

УДК 608.2:625.76

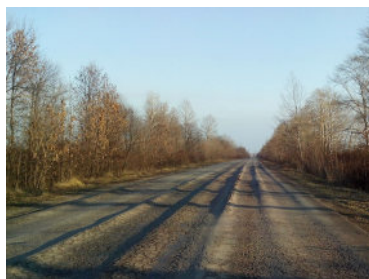
## МЕТОДИКА ЗАЩИТЫ ДАТЧИКА ДИНАМИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ ОТ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА ПРИ КОЛЕЕОБРАЗОВАНИИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Канд. техн. наук **Ф.К. Горбунов**  
(Институт химии твердого тела и механохимии  
Сибирского отделения РАН),  
инженер **Ю.Н. Шевцов**  
(ООО НПП «Новасиб»)  
Контактная информация: fl123723@yandex.ru;  
shewtsow@yandex.ru

*В статье описана методика защиты датчика динамического взвешивания от физического износа при колееобразовании дорожного покрытия. Сообщается о ряде преимуществ предложенной методики, основанной на применении универсальной заливки дорожной (УЗД), в том числе улучшении качества покрытия и увеличении срока службы комплексов динамического взвешивания на автомобильных дорогах до 1,5 раз, что значительно снизит затраты на их ремонт и содержание.*

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, дорожное покрытие, датчик динамического взвешивания, колея, колееобразование, универсальная заливка дорожная (УЗД).

В процессе эксплуатации автомобильные дороги подвержены постоянному износу, что способствует образованию колеи (**рис. 1**). Поиск решения проблемы колееобразования для специалистов-дорожников многих стран мира уже длительное время считается одной из важнейших задач [1].



**Рис. 1. Колейность автомобильной дороги**

Образование колеи происходит вследствие разных причин: интенсивное движение транспортных средств (ТС) и истирание верхнего слоя дорожного покрытия в полосе наката; доуплотнение или переуплотнение слоев дорожной одежды; отслаивание, выкрашивание или пластическое деформирование дорожной одежды [2]. Следует также указать ряд других факторов, влияющих на колееобразование: несовершенство дорожно-строительных работ, низкое качество асфальтобетонной смеси, превышение ограничений по массе грузовых автомобилей более 44 т [3]. При этом превышение допустимой нагрузки на одну ось автомобиля всего на 10-15 % ведет к сокращению межремонтного периода дорожного покрытия в два раза [4].

Росавтодором постоянно осуществляется мониторинг весовых параметров грузовых автомобилей, и уже с начала 2018 г. зафиксировано свыше 1 млн нарушений на автомобильных дорогах федерального значения. Ежемесячно фиксируется порядка 150 тыс. нарушений весогабаритных параметров, при этом ежегодный ущерб дорогам от проезда таких грузовых транспортных средств измеряется в 2,6 трлн руб. [3]. Принимая во внимание, что количество автотранспорта на дорогах России ежегодно растет, а фиксировать все нарушения весовых параметров на стационарных пунктах весового контроля технически не представляется возможным, осуществляется выборочное взвешивание, что не приводит к должному эффекту.

Современное развитие техники и технологий позволяет в безостановочном режиме осуществлять на автомобильных дорогах скоростной, весовой и другие виды контроля. Для этого в дорожное покрытие монтируются датчики динамического взвешивания, а над ними устанавливается металлическая рамка с различным оборудованием (камеры скоростного режима, 3D-сканеры и др.) [3]. Применение данного оборудования в одном комплексе, позволяет получать в режиме реального времени не только данные о нарушениях весогабаритных параметров автомобилей, но и о степени загруженности дороги. Подобные комплексы получили название WIM (англ. Weigh-in-motion – система взвешивания в движении).

Для оснащения всех автомобильных дорог федерального значения на территории Российской Федерации потребуется не менее 387 автоматических систем, при этом стоимость одного комплекса зависит во многом от категории дороги, количества полос движения и варьируется от 23-26 млн до 45-48 млн руб. [3]. Размещение комплексов WIM возможно на всей территории России, но в первую очередь ими необходимо оборудовать автомобильные дороги перед искусственными сооружениями (мосты, туннели, виадуки и т.п.).

