

Л.С. Щепетева, С.С. Семенов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

**ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ
В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЯХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Для устройства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог в Пермском крае применяются полимерно-битумные вяжущие на основе полимера «Элвалой», выпускаемые ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез». Такие покрытия отличаются высокими транспортно-эксплуатационными характеристиками, устойчивостью к образованию деформаций. Асфальтобетон на основе полимерно-битумных вяжущих устойчив к возникновению температурных деформаций, прежде всего к колееобразованию.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, асфальтобетон, полимерно-битумное вяжущее, транспортно-эксплуатационные характеристики покрытий автомобильных дорог.

L.S. Shchepeteva, S.S. Semenov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

**THE EFFECTIVENESS OF USING
POLYMER-BITUMEN BINDERS IN ASPHALT MIXTURES
FOR THE CONSTRUCTION ROAD PAVEMENTS**

For construction of asphalt road pavements in the Perm region are applied polymer-bitumen binders based polymer “Elvaloy”, produced by LLC “LUKOIL-Permnefteorgsintez”. Such pavements have high transport and operational characteristics, resistance to the formation of deformation. Asphalt-based polymer-bitumen binders resistant to temperature deformations occur and, above all, to coleorton.

Keywords: asphalt concrete mix, asphalt concrete, polymer-asphalt binder, transport and operational characteristics of the road pavements.

Асфальтобетонные покрытия являются наиболее распространенным типом усовершенствованных дорожных покрытий, применяемых в России и за рубежом [1]. Из всех конструктивных элементов дорожной одежды (конструкции проезжей части дороги) асфальтобетонное покрытие работает в наиболее сложных условиях. Оно подвержено воздействию статических и динамических транспортных нагрузок – с одной стороны и воздействию неблагоприятных природно-климатических факторов – с другой. От воздействия транспортных средств

на асфальтобетонное покрытие передаются вертикальные и горизонтальные усилия, приводящие к возникновению сдвигающих напряжений и напряжений растяжения при изгибе. Под влиянием климатических факторов (кислорода воздуха, солнечной радиации, перепадов температур воздуха, атмосферных осадков) в асфальтобетоне происходят необратимые физико-химические процессы, приводящие к старению асфальтобетона, снижению его деформационной устойчивости.

Асфальтобетон, как любой композиционный материал, обладает способностью к релаксации напряжений, выражающейся в падении напряжения после снятия нагрузки, а также при переходе упругой деформации в остаточную. Релаксационные характеристики асфальтобетона в значительной степени определяются свойствами вяжущего.

Поэтому одной из наиболее острых проблем как в области ремонта и содержания дорог, так и в области их строительства и реконструкции является проблема качества битума – важнейшего дорожного материала.

Битум, являясь вяжущим материалом (клеем), играет важнейшую роль в процессах структурообразования асфальтобетона.

В современных условиях значительно возросших интенсивности движения и нагрузок от транспортных средств актуальными являются вопросы повышения прочности, деформационной устойчивости асфальтобетонных покрытий. Одним из путей повышения прочностных и деформационных характеристик асфальтобетона как дорожно-строительного материала является использование модифицирующих добавок для улучшения характеристик битумных вяжущих. Для придания специальных свойств битумным вяжущим предложены полимерные добавки. Такие добавки (модификаторы) позволяют получить качественно новый тип вяжущего, характеристики которого превышают требования ГОСТа на стандартные битумы [1–3].

Модифицированные битумы начали применять за рубежом с 30-х гг. прошлого столетия. В России исследования по применению полимерно-битумных вяжущих проводятся с начала 70-х гг. прошлого века. Проведенные в СоюздорНИИ исследования А.С. Колбановской показали эффективность применения в асфальтобетоне битума, модифицированного дивинилстирольными термоэластопластами [3].

Полимерные добавки снижают жесткость материала при низких отрицательных температурах, но сохраняют необходимую жесткость при повышенных температурах (значительно увеличивается темпера-

турный интервал работоспособности асфальтобетона). Асфальтобетон, содержащий полимерно-битумное вяжущее, превосходит обычный асфальтобетон по деформативной способности. Благодаря эластическим свойствам даже в диапазоне низких температур становится возможной релаксация напряжений, а в диапазоне высоких температур уменьшается опасность необратимых деформаций пластического течения. В результате повышается трещиностойкость асфальтобетонного покрытия в период низких зимних температур и устойчивость к колееобразованию в период высоких летних температур. Асфальтобетон на основе полимерно-битумного вяжущего более устойчив к воздействию воды (повышается водостойкость) и действию знакопеременных температур (повышается коррозионная устойчивость).

