных значений нельзя.

Применительно к прицепной тележке Гданьского ТУ были установлены следующие поправочные коэффициенты:

$$RRC_{T_{\text{tyre corr}}, T_{\text{tyre ref } 25^{\circ}\text{C}}} = RRC_{\text{uncorrected}} - 0,17 \cdot (25 - T_{\text{tyre wall side}})$$

$$RRC_{T_{\text{air corr}}, T_{\text{air ref } 20^{\circ}\text{C}}} = RRC_{\text{uncorrected}} \cdot (1 + 0,014 \cdot (T_{\text{air}} - 20))$$

4.4.2.5 Исходя из усредненных показателей сопротивления качению, замеренных при помощи прицепной тележки Гданьского ТУ на 15 участках дорожного полотна гранулометрического состава 0/11, были определены следующие контрольные величины сопротивления качению:

$$RRC_{RR, \text{ref } T_{\text{tyre corr}}} = 9,50 \text{ [кг/т]}$$

$$RRC_{RR, \text{ref } T_{\text{air corr}}} = 8,58 \text{ [кг/т]}$$

4.4.3 Справочная информация относительно зависимости сопротивления качению от текстуры поверхности

4.4.3.1 В 2012 году [M+P.DVS.12.08.3] были проведены масштабные контрольно-измерительные мероприятия по установлению зависимости сопротивления качению от текстуры дорожной поверхности. В основу определенных величин сопротивления качению легли результаты измерений, проведенных Гданьским ТУ. В основу же текстурных параметров легли результаты измерений, проведенных M+P. Как показало это и прочие мероприятия, между текстурой дорожной поверхности и сопротивлением качению существует тесная взаимосвязь.

4.4.3.2 Были апробированы несколько моделей на базе таких параметров текстуры, как MPD (средняя глубина профиля (СПП)), RMS (среднеквадратичное значение (СКЗ)) и асимметрия [ISO 13473-1, -2 и -3]. В качестве наиболее подходящей была признана следующая модель [M+P.PGEL.17.06.1]:

$$RRC = C1 \cdot MPD + C2 \cdot \frac{MPD}{RMS} + C3,$$

где C1, C2 и C3 – константы.

4.4.4.3 Следует учитывать, что, ввиду обусловленных моделями погрешностей, величина сопротивления качению, рассчитанная по параметрам текстуры, может отличаться от результатов, полученных при непосредственном измерении сопротивления качению. Как следствие, возможны расхождения до $\pm 0,7$ кг/т (95-процентный доверительный интервал), что соответствует плюс–минус двум классам по уровню сопротивления качению.

4.5 Срок службы

4.5.1 Продолжительность срока службы дорожного покрытия зависит от всевозможных типов его дефектности:

- неровности;
- растрескивание;
- выбоины;
- изнашивание в результате использования шипованных шин;
- и т. д.

4.5.2 Важнейшими – иными словами, определяющими – с точки зрения срока службы дорожного покрытия являются те типы дефектности, в случае которых быстрее всего достигаются (определенные подрядным договором или установленные национальными либо международными правилами) значения, соответствующие предельному состоянию по критерию пригодности к нормальной эксплуатации. Для различных типов дорожного покрытия критическими могут быть самые разные типы дефектности. Кроме того, каждый тип дефектности зависит от многих факторов, как, например, транспортная нагрузка и климатические условия.

4.5.3 Несмотря на кажущуюся очевидность реального эксплуатационного срока службы, его «конец» зависит от ряда факторов, определяющих состояние поверхности дороги (серьезность и распространенность таких дефектов полотна, как глубокие выбоины, колеобразование, растрескивание или выкрашивание смеси и т. д.). В аналогичных ситуациях более приемлемое состояние поверхности в плане дефектности полотна означает и более длительный срок его службы. Факторы, определяющие приемлемость состояния поверхности дороги, зачастую могут различаться в зависимости не только от категорий дорог (автомагистрали – сельские дороги), но также от стран, регионов или дорожных служб. Кроме того, срок службы покрытия конкретного качества зависит от транспортного потока (интенсивность движения, весовая нагрузка, выполнение маневров).

4.5.4 Еще сложнее спрогнозировать срок службы дорожного покрытия непосредственно после его укладки либо на этапе проектирования и расчета дорожной одежды. В настоящее время не существует методики (например, методов испытания или прогностической модели), позволяющей точно предсказать динамику деградации дорожного полотна и суммарный транспортный поток. Причем это касается не только отдельных типов дефектности, но и их комбинаторного взаимодействия, равно как определения того, какой из типов дефектности будет играть решающую роль (т. е. в случае которого быстрее всего достигаются значения, соответствующие предельному состоянию по критерию пригодности к нормальной эксплуатации). Имеется несколько способов подтверждения обоснованности заявляемого срока службы дорожного полотна, например долгосрочная эксплуатационная эффективность эталонных покрытий, цифровое моделирование, обобщение результатов испытаний, проводимых на различных станциях, и т. д. Однако речь в основном идет о прогнозах, а не конкретных «доказательствах».

5. Библиография

5.1 Design Manual for Roads and Bridges (DMRB) – Volume 7 Pavement Design and Maintenance – Section 3 Pavement Maintenance Assessment – Part 1 HD 28/15 Skidding Resistance; Highways England et al.

5.2 M+P.DVS.12.08.3 “Influence of road surface type on rolling resistance – Results of the measurements 2013”, revision 4, 20-11-2013.

5.3 M+P.PGEL.17.06.1: “Enhancements of texture vs rolling resistance model”, M+P consulting engineers, Vught (NL) June 12th, 2017.

5.4 prEN 13036-2a Road and airfield surface characteristics – Test methods – Part 2a: Assessment of the skid resistance of a road pavement surface by measurement of the sideways-force coefficient, October 18th, 2017.

II. Текст резолюции по вопросу об оценке характеристик и классификации дорожных поверхностей – руководящие принципы в отношении маркировки дорожных поверхностей

Преамбула

Всемирный форум для согласования правил в области транспортных средств (WP.29),

признавая, что взаимодействие между шинами транспортного средства и слоями дорожного покрытия зависит от эксплуатационной эффективности обоих факторов,

желая обеспечить высокий уровень охраны окружающей среды, безопасности, энергоэффективности и эксплуатационной долговечности дорожных покрытий,

желая облегчить оценку эффективности поверхности дорожных покрытий за счет использования технически обоснованной системы классификации на базе доступных для понимания показателей, касающихся сопротивления заносу, шума от сцепления шин с поверхностью дороги, влияния дорожного покрытия на сопротивление шин качению и срока службы покрытия,

принимая во внимание, что согласованные параметры, определяющие эксплуатационную эффективность покрытия, могут найти самое широкое и разнообразное применение в рамках договоров подряда на дорожное строительство:

- техническое задание применительно к тендерам на дорожное строительство: обеспечение дорожным службам или другим юридическим лицам, размещающим подряд на проведение укладочных работ, возможности четко оговорить эксплуатационные требования, предъявляемые к покрытию поверхности, при указании классов исполнения с учетом важных функциональных характеристик;*
- подтверждение (т. н. «укрепление доверия») заявок подрядчиков на участие в тендерах;*
- приемка работ в условиях обеспечения рамочной основы для сравнительного анализа заданных и итоговых характеристик;*
- установление порогового показателя, действующего в продолжение гарантийного срока службы или периода технического обслуживания и профилактического ремонта,*

принимая во внимание, что настоящая резолюция не имеет нормативного статуса в Договаривающихся сторонах,

рекомендует использовать настоящую резолюцию для оценки эффективности слоев дорожного покрытия при маркировке дорожной поверхности на основе эксплуатационных показателей дорожного покрытия.

1. Цели

1.1 Настоящая резолюция обеспечивает рамочную основу для оценки эффективности слоев дорожного покрытия и представления согласованной информации об основных характеристиках дорожной поверхности посредством соответствующей маркировки, с тем чтобы заказчики могли сделать осознанный выбор при заключении подрядов на проведение укладочных работ, включая новые дорожные покрытия.

1.2 Настоящая резолюция имеет целью повысить безопасность, а также экономическую и экологическую эффективность автомобильных перевозок за счет

стимулирования создания шумозащитных, безопасных, топливоэффективных и долговечных дорожных поверхностей.

1.3 Использование маркировки дорожной поверхности станет для отрасли дорожного строительства дополнительным стимулом к проектированию, прокладке, обустройству и обслуживанию безопасных, комфортных, надежных, долговечных и рентабельных автотрасс.

1.4 К числу основных предпосылок использования маркировки дорожных поверхностей относятся:

- совместимость с существующей системой маркировки шин в Европейском союзе;
- совместимость с действующими международными стандартами и существующими методами измерения;
- применимость в отношении как новых, так и существующих дорог;
- расширение возможностей для инновационной деятельности (на уровне результатов и процессов).

