



---

## **Европейская экономическая комиссия**

Комитет по внутреннему транспорту

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

Рабочая группа по вопросам шума

**Шестьдесят восьмая сессия**

Женева, 12–14 сентября 2018 года

Пункт 11 предварительной повестки дня

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

### **Справочная информация по проекту резолюции о маркировке дорожных поверхностей**

**Представлено экспертом от Нидерландов\***

В настоящем документе приводится справочная информация по проекту резолюции о маркировке дорожных поверхностей – Руководящие принципы определения показателей эффективности и классификации покрытий дорожной поверхности (ECE/TRANS/WP.29/GRB/2018/8).

---

\* 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 в целях улучшения характеристик транспортных средств. Настоящий документ представлен в соответствии с этим мандатом.



# Справочная информация относительно резолюции о маркировке дорожных поверхностей – Руководящие принципы определения показателей эффективности и классификации покрытий дорожной поверхности

## Содержание

	<i>Стр.</i>
1. Введение .....	2
2. Польза и необходимость: доступность, безопасность, комфортность, надежность, долговечность и экономичность .....	4
3. Область применения .....	6
4. Рассмотрение общей концепции и примеров маркировки дорожной поверхности .....	6
4.1 Общие положения .....	6
4.2 Снижение шума .....	8
4.3 Сопротивление заносу на мокрой поверхности .....	9
4.4 Сопротивление качению .....	10
4.4.1 Общие положения .....	10
4.4.2 Примеры измерительных систем и практических процедур анализа .....	10
4.4.3 Справочная информация относительно зависимости сопротивления качению от текстуры поверхности .....	12
4.5 Срок службы .....	12
5. Библиография .....	13

## 1. Введение

- 1.1 Определение показателей, характеризующих эксплуатационную эффективность верхнего слоя дорожных покрытий в плане охраны окружающей среды (шум от сцепления шин с дорожным полотном), безопасности (сопротивление заносу), энергоэффективности (сопротивление качению) и эксплуатационной долговечности, обусловлено необходимостью решения ряда задач, связанных, в частности, с техническими заданиями на выполнение подрядных договоров, сопоставлением различных дорожных поверхностей и усовершенствованием дорожных одежд. Ввиду существования нескольких различных методик характеристики наблюдается необходимость в согласованном методе классификации на базе доступных для понимания показателей, по аналогии с маркировкой эффективности, предусмотренной для целого ряда потребительских товаров. Особую значимость и актуальность в данной связи имеет маркировка пневматических шин, регламентируемая директивой 1222/2009/ЕС Европейской комиссии. В настоящем документе приводится справочная информация по резолюции о маркировке дорожных поверхностей (TRANS/WP.29/GRB/2018/8). Рекомендуемая маркировка дорожной поверхности дополняет существующую маркировку шин.
- 1.2 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 населением. Кроме того, оно еще больше подчеркивает референс на решение

социальных и стратегических задач, равно как способствует повышению степени информированности общественности относительно эксплуатационной эффективности дорожного покрытия. Глубинный смысл маркировочного обозначения дорожной поверхности – стимулировать проектированию, прокладку и обустройство более качественных дорог с меньшими издержками для общества.

- 1.3 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.
- 1.4 В настоящем документе 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:
- снижение дорожного шума;
  - сопротивление заносу на мокрой поверхности;
  - сопротивление качению;
  - срок службы.
- 1.5 Первые три показателя эффективности дорожного покрытия характеризуют взаимодействие между шинами и дорожным полотном, а посему зависят от свойств шин и условий окружающей среды. Поэтому 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, стандартизированы либо ограничены заданным диапазоном, а на случай отклонений должны быть предусмотрены поправочные коэффициенты.
- 1.6 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.
- 1.7 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.
- 1.8 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.

1.9 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. Поэтому 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.