## Определение стойкости дорожного покрытия к колееобразованию

Колееобразование определяется как накопление незначительных по величине необратимых микродеформаций от многократного воздействия колесной нагрузки на покрытие из асфальтобетона, что не только снижает срок службы покрытия, но и создает угрозу для участников дорожного движения [5]. Стойкость дорожного покрытия на основе асфальтобетона к колееобразованию и методики к проведению испытаний регламентируются ПНСТ 181-2016 и ПНСТ 185-2016 [6, 7].

### Свойства универсальной заливки дорожной

Ранее авторами данной статьи сообщалось об исследовании свойств материала для фиксации в дорожных покрытиях датчиков для динамического взвешивания автотранспорта, о разработке УЗД, а также результатах изучения ее основных характеристик и сравнения их со свойствами асфальто- и цементобетонов (табл. 1) [8-10].

Таблица 1

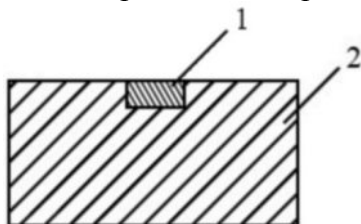
### Физико-механические характеристики УЗД [9, 10]

Название материала	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности, МПа		Истираемость*, г/см <sup>2</sup>
		изгиб	сжатие	
Асфальтобетон (марка Б)	2,50±0,10	не нормируется	≤2,5	0,679±0,039
Цементобетон (марка М500, класс В40)	2,30±0,10	5,9±0,5	52,4±5,0	0,700±0,050
УЗД	1,71±0,04	28,7±0,9	62,2±3,2	0,111±0,006

**Примечание:** \* Длина пути истирания по ГОСТ 13087 составляет 600 м.

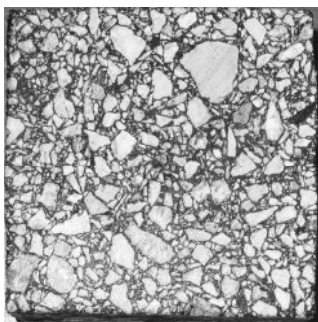
Исследования, проведенные в сертифицированной лаборатории [11], показали, что УЗД обладает рядом преимуществ перед асфальтобетонами и цементобетонами, а именно более низкой плотностью (почти в 1,5 раза), более высокими физико-механическими показателями (прочность на изгиб – до 4,9 раза; прочность на сжатие – до 20 %; стойкость к истиранию – до 7 раз).

Для определения стойкости дорожного покрытия (асфальтобетон марок Б и ЩМА) к абразивному износу изготовили образцы со вставкой УЗД, в количестве 20 % от поверхности истирания (рис. 4, 5).

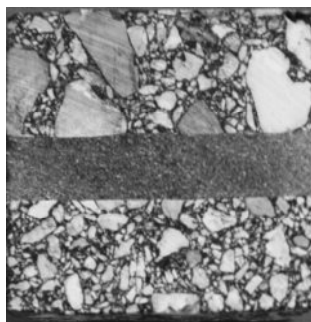


*Рис. 4. Схема композита на основе асфальтобетона и вставки УЗД:  
1 – вставка УЗД; 2 – асфальтобетон*