1.5 Маркировка дорожной поверхности призвана найти самое разнообразное применение в рамках договоров подряда на дорожное строительство:

- техническое задание применительно к тендерам на дорожное строительство: обеспечение дорожным службам или другим юридическим лицам, размещающим подряд на проведение укладочных работ, возможности четко оговорить эксплуатационные требования, предъявляемые к покрытию поверхности, при указании классов исполнения с учетом важных функциональных характеристик;
- подтверждение (т. н. «укрепление доверия») заявок подрядчиков на участие в тендерах;
- приемка работ в условиях обеспечения рамочной основы для сравнительного анализа заданных и итоговых характеристик;
- установление порогового показателя, действующего в продолжение гарантийного срока службы или периода технического обслуживания и профилактического ремонта.

1.6 В настоящей резолюции прописаны руководящие принципы определения показателей эффективности и классификации покрытий дорожной поверхности, которые будут использоваться применительно к маркировочному обозначению дорожной поверхности. Соответствующие условия маркировки оговорены в разделе «Область применения». Предписываемый порядок оформления маркировочного знака регламентируется в разделе «Требования».

2. Сфера применения

2.1 В настоящей резолюции приводятся спецификации для цели определения и описания, а также классификации эксплуатационных характеристик дорожных поверхностей (слой износа) исходя из четырех показателей эффективности:

- a) снижение шума;
- b) сопротивление заносу;
- c) снижение сопротивления качению;
- d) срок службы.

2.2 Настоящая резолюция применяется ко всем видам дорожных поверхностей с твердым покрытием.

3. Определения

Для целей настоящей резолюции:

- 3.1 «*дорожная поверхность*» означает верхний слой дорожного покрытия;
- 3.2 «*заказчик*» означает юридическое лицо, от имени которого размещается заказ и подписывается договор подряда на дорожно-укладочные работы либо на проведение строительных, восстановительных или ремонтно-профилактических работ, связанных с укладкой или обустройством нового дорожного покрытия;
- 3.3 «*подрядчик*» означает юридическое лицо, отвечающее за укладку или обустройство нового дорожного покрытия в рамках договора подряда;
- 3.4 «*подряд*» означает заключаемый между заказчиком и подрядчиком договор, по которому заказчик поручает подрядчику проведение дорожно-укладочных работ либо проведение строительных, восстановительных или ремонтно-профилактических работ, связанных с укладкой или обустройством нового дорожного покрытия;
- 3.5 «*маркировка/маркировочное обозначение дорожной поверхности*» означает графическое отображение четырех показателей эффективности дорожной поверхности с отнесением их соответствующему классу в соответствии с форматом, приведенным в приложении IV;
- 3.6 «*снижение шума*» или «*NR*» означает снижение уровня шума от качения шины при сцеплении с поверхностью дороги по отношению к виртуальной эталонной поверхности, как это оговорено в приложении II;
- 3.7 «*сопротивление заносу*» или «*SR*» означает коэффициент сцепления с мокрой поверхностью, как это оговорено в приложении III;
- 3.8 «*снижение сопротивления качению*» или «*RRR*» означает коэффициент снижения сопротивления качению по отношению к виртуальной эталонной поверхности, как это оговорено в приложении IV;
- 3.9 «*срок службы*» или «*LS*» означает период времени в годах между вводом дорожного полотна в эксплуатацию и моментом, когда дорожная поверхность больше не отвечает одному или нескольким подрядным требованиям, предъявляемым к состоянию поверхности дороги, как указано в приложении V.

4. Технические требования

- 4.1 Для отнесения к соответствующему классу по уровню снижения шума за основу принимают снижение шума (NR) по шкале от «А» до «G», указанной в пункте 1 приложения I, с определением снижения шума согласно приложению II к настоящей резолюции.
- 4.2 Для отнесения к соответствующему классу по сопротивлению заносу за основу принимают сопротивление заносу (SR) по шкале от «А» до «G», указанной в пункте 2 приложения I, с определением сопротивления заносу согласно приложению III к настоящей резолюции.
- 4.3 Для отнесения к соответствующему классу по уровню снижения сопротивления качению за основу принимают снижение сопротивления качению (RRR) по шкале от «А» до «G», указанной в пункте 3 приложения I, с определением снижения сопротивления качению согласно приложению IV к настоящей резолюции.
- 4.4 Для отнесения к соответствующему классу по сроку службы за основу принимают срок службы (LS) по шкале от «А» до «G», указанной в пункте 4 приложения I, с определением срока службы согласно приложению V.
- 4.5 Формат маркировки дорожной поверхности, который надлежит использовать, определен в приложении VI, где черные стрелки указывают надлежащий класс применительно к каждому из показателей эффективности.

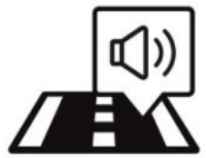
Приложение I

Классификация характеристик дорожной поверхности

1. Снижение шума

Таблица 1


Классы по уровню снижения шума (NR)

	Снижение шума (NR) в дБ(А)
A	$NR \geq 11,0$
B	$8,0 \leq NR < 11,0$
C	$5,0 \leq NR < 8,0$
D	$2,0 \leq NR < 5,0$
E	$-1,0 \leq NR < 2,0$
F	$-4,0 \leq NR < -1,0$
G	$NR < -4,0$

2. Сопротивление заносу

Таблица 2


Классы по сопротивлению заносу (SR)

	Сопротивление заносу (SR) в виде коэффициента сцепления
A	$SR \geq 0,83$
B	$0,68 \leq SR < 0,83$
C	$0,59 \leq SR < 0,68$
D	$0,50 \leq SR < 0,59$
E	$0,42 \leq SR < 0,50$
F	$0,33 \leq SR < 0,42$
G	$SR < 0,33$

3. Снижение сопротивления качению

Таблица 3


Классы по уровню снижения сопротивления качению (RRR)

	Снижение сопротивления качению (RRR) в кг/т
A	$RRR \geq 2,0$
B	$1,5 \leq RRR < 2,0$
C	$1,0 \leq RRR < 1,5$
D	$0,5 \leq RRR < 1,0$
E	$0,0 \leq RRR < 0,5$
F	$-1,0 \leq RRR < 0,0$
G	$RRR < -1,0$

4. Срок службы

Таблица 4

Классы по сроку службы (LS)

	Срок службы (LS) в годах
A	$LS \geq 18$
B	$15 \leq LS < 18$
C	$12 \leq LS < 15$
D	$10 \leq LS < 12$
E	$8 \leq LS < 10$
F	$4 \leq LS < 8$
G	$LS < 4$

Приложение II

Определение уровня снижения шума

а) Уровень снижения шума надлежит определять на легких автотранспортных средствах при скорости 80 км/ч по процедурам применительно к конкретному участку дорожной поверхности, подробно изложенным в настоящем приложении. Допускается использование других методов при условии, что они обеспечивают получение тех же результатов, причем в пределах точности, присущей исходному методу.

б) Для целей конкурсного распределения подрядов, т. е. до начала укладки дорожного полотна, за основу могут браться ориентировочные величины снижения шума, полученные путем испытания на станции. Однако решающее значение приобретают величины, характеризующие реальную эксплуатационную эффективность и определенные в соответствии с настоящим приложением.

в) Снижение шума (СШ, англ. – NR) определяется как разность между показателями прохождения легковых автомобилей с скоростью 80 км/ч по «виртуальной эталонной дорожной поверхности» и показателями прохождения по конкретной дорожной поверхности с новым покрытием. Соответственно, если уровень шума от сцепления шин с дорожным полотном на конкретной поверхности ниже по сравнению с уровнем шума на «виртуальной эталонной поверхности», то снижение шума имеет знак плюс. Под «виртуальной эталонной поверхностью» понимается отвечающее с акустической точки зрения набору статистических показателей прохождения покрытие из плотного асфальтобетона (АБП), имеющее средний срок эксплуатации. Свойства эталонной дорожной поверхности определяют путем усреднения результатов, полученных по десяти различным по сроку эксплуатации участкам в 10 различных диапазонах скоростей.

г) Допускается – применительно к конкретной дорожной поверхности – возможность экстраполяции вышеуказанного (с выходом за рамки определения СШ) на другие категории транспортных средств и другие скоростные режимы. Допускается также возможность экстраполяции на «исходный корректировочный коэффициент дорожного покрытия» ($C_{initial}$) для определенного «типа дорожного полотна» (объединенные в группу дорожные поверхности аналогичного состава и с одинаковыми характеристиками) при условии, что измерения проводились не менее чем на пяти участках дорожного полотна данного типа. Исходный корректировочный коэффициент дорожного покрытия ($C_{initial}$) определяется как разность между показателями прохождения транспортных средств определенного класса по дорожному полотну конкретного типа с новым покрытием и показателями прохождения по «виртуальной эталонной дорожной поверхности». Следует учитывать, что если уровень шума от сцепления шин с дорожным полотном на конкретной поверхности ниже по сравнению с уровнем шума на «виртуальной эталонной поверхности», то $C_{initial}$ – в противоположность снижению шума – имеет знак минус.