## 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
Надежность	Показатель экологичности
Доступность, эксплуатационная готовность	Срок службы
Экономичность	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, ну а в плане как надежности (выбросы CO<sub>2</sub>), 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 трещиноватости, а также устойчивость к колееобразованию 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 CO<sub>2</sub>, 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 же Нидерландов 4-процентная экономия топлива выливается в ежегодное сокращение объема выбросов CO<sub>2</sub> 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 менее подходить 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 изделия, спроектированного, созданного (построенного) и обслуживаемого с соблюдением промышленных нормативов.

### **3. Область применения**

- 3.1 Маркировочное обозначение касается только дорожного покрытия. 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 проч.
- 3.2 Использование маркировки дорожного покрытия носит добровольный характер. Основная ответственность за маркировочное обозначение дорожной поверхности возлагается на подрядчика.
- 3.3 Характеристики дорожной поверхности могут сильно 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 7 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 спецификаций, 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. Рассмотрение общей концепции и примеров 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 проч.

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 звука, измеряемого в третьоктавных полосах частот  $i$ .

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 службы<sup>1</sup>. 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 крупность 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

<sup>1</sup> 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.



- классу F, а из двухслойного пористого асфальтобетона – 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 Наиболее распространенными в Европе и весьма схожими по принципу являются два устройства [CEN/TS 15901-8 и -6, а также prEN 13036-2a]: немецкий SKM (измеритель поперечной силы; по-немецки – SeitenKraftMessung) и английский SCRIM (прибор для определения коэффициента поперечной силы). Однако процедуры измерения (а также температурной и сезонной коррекции), используемые в Соединенном Королевстве [Руководство по проектированию дорог и мостов (РПДМ) – HD 28/15 «Сопротивление заносу»] и Германии [TP Griff-StB 07 (SKM)], различаются.
- 4.3.3 Существует множество других устройств и процедур измерения сопротивления заносу на мокрой поверхности, однако в Европе для целей определения данного параметра дорожного полотна наиболее широко применяются SCRIM/SKM.
- 4.3.4 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.
- 4.3.5 В порядке преобразования с учетом различных значений скорости движения для практических целей может использоваться коэффициент постоянной потери 0,05 на каждый интервал приращения скорости, составляющий 20 км/ч, хотя он и не является вполне точным.
- 4.3.6 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.

- 4.3.7 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.
- 4.3.8 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 проч.);
  - 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, а посему 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. Поскольку официальных стандартов на проведение замеров сопротивления качению пока не имеется, то 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 же 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 годятся 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:

$$(1) \quad RRC_{T_{\text{tyre corr}}, T_{\text{tyre ref } 25^{\circ}\text{C}}} = RRC_{\text{uncorrected}} - 0,17 \cdot (25 - T_{\text{tyre wall side}}),$$

$$(2) \quad RRC_{T_{\text{air corr}}, T_{\text{air ref } 20^{\circ}\text{C}}} = RRC_{\text{uncorrected}} \cdot (1 + 0,014 \cdot (T_{\text{air}} - 20)).$$

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 опорные 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 М+Р. Как показало это и прочие мероприятия, между текстурой дорожной поверхности и сопротивлением качению существует серьезная зависимость.

4.4.3.2 Были апробированы несколько моделей на базе таких параметров текстуры, как MPD (средняя глубина профиля (СГП)), 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 классом по уровню сопротивления качению.

4.5 Срок службы

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

- неровности;
- трещиноватость;
- выбоины;
- изнашивание в результате использования шипованных шин;
- прочие.

- 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. 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, колееобразование, трещиноватость или выкрашивание смеси и проч.). В аналогичных ситуациях более высокая приемлемость состояния 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, как-то: долгосрочная эксплуатационная эффективность эталонных покрытий, цифровое моделирование, обобщение результатов испытаний, проводимых на различных станциях, и т. д. Однако все это – в основном предположительные прогнозы, а не реальные «доказательства».

## 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», пересмотр 4, 20 ноября 2013 года.
- 5.3 M+P.PGEL.17.06.1: «Enhancements of texture vs rolling resistance model», M+P consulting engineers, Vught (NL), 12 июня 2017 года.
- 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 sideway-force coefficient, 18 октября 2017 года.