*а)*

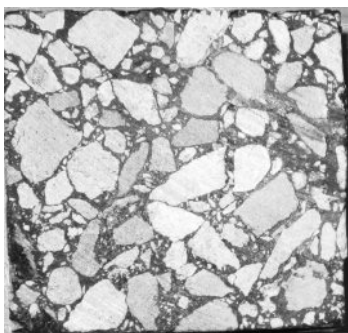


*без вставки*

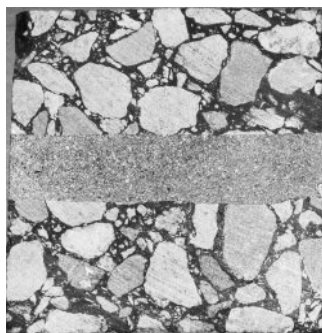


*со вставкой УЗД*

*б)*



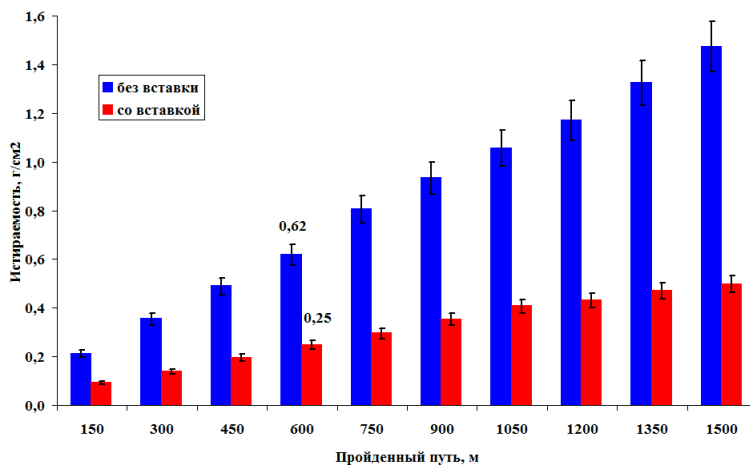
*без вставки*



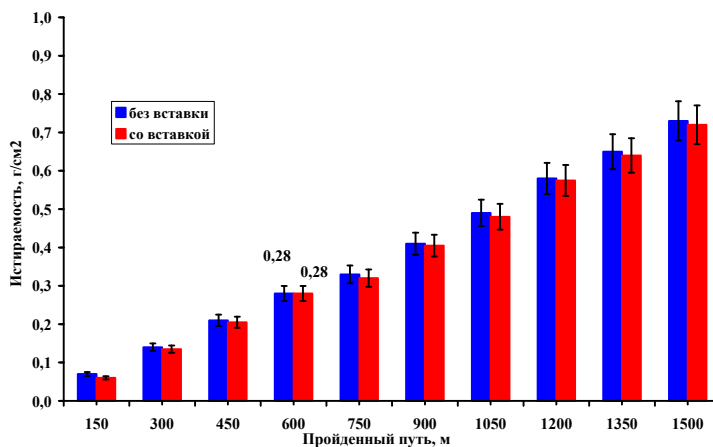
*со вставкой УЗД*

*Рис. 5. Образцы асфальтобетона для испытания на истирание:  
а – марка Б; б – марка ЩМА*

Истирание данных образцов проводили в соответствии с ГОСТ 13087 [12] на кругу истирания ЛКИ-3; длина пути истирания составила 600 м.



*Рис. 6. Показатель истираемости асфальтобетона марки Б со вставкой УЗД и без нее*



*Рис. 7. Показатель истираемости асфальтобетона марки ЩМА со вставкой УЗД и без нее*

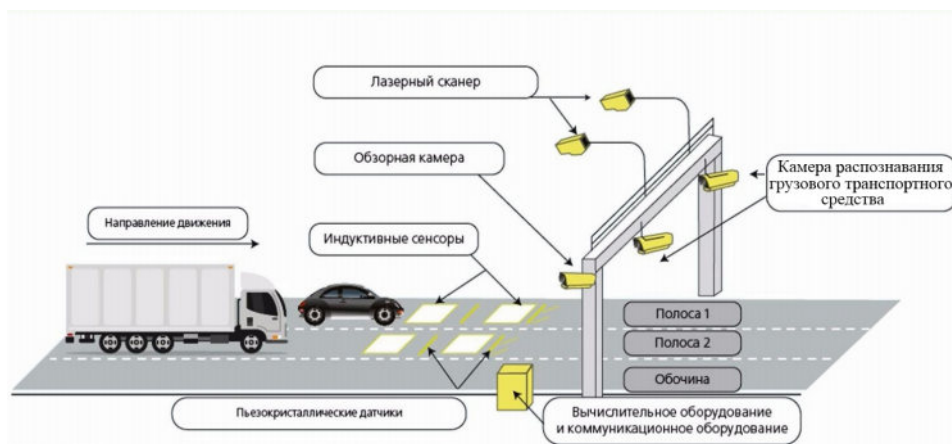
Испытания показали, что применение вставки УЗД в количестве 20 % от поверхности истирания целесообразно для асфальтобетона марки Б, так как это приводит к увеличению износостойкости в ~ 2,5 раза (рис. 6) относительно контрольных образцов. При этом нанесение УЗД на истираемую поверхность асфальтобетона марки ЩМА сохраняет показатель истираемости (рис. 7) в тех же пределах, что и для контрольных образцов.