д) Сопоставление показателей прохождения по полотну с новым покрытием с показателями прохождения по эталонной дорожной поверхности, имеющей средний срок эксплуатации, безусловно, сопряжено с завышением оценок в том, что касается усредненного по сроку службы конкретного полотна эффекта шумопоглощения. Применение параметра C_{time} , отражающего ухудшение акустических характеристик дорожного полотна конкретного типа с течением времени, позволяет учесть такое завышение оценок. Общий корректировочный коэффициент дорожного покрытия (C_{road}) представляет теперь сумму исходного корректировочного коэффициента дорожного покрытия ($C_{initial}$) и фактора времени (C_{time}), $C_{road} = C_{initial} + C_{time}$. В настоящем приложении описывается только порядок определения исходного корректировочного коэффициента дорожного покрытия ($C_{initial}$). Вместе с тем оно не ограничивается исключительно определением уровня снижения шума (СШ) для какой-либо конкретной дорожной поверхности.

1. Измерения

1.1 Методизмерений

Измерения для цели определения исходного корректировочного коэффициента дорожного покрытия применительно к определенному типу дорожного полотна должны проводиться по методу на базе статистического показателя прохождения (измерения СПП).

Измерения для целей определения соответствующих шумопоглощающих характеристик конкретного дорожного покрытия и его классификации по уровню снижения шума надлежит проводить в пределах двух–девяти месяцев после ввода конкретного дорожного полотна в эксплуатацию.

Метод проведения измерений СПП прописан в стандарте ISO 11819-1:2001. Он предполагает замеры уровней шума от отдельно проходящих транспортных средств. При этом проводится различие между тремя категориями транспортных средств, определенными в стандарте ISO 11819-1:2001:

- легкие автотранспортные средства, легковые автомобили (1);
- двухосные тяжелые автотранспортные средства (2a);
- многоосные тяжелые автотранспортные средства (2b).

Для целей определения уровня снижения шума учитывают данные только по легковым автомобилям (1).

При определении корректировочного коэффициента дорожного покрытия за основу берутся только легковые автомобили (1) и многоосные тяжелые транспортные средства (2b). Соответствующий коэффициент для двухосных тяжелых транспортных средств (2a) отдельно не определяют; его принимают эквивалентным корректировочному коэффициенту дорожного покрытия для многоосных тяжелых транспортных средств (2b). На практике число тяжелых транспортных средств, проходящих мимо установленного в точке измерения микрофона, зачастую слишком мало, чтобы можно было установить отдельный корректировочный коэффициент дорожного покрытия для данной категории. Что касается легких автомобилей, то транспортные средства, отнесенные согласно приложению В стандарта NEN-EN-ISO 11819-1:2001 к категории 1b, не учитываются.

Максимальный уровень звукового давления (уровень звука $L_{A,max}$) проходящих транспортных средств измеряют в октавных полосах частот (от 63 Гц до 8 000 Гц) при определенной скорости автомобиля на расстоянии 7,5 м от центра полосы движения. В отступление от вышеупомянутого стандарта, которым предписывается высота измерения в 1,2 м, измерение проводят на высоте 3,0 м. Выбор высоты более 1,2 м продиктован стремлением свести к минимуму то влияние, которое оказывают на уровень звука грунт, насыпи и, возможно, барьерные ограждения. Поэтому строгого соблюдения предусмотренных вышеуказанным стандартом ISO критериев в отношении акустических свойств грунта в точке измерения не требуется. Однако при выборе точек измерения рекомендуется, насколько это возможно, принимать данные критерии во внимание.

Для определения исходного корректировочного коэффициента дорожного покрытия ($C_{initial}$) применительно к определенному типу дорожного полотна требуется проведение измерений (по крайней мере) на пяти географически разнесенных участках, характеризующихся дорожным полотном одного типа или с одинаковым материалом покрытия. Отрезок дороги, построенный за сутки, рассматривается как единичный участок.

1.2 Нормативы по числу испытуемых транспортных средств

Для целей определения исходного корректировочного коэффициента дорожного покрытия ($C_{initial}$) применительно к определенному типу дорожного полотна по каждой точке измерения надлежит руководствоваться следующими количествами: 100 легковых автомобилей и 50 многоосных тяжелых автотранспортных средств. Однако может случиться так, что в какой-либо конкретной

точке эти количественные показатели не могут быть достигнуты, например поскольку объем транспортных средств большой грузоподъемности в движущемся потоке является весьма незначительным. Вместе с тем полученный для данной точки результат все же может быть учтен в дальнейшем анализе для целей определения корректировочного коэффициента дорожного покрытия. В конечном счете о степени достоверности конечного результата судят по величине 95-процентного доверительного интервала для усредненного значения результатов, полученных по всем точкам измерения. Таким образом, более достоверные замеры в одной точке позволяют компенсировать менее достоверные (например, из-за относительно небольшого числа транспортных средств) замеры в другой точке. Соответствующие дополнительные пояснения приводятся в разделе 3.

1.3 Температурная коррекция

Уровень звука транспортного средства зависит, среди прочего, от температуры воздуха и температуры дорожного покрытия. С понижением температуры уровень излучаемого звука возрастает, что обусловлено изменением свойств шины и дорожного покрытия. На основе имеющихся данных измерений был установлен температурный поправочный коэффициент для легковых автомобилей и тяжелых автотранспортных средств. С его помощью все результаты измерений корректируют по отношению к контрольной температуре 20 °С. Согласно стандарту ISO, проведение измерений допускается только при температуре воздуха 5–30 °С.

Температурные поправочные коэффициенты $C_{temp,m}$ для легковых автомобилей ($m = 1$) и тяжелых транспортных средств ($m = 2b$) определяют исходя из температуры воздуха T_{air} (в градусах Цельсия) на высоте 1,5 м над поверхностью дорожного полотна в точке измерения следующим образом:

$$C_{temp,1} = 0,05 \cdot (T_{air} - 20) \quad (2a)$$

$$C_{temp,2b} = 0,03 \cdot (T_{air} - 20) \quad (2b)$$

2. Определение среднего уровня звука по каждой категории транспортных средств и для каждой точки измерения

В ходе измерений СПП применительно к каждому из проходящих непосредственно перед микрофоном транспортных средств измеряют скорость движения и уровень звука. Для каждой точки измерения исходя из уровня звука, определенного по зависимости от логарифма замеренной скорости, строят линии регрессии для легковых автомобилей и тяжелых транспортных средств.

Результаты, полученные для легковых автомобилей или тяжелых автотранспортных средств в той или иной точке измерения, нельзя использовать для определения корректировочного коэффициента дорожного покрытия, если половинный 95-процентный доверительный интервал линии регрессии по данной точке измерения при замеренной *средней скорости* движения легких или тяжелых автотранспортных средств и после округления до одного десятичного знака превышает:

$$0,3 \cdot \sqrt{(99/(N_{1-1}))} \text{ для легковых автомобилей} \quad (3a)$$

$$0,8 \cdot \sqrt{(49/(N_{2b-1}))} \text{ для тяжелых транспортных средств} \quad (3b)$$

N_1 – это число испытываемых легковых автомобилей, а N_{2b} – число испытываемых тяжелых транспортных средств.

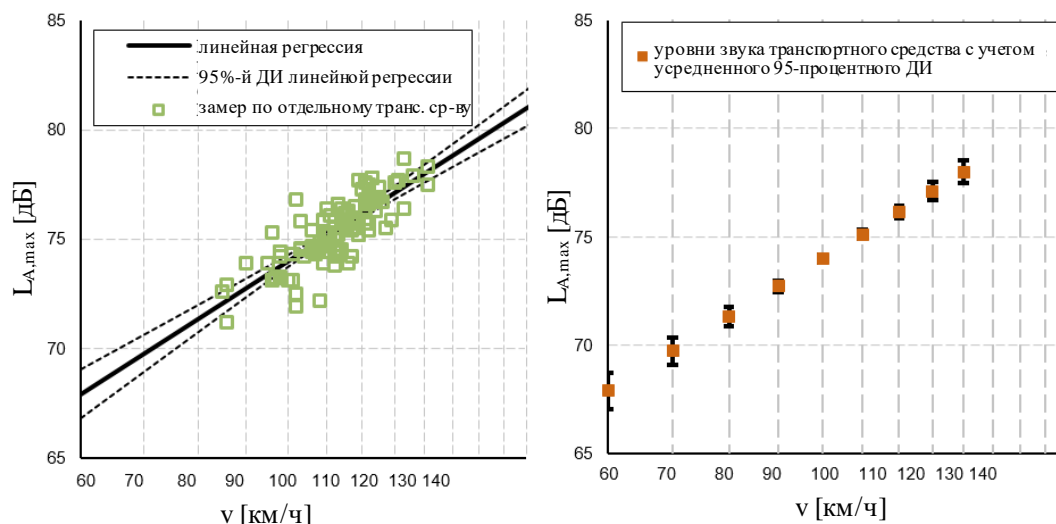
Из этой линии регрессии для дискретных значений скорости 30, 40, 130 км/ч (с шагом приращения 10 км/ч; для тяжелых транспортных средств – до 100 км/ч) и после коррекции по температуре согласно разделу 1.3 выводят усредненный взвешенный по шкале А уровень звука и 95-процентный доверительный интервал этого уровня звука.

В приведенном на рис. 1 примере на диаграмме слева показаны зарегистрированные при контрольной скорости максимальные уровни звука $L_{A,max}$ проходящих транспортных средств одной и той же категории (в данном случае легковых автомобилей) с указанием линии регрессионной зависимости и пределов

95-процентного доверительного интервала линии регрессии. На диаграмме справа показаны значения линии регрессии с шагом приращения 10 км/ч.

Рис. 1

Пример линии регрессии (слева – при 95-процентном доверительном интервале (ДИ)) для отдельной точки измерения и отдельной категории транспортных средств (легковых автомобилей) исходя из уровней звука $L_{A,max}$, определенных по зависимости от логарифма замеренной скорости; справа показаны значения линии регрессии с шагом приращения 10 км/ч при соответствующем доверительном интервале



Величина уровня звука, определенная по линии регрессии для конкретного значения скорости (с шагом приращения 10 км/ч), квалифицируются как «достоверная», если половинный 95-процентный доверительный интервал для данной скорости, после округления до одного десятичного знака, не превышает:

$$0,3 \cdot \sqrt{(99/(N_1-1))} \text{ для легковых автомобилей и}$$

$$0,8 \cdot \sqrt{(49/(N_{2b}-1))} \text{ для тяжелых автотранспортных средств.}$$

В таблице 1 указаны пределы 95-процентного доверительного интервала в зависимости от числа измерений.

Таблица 1

Величина уровня звука транспортных средств определенной категории при конкретной скорости в точке измерения квалифицируется как «достоверная», если половинный 95-процентный доверительный интервал не превышает заданных значений $\Delta 95\% ci_{max}$

Легковые автомобили		Тяжелые транспортные средства	
Число проходов	$\Delta 95\% ci_{max}$	Число проходов	$\Delta 95\% ci_{max}$
25	0,7	10	1,9
50	0,5	15	1,6
75	0,4	25	1,1
100	0,3	50	0,8
125	0,3	60	0,7
150	0,2	75	0,7
200	0,2	100	0,6
300	0,2	150	0,5
500	0,1	250	0,4
1 000	0,1		

3. Уровень снижения шума по результатам измерения в одной отдельной точке

Для целей определения уровня снижения шума (СШ) по результатам одного измерения СПП минимальное число проходящих мимо микрофона испытуемых транспортных средств должно быть следующим:

- 100 легковых автомобилей ($m=1$),
- 50 тяжелых автотранспортных средств ($m=2b$).

Величины уровня звука, определенные по линии регрессии для конкретного значения скорости (с шагом приращения 10 км/ч), квалифицируются в качестве «достоверного» результата измерения СПП только в том случае, если половинный 95-процентный доверительный интервал для данной скорости, после округления до одного десятичного знака, не превышает:

$$0,3 \cdot \sqrt{(99/(N_{l-1}))} \text{ для легковых автомобилей и}$$

$$0,8 \cdot \sqrt{(49/(N_{2b-1}))} \text{ для тяжелых транспортных средств.}$$

Достоверные величины уровня звука сопоставляются со значениями, полученными для эталонной поверхности. Расчет последних может производиться по формуле:

$$L_{ref, m=1}(v) = 77,2 + 30,6 \log(v/v_{0,m=1}) \text{ для легковых автомобилей при } v_{0,m=1} = 80 \text{ км/ч}$$

и

$$L_{ref, m=2b}(v) = 84,4 + 27,0 \log(v/v_{0,m=2b}) \text{ для тяжелых транспортных средств при } v_{0,m=2b} = 70 \text{ км/ч.}$$

Уровень снижения шума (СШ) при конкретной скорости определяется как разность между результатом измерения СПП и значением, полученным для эталонной поверхности. В таблице 2 приводится пример измерения СПП при общем числе проходящих мимо микрофона легковых автомобилей, составляющем 106. Заданное значение $\Delta 95\% ci_{max}$ для данного числа прохождений не должно превышать 0,3 дБ.

Таблица 2

Величина уровня звука легковых автомобилей и соответствующий им показатель снижения шума (СШ) квалифицируются как «достоверные», если половинный 95-процентный доверительный интервал не превышает заданных значений $\Delta 95\% ci_{max}$

[дБ]	Скорость [км/ч]						
	50	60	70	80	90	100	110
Результат измерения СПП ($L_{m=1} (\Delta 95\% ci_{max})$)	65,8 (1,0)	68,4 (0,6)	70,5 (0,3)	72,4 (0,3)	74,0 (0,4)	75,5 (0,6)	76,8 (0,8)
Эталонная поверхность (L_{ref})	71,0	73,4	75,4	77,2	78,8	80,2	81,4
Снижение шума (СШ)	–	–	4,9 ¹⁾	4,8	–	–	–

¹⁾ Следует отметить, что величина, полученная при 70 км/ч, не является надлежащим показателем СШ, который определяется на скорости 80 км/ч.

4. Усреднение результатов измерений, проведенных в различных точках

Следует иметь в виду, что положения настоящего раздела не актуальны для определения показателя снижения шума (СШ) какой-либо конкретной дорожной поверхности.

4.1 Проверка разброса значений, полученных по всем точкам измерения

На основании результатов по разделам 1 и 2 для каждого дискретного значения скорости v_m (с шагом приращения 10 км/ч) и применительно к категории транспортных средств m ($m=1$ или $2b$) получают обобщенные взвешенные по шкале А показатели уровня звука проходящих автомобилей, измеренного в различных –

(по крайней мере) пяти – точках k ($k = 1, 2, \dots$): $L_{k,m}(v_m)$. Некоторые из имеющихся для конкретной скорости показателей могут быть квалифицированы как «достоверные» исходя из 95-процентного доверительного интервала с учетом пределов, указанных в разделе 2. Затем применительно к каждому значению скорости проверяют, не превышает ли – для этих достоверных показателей – разброс (в диапазоне от минимума до максимума) значений, полученных по различным точкам измерения, 2,0 дБ(А). Если такой разброс выше, то точка, в которой зарегистрировано значение, резко отклоняющееся от среднего значения, квалифицируемого как достоверное, не должна приниматься в расчет для рассматриваемой категории транспортных средств. При необходимости данную процедуру повторяют до тех пор, пока разброс не составит меньше 2,0 дБ(А). Если в итоге число точек измерения оказывается меньше пяти, то этого уже недостаточно для определения корректировочного коэффициента дорожного покрытия, что диктует необходимость в дополнительных (новых) данных измерений.

В таблице 3 в качестве примера приводятся усредненные уровни звука $L_{k,m}(v_m)$ по результатам измерения в шести точках, указанные в колонках (в зависимости от скорости), а в таблице 4 – соответствующие значения $\Delta 95\%ci_{k,m}(v_m)$ (половинный 95-процентный доверительный интервал). Величины, квалифицируемые как «достоверные», выделены в таблице 3 зеленым цветом. Совершенно очевидно, что на скоростях 80 и 90 км/ч разброс выделенных зеленым цветом значений по всем точкам измерения превышает 2,0 дБ(А) и что значения в точке 6 (красная рамка) резко отклоняются от средних показателей, выделенных зеленым цветом. Поэтому для целей определения корректировочного коэффициента дорожного покрытия применительно к рассматриваемой категории транспортных средств точку измерения исключают.