ных образцов (все измерения лежат в области доверительного интервала  $\sim 10\%$ ).

Ранее сообщалось, что разрушения активно накапливаются в дорожной одежде, если осевые нагрузки превышают допустимые значения, поэтому своевременное отслеживание транспорта с такими нагрузками позволит сохранить целостность автомобильных дорог.

### *Комплекс автоматического динамического взвешивания ТС*

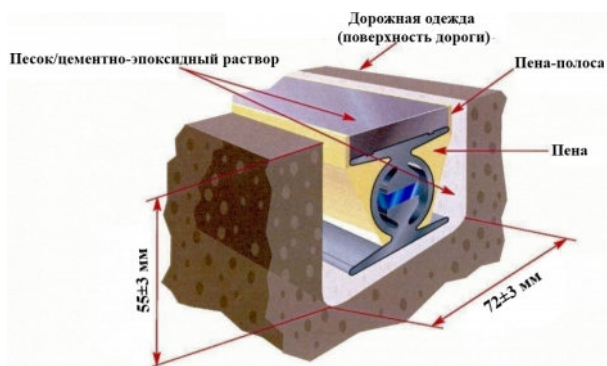
Комплекс автоматического динамического взвешивания ТС – (Система WIM) позволяет в режиме реального времени получать, анализировать и записывать информацию обо всех проходящих транспортных средствах. Подобные данные могут использоваться для формирования статистики, мониторинга дорожного движения, прогнозирования состояния дорожного покрытия и принятия решений о ремонте или содержании дорог, туннелей или виадуков. Схема автоматического комплекса взвешивания приведена на **рис. 8**.



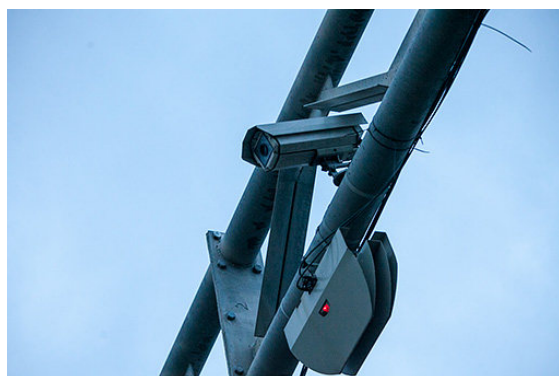
**Рис. 8. Схема автоматического комплекса динамического взвешивания (WIM)**

Условно комплекс динамического взвешивания можно разделить на три части:

- сенсоры и датчики, монтируемые в дорожное покрытие (**рис. 9**);
- камеры и сканеры, расположенные над автомобильной дорогой (**рис. 10**);
- блок управления.



*Рис. 9. Датчик динамического взвешивания, смонтированный в дорожное покрытие*



*Рис. 10. Камеры и сканеры, расположенные над автомобильной дорогой*

### *Методика защиты датчика динамического взвешивания*

Средний срок службы комплексов автоматического динамического взвешивания (WIM) составляет порядка 6 лет при стоимости 20-30 млн руб. Как и любое оборудование, такие комплексы нуждаются в периодическом обслуживании, а именно ремонте дорожного покрытия и замене датчиков динамического взвешивания. Периодичность обслуживания в основном зависит от стойкости дорожного покрытия к колебанию и составляет 2 года. Стоимость одного комплекта датчиков, установленных в дорожном покрытии – 7-8 млн руб., а их плановая замена в течение всего срока эксплуатации – 14-16 млн руб., что составляет порядка 50 % от первоначальной стоимости комплекса. Поэтому



снижение затрат на обслуживание комплексов WIM является актуальной задачей.