Таблица 3

Пример результатов измерения $L_{k,m}(v_m)$ в шести точках с проверкой разброса полученных значений и расчетом взвешенного среднего $L_{mean,m}(v_m)$ по всем точкам измерения

Скорость v_m [км/ч]	$L_{i,m}(v_m)$ Усредненные уровни звука $L_{A,max}$ проходящих автомобилей для точки измерения i и категории транспортных средств $t = 1$ (легковые автомобили)						$L_{mean,m}(v_m)$ Взвешенное среднее по всем точкам измерения
	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6	
30	60,32	59,78	59,28	58,40	57,55	61,10	58,84
40	62,95	62,60	62,32	61,10	60,80	64,60	61,68
50	65,64	65,70	65,50	63,41	63,82	67,46	64,36
60	68,26	68,30	68,41	66,09	66,40	70,22	66,78
70	70,20	70,08	70,68	68,36	68,40	72,56	68,66
80	71,71	71,78	72,26	70,32	70,22	74,58	70,58
90	73,04	73,29	73,65	72,05	71,83	76,36	72,43
100	74,23	74,63	74,89	73,60	73,26	77,96	74,23
110	75,30	75,85	76,01	75,00	74,56	79,40	75,62
120	76,28	76,96	77,04	76,28	75,75	80,72	76,78
130	77,19	77,98	77,98	77,45	76,97	81,93	77,75

Таблица 4

Пример значений $\Delta 95\% ci_{k,m}(v_m)$ (половинный 95-процентный доверительный интервал) для данных из таблицы 3

Скорость v_m [км/ч]	$\Delta 95\% ci_{k,m}(v_m)$ Половинный 95-процентный доверительный интервал для $L_{i,m}(v_m)$						$\Delta 95\% ci_{mean,m}(v_m)$ для $L_{mean,m}(v_m)$
	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5	Точка 6	
30	1,62	1,44	1,55	1,21	1,19	1,05	0,6
40	1,48	1,24	1,32	0,99	0,97	0,79	0,5
50	1,31	1,03	1,17	0,69	0,79	0,58	0,4
60	1,15	0,82	1,02	0,47	0,45	0,37	0,3
70	0,85	0,63	0,86	0,30	0,23	0,35	0,2
80	0,60	0,46	0,67	0,19	0,25	0,28	0,1
90	0,40	0,32	0,51	0,20	0,29	0,30	0,1
100	0,25	0,22	0,37	0,29	0,43	0,35	0,1
110	0,23	0,19	0,26	0,39	0,80	0,42	0,1
120	0,41	0,39	0,24	0,54	0,97	0,53	0,2
130	0,53	0,51	0,30	0,59	1,20	0,62	0,2

4.2 Определение взвешенного среднего по всем точкам измерения

Для каждой категории транспортных средств m по (не менее пяти) усредненным показателям уровня звука $L_{k,m}(v_m)$, полученным в различных точках измерения k на скорости v_m (с шагом приращения 10 км/ч), рассчитывают взвешенное среднее $L_{mean,m}(v_m)$ по нижеуказанной формуле:

$$L_{mean,m}(v_m) = \frac{\sum_i \frac{L_{k,m}(v_m)}{\Delta 95\% ci_{k,m}(v_m)^2}}{\sum_i \frac{1}{\Delta 95\% ci_{k,m}(v_m)^2}} \quad (4)$$

В этой формуле $\Delta 95\% ci_{k,m}(v_m)$ представляет собой половинный 95-процентный доверительный интервал при измерении в точке k и для категории транспортных средств m . Соответственно, от величины этого доверительного интервала зависит, в какой мере результат, полученный в той или иной точке измерения, учитывается при расчете среднего показателя. Для целей определения среднего показателя $L_{k,m}(v_m)$ подходят все значения, а не только значения, квалифицируемые согласно разделу 4.1 как «достоверные». Чем меньше доверительный интервал, тем в меньшей степени соответствующие значения будут учитываться при расчете среднего показателя.

Для взвешенного среднего значений, полученных по всем точкам измерения на скорости v_m ($L_{mean,m}(v_m)$), также определяют соответствующий половинный доверительный интервал ($\Delta 95\% ci_{mean,m}(v_m)$); расчет производят по следующей формуле:

$$\Delta 95\% ci_{mean,m}(v_m) = \frac{1}{\sqrt{\sum_i \frac{1}{\Delta 95\% ci_{k,m}(v_m)^2}}} \quad (5)$$

В примерах, приведенных в таблицах 3 и 4, значения $L_{mean,m}(v_m)$ и $\Delta 95\% ci_{mean,m}(v_m)$ указаны в последней колонке.

4.3 Регрессионный анализ

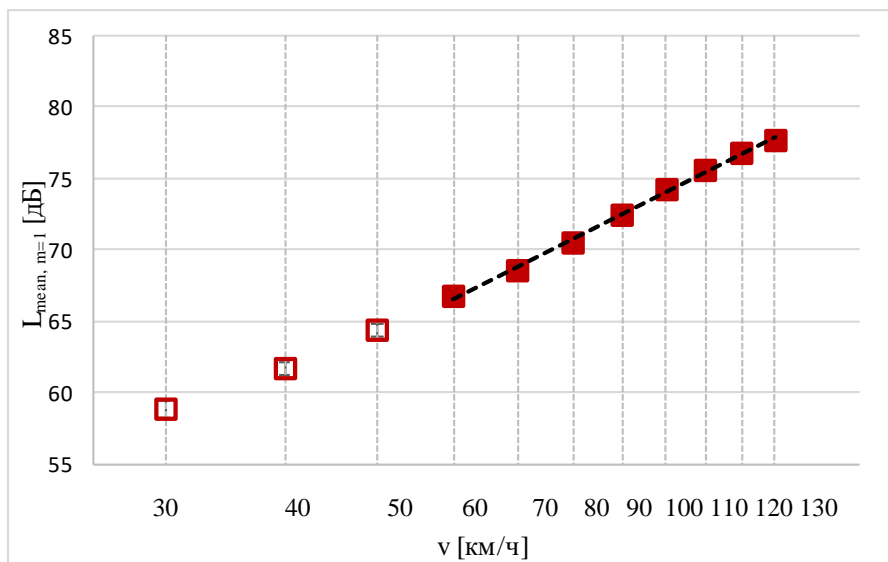
На основе средних значений, полученных по всем точкам измерения при дискретных значениях скорости (с шагом приращения 10 км/ч), для каждой категории транспортных средств m можно вывести зависимость обобщенного взвешенного по шкале А уровня звука от логарифма скорости; линейная регрессия приобретает вид $a_m + b_m \log(v/v_{0,m})$. Линейный регрессионный анализ проводят на основе только тех средних значений, которые отвечают ниже следующим критериям:

- i) легкие транспортные средства ($m = 1$): диапазон скоростей 30–130 км/ч и $\Delta 95\%ci_{mean,m}$ (после округления до одного десятичного знака) $\leq 0,3$;
- ii) многоосные тяжелые транспортные средства ($m = 2b$): диапазон скоростей 30–100 км/ч и $\Delta 95\%ci_{mean,m}$ (после округления до одного десятичного знака) $\leq 0,8$.

Согласно примеру, приведенному в таблице 3, выделенные красным цветом значения $L_{mean,m}(v_m)$ для диапазона скоростей 30–50 км/ч при построении линии регрессии, показанной на рис. 2, исключаются.

Рис. 2

Пример результатов измерения $L_{mean,m}(v)$ по всем точкам с регрессионной зависимостью от логарифма скорости (v/v_0) для легковых автомобилей ($m = 1, v_0 = 80$ км/ч). С опорой на значения $\Delta 95\%ci_{mean,m}(v)$, взятые из таблицы 4, значения $L_{mean,m}(v_m)$ для диапазона скоростей 30–50 км/ч при построении линии регрессии исключаются



4.4 Определение исходного корректировочного коэффициента дорожного покрытия по разности со значениями для эталонной дорожной поверхности

По разности значений a_m и b_m , указанных в разделе 4.3, и значений $a_{ref,m}$ и $b_{ref,m}$ для эталонной дорожной поверхности получают значения ΔL_m и τ_m , которые служат для определения исходного корректировочного коэффициента дорожного покрытия ($C_{initial}$):

$$\Delta L_m = a_m - a_{ref,m} \quad (6a)$$

$$\tau_m = b_m - b_{ref,m} \quad (6b),$$

при

$$a_{ref,1} = 77,2 \text{ и } b_{ref,1} = 30,6 \text{ для легковых автомобилей } (m = 1) \text{ и}$$

$$a_{ref,2b} = 84,4 \text{ и } b_{ref,2b} = 27,0 \text{ для тяжелых транспортных средств } (m = 2b).$$

Значения ΔL_m и τ_m служат для определения исходного корректировочного коэффициента дорожного покрытия $C_{initial,m}$ по следующей формуле:

$$C_{initial,m}(v_m) = \Delta L_m + \tau_m \log(v_m/v_{0,m}) \quad (7)$$

4.5 Диапазон скоростей, для которого исходный корректировочный коэффициент дорожного покрытия применим

В разделе 4.2 приводится формула расчета величины 95-процентного доверительного интервала $\Delta 95\%ci_{mean,m}(v_m)$ взвешенного среднего $L_{mean,m}(v_m)$ значений,

полученных по всем точкам измерения. Исходный корректировочный коэффициент дорожного покрытия применим только к тем значениям скорости, для которых $\Delta 95\%ci_{mean,m}(v_m)$, после округления до одного десятичного знака, не превышает 0,1 в случае легковых автомобилей ($m = 1$) и составляет не более 0,4 дБ(А) в случае тяжелых транспортных средств ($m = 2b$). В целом же диапазон скоростей, к которому применим корректировочный коэффициент дорожного покрытия, будет являться различным для легковых автомобилей и тяжелых транспортных средств. В примерах, приведенных в таблицах 3 и 4, исходный корректировочный коэффициент дорожного покрытия применим к диапазону скоростей 80–110 км/ч.

4.6 Показатель снижения шума (СШ) для определенного типа дорожного полотна

Применительно к показателю снижения шума (СШ) для определенного типа дорожного полотна (объединенные в группу аналогичные дорожные поверхности) коэффициент $C_{initial}$ легковых автомобилей, проходящих на скорости 80 км/ч, имеет знак минус:

$$СШ = -C_{initial, m=1} (v = 80 \text{ км/ч}) \text{ в дБ(А)} \quad (8)$$

Приложение III

Определение сопротивления заносу

Сопротивление заносу (CЗ) надлежит определять при скорости 70 км/ч по процедуре, подробно изложенной в настоящем приложении. Допускается использование других методов при условии, что они обеспечивают получение тех же результатов, причем в пределах точности, присущей исходному методу.

Для целей конкурсного распределения подрядов, т. е. до начала укладки дорожного полотна, за основу могут браться ориентировочные величины сопротивления заносу, полученные путем испытания на станции. Однако решающее значение имеют величины, характеризующие реальную эксплуатационную эффективность и определенные в соответствии с настоящим приложением.

Сопротивление заносу (SR) определяется как продольный коэффициент трения (COF) между мокрой дорожной поверхностью и шиной, определяемый при скорости 70 км/ч с использованием стандартной измерительной шины и стандартного устройства измерения коэффициента сцепления после применения соответствующих поправок в соответствии с процедурами, изложенными в данном приложении.

1. Система измерения

Система измерения состоит из тягача, содержащего контроллер и систему сбора данных, а также систему водоснабжения, соединенную с измерительной тележкой, отвечающей CEN/TS 15901-9:2009 или эквивалентному стандарту. Тележка оснащена измерительным колесом, ось которого параллельна дорожной поверхности и перпендикулярна направлению движения. Измерительное колесо сообщается с одним из несущих колес тележки прицепа с помощью одноступенчатой передачи. К измерительному колесу применяют коэффициент проскальзывания 86%, означающий, что окружная скорость измерительного колеса составляет 14% от скорости свободно вращающихся несущих колес (имеющих ту же окружность, что и измерительное колесо).

На измерительном колесе устанавливают гладкую измерительную шину ВДА (165 R 15), накачанную до 200 ± 10 кПа. Измерительные шины следует использовать не позднее чем через 12–36 месяцев с даты их изготовления. До первого применения измерительная шина должна быть подвернута не менее чем 25-километровой обкатке на участке с дорожным покрытием с КЗ 0,40–0,60. Шины не должны использоваться в случае повреждения или чрезмерного износа (глубина индикатора износа менее 2 мм).

Измерительное колесо нагружают при помощи системы пружинного амортизатора такой массой, чтобы статическая нормальная сила (F_{Nst}), измеряемая в горизонтальной плоскости, составляла $1\,962 \pm 9,81$ Н.

В результате трения на катящуюся по дорожной поверхности измерительную шину действует динамическая продольная сила (F_x), которую измеряют при помощи преобразователя силы с погрешностью не более 0,2% и максимальным отклонением 9,81 Н. Эту силу надлежит измерять и регистрировать по меньшей мере один раз за каждые пройденные 0,5 м.

Система наносит на дорожную поверхность водяную пленку (выпускное отверстие форсунки находится на расстоянии 0,41 м перед осью измерительной шины) шириной не менее 0,15 м и номинальной толщиной 0,5 мм, рассчитанных на теоретической гладкой поверхности без текстуры. Система измеряет средний расход воды и среднюю скорость движения во время измерения трения. Если средний расход воды отличается более чем на 10% от теоретического значения для средней скорости движения, то это следует отметить в результатах измерения.

Если количество воды в резервуаре тягача настолько существенно влияет на крен транспортного средства (и, следовательно, на силу трения F_x), что COF может измениться более чем на 0,01, то COF нуждается в корректировке. При определении

этой корректировки (c_w) во внимание необходимо принять характеристики подвески транспортного средства-тягача.

Погрешность измерения пройденного расстояния не должна превышать 1%.

2. Выполнение измерений

В целях маркировки дорожной поверхности измерения должны выполняться для каждой полосы, указанной заказчиком (но, по крайней мере, для полосы медленного движения). Для стран с правосторонним движением измерения должны выполняться по траектории правого колеса, т. е. центр измерительного колеса должен находиться на расстоянии 0,6 м влево от внутренней стороны маркировки правой полосы. Для стран с левосторонним движением измерения должны выполняться по траектории левого колеса, т. е. центр измерительного колеса должен находиться на расстоянии 0,6 м вправо от внутренней стороны маркировки левой полосы.

Для целей маркировки дорожной поверхности измерение трения для приемочных испытаний дорожного покрытия должно выполняться либо через 24 часа после открытия движения, либо в период между 6 и 20 неделями после открытия движения.

Для целей маркировки дорожной поверхности измерения должны выполняться при скорости $70 \pm 3,5$ км/ч. Для других целей могут использоваться иные значения скорости с точностью $\pm 5\%$. Если отклонение скорости превышает предусмотренную величину, то его указывают в результатах измерения.

В начале измерительного участка температура измерительной шины должна быть стабильной. Для этого измерительную шину следует разогреть путем обеспечения ее контакта со смоченной дорожной поверхностью на участке, предшествующем измерительному участку, как это указано в таблице 1.

Таблица 1

Длина участка прогрева в зависимости от времени, истекшего с момента последнего измерения

Время, истекшее с момента последнего измерения	Длина участка прогрева
$T < 10$ минут	≥ 100 м
$10 \leq T < 20$ минут	≥ 300 м
$20 \leq T < 30$ минут	≥ 500 м
$T \geq 30$ минут	$\geq 1\,000$ м

Показания температуры воздуха и дорожной поверхности дороги следует снимать на каждом участке измерения или не реже двух раз в день с точностью до 1°C .

Измерения не проводят при температуре воздуха ниже 2°C или выше 30°C или температуре дорожной поверхности ниже 2°C или выше 45°C .

4. Расчет

4.1 Измеренный коэффициент трения

Измеренный коэффициент трения (COF_{meas}) определяют путем:

$$\text{COF}_{\text{meas}} = A + B * ((F_x + c_w) / F_{Nst}),$$

где:

F_x = измеренное значение продольной силы трения, действующей на измерительное колесо [Н],

c_w = поправка на крен транспортного средства-тягача, определенная исходя из количества воды в резервуаре [Н],

F_{Nst} = статическая нормальная сила (1 962 Н),

A, B = корректировочные константы в зависимости от категории дорожной поверхности («пористая» или «плотная», см. ниже) с учетом различий

между измерительными шинами ВДА различных годов изготовления. В случае шин, изготовленных в 2016 году, для «пористых» поверхностей $A = 0$ и $B = 1$, а для «плотных» $A = 0,110$ и $B = 0,830$. Для других лет константы определяют статистическим сравнением с шинами 2016 года. (В действительности используемые в настоящее время коррективы можно отследить до 1998 года).

«Пористые» поверхности способны отводить воду под дорожную поверхность через основную часть поверхностного слоя. К ним относятся пористый асфальт, бесшумные тонкие поверхностные покрытия с пустотностью более 14% и пористый цементный бетон. «Плотные» поверхности могут отводить воду только в макроструктуру поверхности. К ним относятся асфальтовый бетон, щебеночно-мастичный асфальт, цементный бетон, битумная мастика и щебеночные уплотнения.

Коэффициент COF_{meas} должен рассчитываться до трех десятичных знаков по крайней мере один раз за каждые пройденные 0,5 м. На основе этих значений на каждые 100 м выполняют расчет среднего значения COF_{meas} для 5 м и 100 м до трех десятичных знаков.