Применение дополнительной защиты дорожного покрытия от его физического износа и колееобразования позволит продлить срок службы датчиков динамического взвешивания с 2-х до 3-х лет и за 6 лет эксплуатации снизить затраты на обслуживание комплекса WIM на 7-8 млн руб. Расчетная стоимость работ по дополнительной защите составляет ~ 5% от стоимости комплекса.

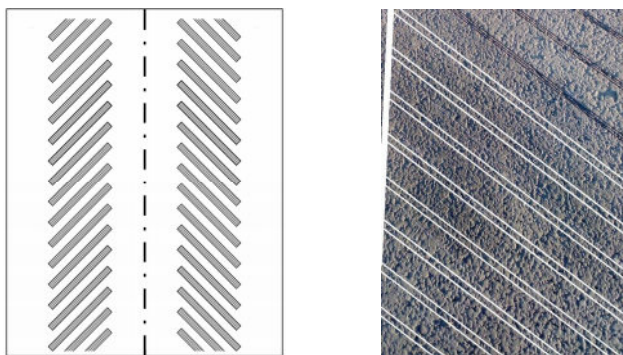
Дополнительная защита от физического износа и проведение различных ремонтных работ в зоне комплексов WIM возможно как на новом, так и уже на изношенном (не более 7 мм) дорожном покрытии. Методика защиты от колееобразования включает в себя несколько основных этапов:

1. Подготовительный этап (перекрытие дороги и ограждение места ремонта, разметка дорожного покрытия, фрезерование и вырубка, удаление пыли и мелкого мусора).
2. Подготовка материала УЗД и нанесение его на дорожное покрытие.
3. Открытие автомобильного движения.

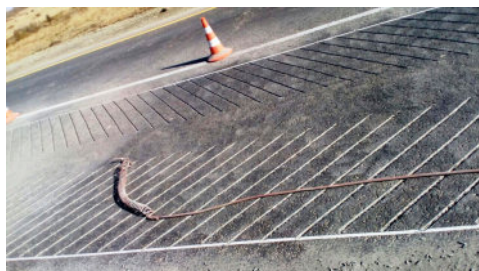
### *Защита нового дорожного покрытия*

Подготовительный этап включает в себя целый ряд мероприятий, самым важным из которых является обеспечение безопасного проведения ремонтных работ и дорожного движения в соответствии с ОДМ 218.6.014 [13]. Дорожное покрытие размечают, согласно схеме (рис. 11), и, применяя специальный инструмент (болгарка, перфоратор, кувалда и т.п.), вырубают от 5 до 10 мм асфальтобетона глубиной и 20 мм шириной в форме вытянутых прямоугольников (рис. 12) под углом 45° относительно направления движения автомобилей (рис. 11). Применение угла наклона в 45° позволит снизить интенсивность динамического удара до минимума и увеличить комфортность проезда легкового и грузового транспорта через комплексы WIM. Длина одной полосы составляет 1,5 м, а расстояние между полосами рассчитано таким образом, чтобы при движении автомобилей пятно контакта их шин располагалось не менее чем на двух вставках УЗД. Подобное расположение защитных вставок позволит снизить нагрузку на асфальтобетон и продлить срок службы дорожного покрытия не менее чем на один год. Расход материала УЗД на одну вставку составляет от 0,25 до 0,5 кг.





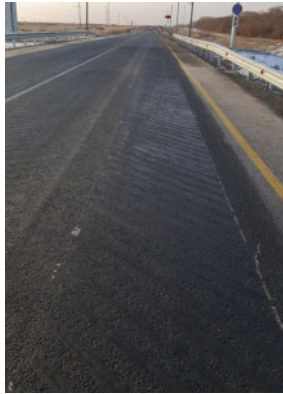
*Рис. 11. Схема разметки дорожного покрытия*



*Рис. 12. Вырубка полос в дорожном покрытии*

Пыль и мелкий мусор, образующийся в процессе вырубки, удаляют промышленным пылесосом.

Компоненты УЗД – гелькоат (эпоксидно-диановая смола и отвердитель), порошковые красители и наполнители (полифракция кварцевого песка) – подготавливаются и смешиваются в соответствии с ТУ [14]. Подробно методика работы с УЗД рассмотрена в [15]. Готовую к использованию УЗД наносят в подготовленные углубления в дорожном покрытии в течение 20-25 мин., так как уже через 30-40 мин. при 25 °С после смешения компонентов происходит отверждение материала (рис. 13).



*Рис. 13. Дорожное покрытие с дополнительной защитой*

### *Защита изношенного дорожного покрытия*

Применение УЗД возможно для проведения ремонта уже изношенного дорожного покрытия с глубиной колеи, не превышающей 7 мм (**рис. 14**). Данная методика заключается в следующем:

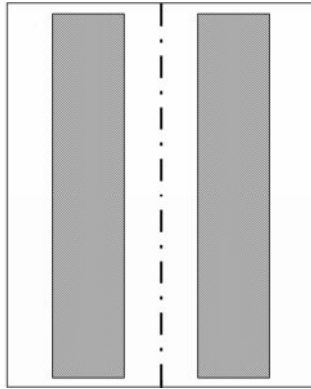
- в соответствии со схемой, представленной на **рис. 15**, на дорожное покрытие вдоль колеи равномерно наносят УЗД (**рис. 16**). При заполнении УЗД всех углублений обеспечивается выравнивание дорожного покрытия;
- на поверхность УЗД до ее отверждения наносят отсев щебня фракции от 3 до 5 мм. Применение щебня определенной фракции позволяет увеличить срок службы дорожного покрытия (**рис. 17**);
- далее открывают движение автомобилей (**рис. 18**).

Вырубки дорожного покрытия выполняют следующих размеров: длина – 30 м; ширина одной полосы – 1 м; глубина – до 7 мм.

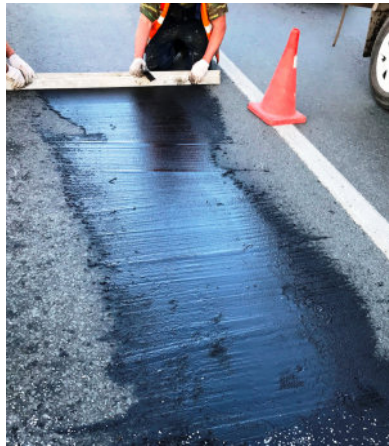
Максимальный расход УЗД на заполнение одной вырубki составляет ~ 360 кг.



*Рис. 14. Вид колеи изношенного дорожного покрытия*



*Рис. 15. Схема нанесения УЗД на дорожное покрытие*



*Рис. 16. Нанесение УЗД*



*Рис. 17. Нанесение на УЗД отсева щебня*



*Рис. 18. Дорожное покрытие с дополнительной защитой*

Преимущества методики ремонта и защиты дорожного покрытия в зоне комплексов WIM с применением УЗД следующие:

- исходные компоненты материала УЗД хранятся при нормальных условиях, не требуется специальной дорогостоящей техники по доставке и укладке материала;
- не требуется применение специальных праймеров для увеличения адгезии к дорожному основанию и металлическим конструкциям;
- материал является реакционноспособным и не требует уплотнения, а, следовательно, не образуются дефекты в структуре в процессе заливки и формирования;
- материал обладает низким коэффициентом водопоглощения, высокой коррозионной стойкостью к агрессивным средам, а также экологичен.

Можно отметить следующий экономический эффект применения УЗД:

- снижение затрат по содержанию комплексов WIM;
- снижение затрат по гарантийным ремонтам;
- обеспечение безопасности дорожного движения, сохранение жизни, здоровья и имущества населения;
- приоритет ответственности государства за обеспечением безопасности дорожного движения над ответственностью граждан, участвующих в дорожном движении;
- соблюдение интересов граждан, общества и государства при обеспечении безопасности дорожного движения.