4.2 Сезонная корректировка

Среднее значение COF_{meas} для 5 м и 100 м может быть скорректировано для учета сезонных изменений с использованием следующей формулы:

$$COF_{season} = COF_{meas} - 0.022 * \sin\left(\left(\frac{360}{365}\right) * (N_{day} + 60)\right),$$

где:

COF_{season} = COF , скорректированный с учетом сезонных факторов [-]

0,022 = амплитуда сезонного влияния [-]

N_{day} = номер дня, соответствующий дате выполнения измерения в течение года (1 января – 1-й день, 1 февраля – 32-й день и т. д.)

60 = фазовый сдвиг в днях

Аргумент синусоидальной функции измеряется в градусах.

COF_{season} рассчитывают до трех десятичных знаков.

4.3 Определение SR

Для маркировки новых дорожных поверхностей, которые находятся в эксплуатации не более 12 месяцев, SR определяют как COF_{meas} , рассчитываемый согласно разделу 4.1.

Для маркировки дорожных поверхностей, которые находятся в эксплуатации более 12 месяцев, SR определяют, как COF_{season} , рассчитываемый согласно разделу 4.2.

5. Представление результатов

Результаты представляют из расчета на участок протяженностью 100 м; они должны включать следующее.

Общие данные:

- место измерения (дорога, проезжая часть, полоса, поперечное положение в пределах полосы, измерение расстояния мерной цепью или длина от установленной нулевой точки);
- направление измерения относительно нормального направления движения, если они не совпадают;
- категория дорожной поверхности, включая отметку «пористая» (пористый асфальт, бесшумные тонкие поверхностные покрытия с пустотностью более 14% и пористый цементный бетон) или «плотная» (асфальтовый бетон, щебеночно-мастичный асфальт, цементный бетон, битумная мастика и щебеночные уплотнения);

- дата измерения (время необязательно) и номер измерения для этой даты или в рамках проекта;
- целевая скорость движения;
- отметка о том, применялась сезонная корректировка или нет;
- измеренная температура воздуха;
- измеренная температура дорожной поверхности;
- отметка о том, отклонялся ли средний расход воды и/или средняя скорость движения от целевых значений больше, чем это предусмотрено в разделах 2 и 3 выше.

Данные по трению:

- средний SR (COF_{meas} или COF_{season}) для каждого участка протяженностью 100 м, округленный до двух десятичных знаков;
- средний SR (COF_{meas} или COF_{season}) для каждого участка протяженностью 5 м (ниже порогового значения, указанного заказчиком), округленный до двух десятичных знаков.

Данные, которые являются постоянными по всем 100-метровым участкам, которые являются смежными и образуют протяженность измеренной длины, могут быть представлены для этой измеренной длины единожды.

Если длина измерения не является целым числом, кратным 100 м, то оставшийся(ие) более короткий(ие) участок(участки) в начале и/или в конце измеренной длины расценивается(ются) как 100-метровый(ые) участок(участки).

6. Точность

6.1 Калибровка

Систему проверяют и калибруют по следующим аспектам не реже одного раза в год и по мере необходимости:

- статическая калибровка преобразователя силы трения;
- статическая калибровка тележки для определения сопротивления заносу на калибровочной площадке (горизонтальная сила на измерительном колесе);
- статическая вертикальная калибровка нагрузки на колесо;
- калибровка расстояния;
- калибровка расходомера воды.

6.2 Межлабораторные испытания

Точность (повторяемость и отклонение от среднего по группе) измерительных систем необходимо подтверждать не менее 5 раз в год в рамках межлабораторных испытаний с использованием, по меньшей мере, еще одной подобной измерительной системы. Повторяемость – это показатель расхождений между повторными прогонами на одном участке дороги для одной системы с одной и той же шиной и водителем в пределах коротких промежутков времени (менее получаса). Отклонение от среднего по группе является мерой смещения системы относительно группы систем.

В рамках межлабораторных испытаний испытывают два прямых измерительных участка (один с плотной поверхностью и один с пористой), протяженностью 500 м каждый, с использованием трех различных измерительных шин в каждой измерительной системе. Для каждого участка все системы должны сначала выполнить «восстановительный» измерительный прогон, никакие из результатов которого не используются. После «восстановительных» прогонов все системы выполняют четыре измерительных прогона с первой шиной на обоих участках, затем четыре прогона на обоих участках со второй шиной, а затем четыре прогона с третьей шиной.

Для каждой комбинации «участок-система-шина» повторяемость определяется как умноженный на 2,77 квадратный корень среднего значения – по всем пяти 100-метровым участкам – для расхождений COF_{meas} по всем четырем прогонам из расчета на 100-метровый участок. Эта повторяемость должна быть $\leq 0,040$.

Кроме того, для каждой комбинации «участок-система-шина» определяют среднее значение (COF_{sys}) COF_{meas} на протяжении всех 500 м и всех пяти прогонов. Кроме того, вычисляют среднее значение (COF_{ave}) по всем комбинациям «система-шина» для каждого участка с учетом только тех комбинаций «система-шина», которые соответствуют требованиям повторяемости. Для обоих участков отклонение от среднего по группе ($|COF_{sys} - COF_{ave}|$) должно составлять $\leq 0,020$.

Для каждого отдельно взятого участка комбинация «система-шина», которая не отвечает требованиям для максимального отклонения от среднего значения группы, исключается из расчета COF_{ave} , начиная с комбинации «система-шина» с наибольшим отклонением. После этого шага должен быть сделан новый расчет, и вышеуказанную процедуру повторяют до тех пор, пока все оставшиеся комбинации «система-шина» не будут соответствовать требованиям. Если более половины комбинаций «система-шина» не отвечают требованиям, то необходимо выполнить новый раунд межлабораторных испытаний.

Если комбинация «участок-система-шина» не соответствует ни одному из требований (повторяемость и отклонение от среднего по группе), то комбинация «система-шина» не должна использоваться для измерений на дорожной поверхности данной категории (плотной или пористой) на этом участке.

Приложение IV

Определение уровня снижения сопротивления качению

Уровень снижения сопротивления качению (ССК) надлежит определять при скорости 80 км/ч по процедуре, подробно изложенной в настоящем приложении. Допускается использование других методов при условии, что они обеспечивают получение тех же результатов, причем в пределах точности, присущей исходному методу.

Для целей конкурсного распределения подрядов, т. е. до начала укладки дорожного полотна, за основу могут браться ориентировочные величины снижения сопротивления качению, полученные путем испытания на станции. Однако решающее значение приобретают величины, характеризующие реальную эксплуатационную эффективность и определенные в соответствии с настоящим приложением.

1. Процедура определения уровня снижения сопротивления качению

Уровень снижения сопротивления качению (ССК) представляет собой разность между исходным коэффициентом сопротивления качению (КСК) и КСК дорожной поверхности, подлежащей оценке. Под коэффициентом сопротивления качению понимается соотношение горизонтальной и вертикальной сил, и, соответственно, физической единицей его измерения является ньютон/ньютон. Для облегчения понимания он выражается здесь – как это общепринято в международной практике – в килограмм–сила/тонна–сила (кг/т).

Исходный коэффициент сопротивления качению определяют на «виртуальной» эталонной дорожной поверхности, представляющей собой либо щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА), либо пористый асфальтобетон, в обоих случаях при максимальной крупности зерен заполнителя 11 мм.

Существуют два метода определения уровня снижения сопротивления качению:

- i) непосредственное измерение сопротивления качению применительно как к покрытию, подлежащему оценке, так и эталонной поверхности, с расчетом величины ССК; и
- ii) оценка уровня снижения сопротивления качению на основе результатов измерений текстуры поверхности.

Для получения наиболее точных результатов предпочтительнее использовать метод непосредственного измерения сопротивления качению. Однако устройства непосредственного измерения являются менее доступными по сравнению с приборами для измерений текстуры поверхности. Выбор конкретного метода оставляется на усмотрение подрядчика, подающего заявку на маркировочное обозначение дорожной поверхности.

2. Непосредственные измерения сопротивления качению

2.1 Метод измерения

Непосредственное измерение сопротивления качению для реальной дорожной поверхности проводят с использованием специальных измерительных прицепов. Сопротивление испытываемого(ых) колеса (колес) качению измеряют при движении транспортного средства с нормальной скоростью. В процессе прогона измерительная система производит замер воздействующего на катящуюся шину усилия отвода (например, при помощи датчиков силы или путем точного измерения угла наклона вращающегося подвеса).