Испытания на улично-дорожной сети г. Новосибирска показали, что нанесенный на дорожное покрытие материал УЗД, находящийся в эксплуатации в течение достаточно длительного времени (более 2-х лет), характеризуется хорошим состоянием, без повреждений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горячев М.Г. Обзор по проблеме колееобразования на автомобильных и городских дорогах [веб-сайт]. – Электрон. дан. – URL: <http://dorconsult.ru/article1.html> (дата обращения 02.06.2018).
2. Справочная энциклопедия дорожника (том II). Ремонт и содержание автомобильных дорог. Под ред. А.П. Васильева. – М., 2004. – 1129 с.
3. Датчики против дальнобойщиков: первые «умные» весы в РТ начнут охоту на трассе М7. – «БИЗНЕС Online» [веб-сайт]. – Электрон. дан. – URL: <https://www.business-gazeta.ru/article/324001> (дата обращения 02.06.2018).
4. Проверки на дорогах: скорость, масса, габариты [веб-сайт]. – Электрон. дан. – URL: [http://www.rostest.ru/publish/detail.php?ELEMENT\\_ID=8845](http://www.rostest.ru/publish/detail.php?ELEMENT_ID=8845) (дата обращения 02.06.2018).
5. Зарубежный опыт оценки сдвигоустойчивости асфальтобетона [веб-сайт]. – Электрон. дан. – URL: <https://mikekp.livejournal.com/1218.html> (дата обращения 02.06.2018).
6. ПНСТ 181-2016. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения стойкости к колееобразованию прокатыванием нагруженного колеса. – М.: Стандартинформ, 2017. – 8 с.
7. ПНСТ 185-2016. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Приготовление образцов-плит вальцовым уплотнителем. – М.: Стандартинформ, 2017. – 8 с.
8. Горбунов Ф.К. Исследование свойств материала для фиксации в дорожных покрытиях датчиков для динамического взвешивания / Ф.К. Горбунов, Ю.Н. Шевцов // Дороги и мосты. – 2016. – № 36/2. – С. 154-165.
9. Горбунов Ф.К. Эксплуатационные характеристики материалов, применяемых для ремонта дорожного и аэродромного покрытий / Ф.К. Горбунов, Ю.Н. Шевцов // Дороги и мосты. – 2017. – № 37/1. – С. 186-202.
10. Горбунов Ф.К. Термодинамические характеристики материалов, применяемых для ремонта дорожного и аэродромного покрытий / Ф.К. Горбунов, Ю.Н. Шевцов, Л.К. Бердникова // Дороги и мосты. – 2017. – № 38/2. – С. 317-327.
11. Отчет по научно-исследовательской работе (услуге) на тему «Проведение испытаний композиционного материала для ре-



- монта дорожного покрытия». Хоздоговор № ИПЭ-1-16 от 15.11.2016. – Новосибирск, 2018. – 223 с.
12. ГОСТ 13087-81. Бетоны. Методы определения истираемости. – М.: Издательство стандартов, 2004. – 8 с.
  13. ОДМ 218.6.014-2014. Рекомендации по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ. – М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2014. – 115 с.
  14. ТУ 2257-002-0150536372-2017. Универсальная заливка дорожная (УЗД). – Новосибирск, 2017. – 15 с.
  15. Горбунов Ф.К. Универсальная заливка дорожная для ремонта дождеприемных и смотровых канализационных колодцев / Ф.К. Горбунов, Ю.Н. Шевцов // Дороги и мосты. – 2018. – № 39/1. – С. 143-156.

### L I T E R A T U R A

1. Gorjachev M.G. *Obzor po probleme koleeobrazovanija na avtomobil'nyh i gorodskih dorogah [veb-sajt].* – *Jelektron. dan.* – URL: <http://dorconsult.ru/article1.html> (data obrashhenija 02.06.2018).
2. *Spravochnaja jenciklopedija dorozhnika (tom II). Remont i sodержanie avtomobil'nyh dorog. Pod red. A.P. Vasil'eva.* – М., 2004. – 1129 s.
3. *Datchiki protiv dal'nobojschikov: pervye «umnye» vesy v RT nachnut ohotu na trasse M7.* – «BIZNES Online» [veb-sajt]. – *Jelektron. dan.* – URL: <https://www.business-gazeta.ru/article/324001> (data obrashhenija 02.06.2018).
4. *Proverki na dorogah: skorost', massa, gabarity [veb-sajt].* – *Jelektron. dan.* – URL: [http://www.rostest.ru/publish/detail.php?ELEMENT\\_ID=8845](http://www.rostest.ru/publish/detail.php?ELEMENT_ID=8845) (data obrashhenija 02.06.2018).
5. *Zarubezhnyj opyt ocenki sdvigoustojchivosti asfal'tobetona [veb-sajt].* – *Jelektron. dan.* – URL: <https://mikekp.livejournal.com/1218.html> (data obrashhenija 02.06.2018).
6. *PNST 181-2016. Dorogi avtomobil'nye obshhego pol'zovanija. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye i asfal'tobeton. Metod opredelenija stojkosti k koleeobrazovaniju prokatyvaniem nagruzhenного kolesa.* – М.: Standartinform, 2017. – 8 s.
7. *PNST 185-2016. Dorogi avtomobil'nye obshhego pol'zovanija. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye i asfal'tobeton. Prigotovlenie obrazcovplit val'covym uplotnitelem.* – М.: Standartinform, 2017. – 8 s.