Соответствующего стандарта на проведение измерений (например, ИСО, ЕКС) пока не существует. Поэтому для определения того, к какому классу (для целей маркировки) по уровню снижения сопротивления качению будет отнесено покрытие,

в принципе можно использовать любое устройство измерения сопротивления качению, но при условии соблюдения следующих требований:

- измерения должны проводиться с использованием СЭИШ (стандартная эталонная испытательная шина) [ASTM F2493-18]. Для резины значения твердости H_A (по Шору А) должны находиться в пределах 62–73 единиц при температуре 23 °С. Нагрузка на шину должна составлять 400 ± 40 кг. Период обкатки шин должен составлять не менее 400 км для прицепа либо 200 км для четырехколесного механического транспортного средства. Минимальная глубина рисунка протектора должна составлять 70% глубины протектора новой шины;
- надлежит непрерывно регистрировать температуру шин посередине боковины шины. Результаты измерений подлежат температурной коррекции с соблюдением указанных ниже процедур. Факультативно допускается регистрация значений температуры воздуха и дорожного покрытия;
- перед началом измерений шину разогревают, пока температура боковины шины не стабилизируется. В процессе прогона регулируют давление в шине для поддержания его на уровне 210 ± 10 кПа;
- скорость во время измерений должна быть стабильной; разрешенная скорость составляет 80 ± 1 км/ч. Данные замеров, полученные при других значениях номинальной скорости, подлежат корректировке по репрезентативному значению при 80 км/ч. Применяемые поправочные коэффициенты заносят в протокол;
- в случае больших уклонов ($>2\%$), крутых поворотов и проч. результаты измерений не учитывают. Поправки на паразитные помехи должны быть минимальными за счет устранения, насколько это возможно, таких помех. Для компенсации воздействия на результаты измерений уклонов, ветра и ускорения прибегают к процедурам корректировки;
- дорожная поверхность, на которой проводят измерения, должна быть сухой и чистой (без грязи);
- измерения допускается проводить при температуре воздуха 5–35 °С;
- желательно, чтобы протяженность измерительного участка дорожного полотна составляла не менее 400 м. В противном случае допускается усреднение результатов нескольких прогонов, однако минимальное пройденное расстояние должно составлять 400 м. Минимальная протяженность измерительного участка дорожного полотна – 50 м;
- измерения должны проводиться на новых, однако уже «обкатанных» (2–24 месяца) дорожных поверхностях;
- как правило измерения проводятся по центру расстояния между следами колес при помощи мерного ролика. Отклонения от траектории подлежат указанию.

2.2 Эталонная дорожная поверхность

Для сведения к минимуму влияния системных погрешностей, связанных с используемыми измерительными системами, уровень снижения сопротивления качению рассчитывают как снижение сопротивления по отношению к «виртуальной» эталонной дорожной поверхности, представляющей собой щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) [EN 13108-5] либо пористый асфальтобетон [EN 13108-7], при максимальной крупности зерен заполнителя 11 мм. Используемая для замеров измерительная система также должна производить измерение сопротивления качению этой эталонной дорожной поверхности гранулометрического состава 0/11 для получения применительно к данной конкретной системе контрольного результата измерения.

Замеры сопротивления качению эталонных дорожных поверхностей гранулометрического состава 0/11 должны проводиться по крайней мере:

- ежегодно минимум на пяти различных контрольных участках дорожного полотна гранулометрического состава 0/11 протяженностью не менее 400 м. Эти участки должны находиться в полной исправности и иметь эксплуатационную «наработку» 2–60 месяцев. Для обеспечения долгосрочной (многолетней) устойчивости результатов рекомендуется поддерживать такую контрольную группу участков в как можно более стабильном состоянии и заменять по сравнению с последним контрольным замером максимум 25% соответствующих участков. Среднее значение, полученное для данной группы участков дорожного полотна, используют при расчете параметров «виртуальной эталонной дорожной поверхности»;
- раз в сутки на одном из вышеуказанных контрольных участков всякий день, когда используется измерительная система. Результат такого «ежесуточного измерения эталонной дорожной поверхности» подлежит сопоставлению с более ранними замерами, проведенными на этом же дорожном покрытии в ходе последнего апробирования «виртуальной эталонной дорожной поверхности». Периодическую (посуточную) калибровку измерительной системы производят на основе отклонений, не превышающих 0,5 кг/т. Если же отклонения составляют более 0,5 кг/т, то результаты последующих измерений не учитываются, и надлежит устранить обусловившие данное отклонение причины за счет проверки, ремонта или регулировки измерительной системы либо исключения этой эталонной дорожной поверхности из группы «виртуальных эталонных дорожных поверхностей». В последнем случае подбирают и используют другую «эталонную дорожную поверхность для ежесуточного измерения».

2.3 Толкование результатов измерений

Поскольку исходные величины получены, как правило, при различных условиях окружающей среды, надлежит скорректировать все измеренные значения с учетом контрольной температуры боковины шины, составляющей 25 °С. Результат измерения с поправкой на температуру определяют по следующей формуле:

$$1) \quad \text{КСК}_{\text{Тшины, скорр.}} = \text{КСК}_{\text{нескорр.}} - 0,17 \cdot (25 - T_{\text{бок.шины}})$$

Маркировочную величину снижения сопротивления качению (ССК; англ. – RRR) для конкретного дорожного покрытия рассчитывают следующим образом:

$$2) \quad \text{ССК}_{\text{марк.}} = \frac{\text{КСК}_{\text{Тшины, скорр., контр. дорожн. поверхность}}}{\text{КСК}_{\text{Тшины, скорр., испыг. дорожн. поверхность}}}$$

Полученные величины округляют до одного десятичного знака.

3. Оценка уровня снижения сопротивления качению на основе результатов измерений текстуры поверхности

3.1 Метод измерения

Измерение текстуры реальной дорожной поверхности проводят при помощи измерительной системы, отвечающей предъявляемым стандартом ISO 13473-3 требованиям класса D – по разрешению в вертикальной плоскости (т. е. от 0,03 мм) и класса E – по диапазону длины волн (т. е. свыше 200 мм).

Обработку первичного текстурного профиля производят в соответствии со стандартом ISO 13473-1 для получения таких параметров текстуры, как средняя глубина профиля (СП) и среднеквадратичное значение (СКЗ) как они определены в указанном стандарте ISO 13473-1.

Полученные текстурные параметры профиля усредняют по всей длине полотна дороги для получения репрезентативного результата, который может быть использован при оценке сопротивления качению. Протяженность измерительного участка дорожного полотна должна составлять не менее 400 м. В противном случае допускается усреднение результатов нескольких прогонов, однако минимальное пройденное расстояние должно составлять 400 м.

3.2 Толкование результатов измерений

Для расчета маркировочной величины снижения сопротивления качению используют следующую типовую формулу:

$$3) \quad \text{ССК}_{\text{марк.}} = -1,47 \cdot \text{СГП} + 0,24 \cdot \frac{\text{СГП}}{\text{СКЗ}} + 1,99$$

Следует отметить, что эта типовая формула действительна только для стандартных асфальтовых дорожных покрытий и значений СГП в диапазоне 0,4–2,3 мм. Применимый диапазон СКЗ-значений составляет от 0,3 до 1,7 мм.

Полученные величины снижения сопротивления качению округляют до одного десятичного знака.

Приложение V

Определение срока службы

Методология определения срока службы, включая соответствующие критерии, характеризующие состояние поверхности дороги, должны оговариваться в рамках подрядных требований, предъявляемых к укладке дорожных покрытий, причем отдельно для стадии конкурсного распределения подрядов и для предусмотренного подрядным договором гарантийного периода, поскольку единой унифицированной методики определения срока службы не существует. Это продиктовано следующим:

- степень разрушения/износа дорожной поверхности в значительной степени зависит от таких связанных с проектами факторов, как климатические условия, возможности дренажа и транспортный поток (интенсивность движения, весовая нагрузка, скорость, выполнение маневров, аварийность);
- критерии, по которым определяется приемлемость состояния поверхности дороги (серьезность и распространенность таких дефектов полотна, как неровности, растрескивание, выбоины, изнашивание, деформация швов и т. д.), могут различаться в зависимости не только от категорий дорог (автомагистрали – сельские дороги), но также от типов покрытия, стран, регионов или дорожных служб;
- четко спрогнозировать срок службы дорожного покрытия на этапе до или непосредственно после его укладки не представляется возможным, ибо не существует методики, позволяющей точно предсказать динамику деградации дорожного полотна и суммарный транспортный поток; поэтому заказчику необходимо затребовать конкретное обоснование заявляемого предположительного срока службы.

На стадии конкурсного распределения подрядов заказчик может указать, какая именно информация запрашивается от подрядчика в обоснование заявляемого им срока службы дорожного полотна, подлежащего укладке.

Что касается предусмотренного подрядным договором гарантийного периода, то здесь заказчик может конкретно оговорить критерии, по которым определяется приемлемость состояния поверхности дороги.

Приложение VI

Формат маркировочного обозначения

Маркировочное обозначение дорожной поверхности должно схематически соответствовать приведенному ниже примеру, где черные стрелки указывают надлежащий класс применительно к каждому из показателей эффективности.