8. Gorbunov F.K. *Issledovanie svojstv materiala dlja fiksacii v dorozhnyh pokrytijah datchikov dlja dinamicheskogo vzveshivaniya* / F.K. Gorbunov, Ju.N. Shevcov // *Dorogi i mosty*. – 2016. – # 36/2. – S. 154-165.
9. Gorbunov F.K. *Jekspluacionnyye karakteristiki materialov, primenjaemyh dlja remonta dorozhnogo i ajerodromnogo pokrytij* / F.K. Gorbunov, Ju.N. Shevcov // *Dorogi i mosty*. – 2017. – # 37/1. – S. 186-202.
10. Gorbunov F.K. *Termodinamicheskie karakteristiki materialov, primenjaemyh dlja remonta dorozhnogo i ajerodromnogo pokrytij* / F.K. Gorbunov, Ju.N. Shevcov, L.K. Berdnikova // *Dorogi i mosty*. – 2017. – # 38/2. – S. 317-327.
11. *Otchet po nauchno-issledovatel'skoj rabote (usluge) na temu «Provedenie ispytanij kompozicionnogo materiala dlja remonta dorozhnogo pokrytija»*. Hozdogovor # IPJe-1-16 ot 15.11.2016. – Novosibirsk, 2018. – 223 s.
12. GOST 13087-81. *Betony. Metody opredelenija istiraemosti*. – M.: Izdatel'stvo standartov, 2004. – 8 s.
13. ODM 218.6.014-2014. *Rekomendacii po organizacii dvizhenija i ograzhdeniju mest proizvodstva dorozhnyh rabot*. – M.: Federal'noe dorozhnoe agentstvo (Rosavtodor), 2014. – 115 s.
14. TU 2257-002-0150536372-2017. *Universal'naja zalivka dorozhnaja (UZD)*. – Novosibirsk, 2017. – 15 s.
15. Gorbunov F.K. *Universal'naja zalivka dorozhnaja dlja remonta dozhdepriemnyh i smotrovnyh kanalizacionnyh kolodcev* / F.K. Gorbunov, Ju.N. Shevcov // *Dorogi i mosty*. – 2018. – # 39/1. – S. 143-156.

---

**TECHNIQUE FOR PROTECTION OF WEIGH-IN-MOTION SENSOR  
FROM PHYSICAL WEAR WHEN ROAD PAVEMENT RUTTING**

*Ph. D. (Tech.) F.K. Gorbunov*  
(*Institute of Solid State Chemistry  
and Mechanochemistry,  
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*),  
*Engineer Yu.N. Shevtsov*  
(*LLC Scientific-Practical Enterprise «Novasib»*)  
Contact information: [fl123723@yandex.ru](mailto:fl123723@yandex.ru);  
[shewtsow@yandex.ru](mailto:shewtsow@yandex.ru)

*The article concerns a technique for protection of weigh-in-motion sensor from physical wear when road pavement rutting. It is reported about*



*some advantages of the proposed technique based on the use of universal road filling, including improvement of road surfacing quality and service life increase of dynamic weighing systems on roads up to 1.5 times, that will significantly reduce their repairs and maintenance costs.*

**Key words:** *road, road pavement, weigh-in-motion sensor, rut, rutting, universal road filling.*

---

Рецензент: канд. техн. наук А.Е. Мерзликин (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 04.07.2018 г.