Таким образом, основной причиной использования битумных вяжущих с полимерными добавками является улучшение эксплуатационных свойств дорожных покрытий из асфальтобетона. Применение полимерных добавок позволяет улучшить весь комплекс физико-механических свойств асфальтобетона – повысить прочность, деформационную устойчивость, морозостойкость, водостойкость и др. [2, 3].

В Пермском крае полимерно-битумные вяжущие (ПБВ) выпускаются в промышленном масштабе ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез». При этом для производства ПБВ используется реакционный эластомерный терполимер «Элвалой», применение которого приводит к значительному улучшению показателей физико-механических свойств вяжущего и асфальтобетона на его основе [4].

Оценку транспортно-эксплуатационного состояния дороги осуществляют по степени соответствия нормативным требованиям основных транспортно-эксплуатационных показателей дороги, которые приняты за ее потребительские свойства. Транспортно-эксплуатационные показатели обеспечиваются параметрами плана, продольного и поперечного профилей, прочностью дорожной одежды, ровностью и сцепными качествами покрытия, состоянием искусственных сооружений, инженерным оборудованием и обустройством, уровнем содержания дороги¹.

При этом такие транспортно-эксплуатационные характеристики, как прочность дорожной одежды, ровность и сцепные качества, в зна-

¹ ОДН 218.0.006–2002. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог (взамен ВСН 6-90). М., 2002. 139 с.

чительной степени обусловлены свойствами асфальтобетона, который применили для устройства покрытия. Диагностику и оценку состояния автомобильных дорог необходимо проводить систематически через установленные промежутки времени на протяжении всего срока службы дорог. Систематический мониторинг является основой управления состоянием автомобильных дорог и исходной базой для эффективного использования средств и материальных ресурсов, направляемых на реконструкцию, ремонт и содержание дорожной сети.

Для обследования были выбраны участки автомобильных дорог, на которых был выполнен ремонт, капитальный ремонт, реконструкция в летний сезон 2010 и 2012 г. При выполнении работ на всех участках автомобильных дорог использовали для устройства верхнего слоя покрытия асфальтобетонные смеси с применением полимерно-битумного вяжущего марки ПБВЭ 90/130 (битум, модифицированный добавкой «Элвалой»).

Исследования выполнялись на следующих участках автомобильных дорог: в табл. 1 приведены название дороги, наименование и составы асфальтобетонных смесей, уложенных в покрытие.

Таблица 1

Участки автомобильных дорог и составы асфальтобетонных смесей, уложенных в покрытие

№ п/п	Конструктивный слой	Номер и наименование состава смеси	Состав рецепта
Автомобильная дорога «Пермь – Березники», км 25+780 – км 37+024. Реконструкция выполнена в 2012 г.			
1	Верхний слой покрытия	№ 6, асфальтобетонная щебеночно-мастичная смесь ЦМАС 20	Щебень к-р «Асбест», фр. 10-20 – 63 %; щебень к-р «Асбест», фр. 5-10 – 10 %; песок из отсевов дробления к-р «Утес» фр. 0-10 – 15 %. Минеральный порошок неактивированный МП-1 ОАО «Горнозаводскцемент» – 12 %. Битум БНДМЭ 90/130 ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» – 5,5 %. Стабилизирующая добавка Torcel – 0,10 %

Продолжение табл. 1

№ п/п	Конструктивный слой	Номер и наименование состава смеси	Состав рецепта
Автомобильная дорога «Пермь – Березники», км 24+133 – км 25+680. Ремонт выполнен в 2012 г.			
2	Верхний слой покрытия	№ 6, асфальтобетонная щебеночно-мастичная смесь ЦМАС 20	Щебень к-р «Асбест», фр. 10-20 – 63 %; щебень к-р «Асбест», фр. 5-10 – 10 %; песок из отсевов дробления к-р «Утес» фр. 0-10 – 15 %. Минеральный порошок неактивированный МП-1 ОАО «Горнозаводскцемент» – 12 %. Битум БНДМЭ 90/130 ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» – 5,5 %. Стабилизирующая добавка Torcel – 0,10 %
Автомобильная дорога «ул. Ушакова от ул. Сысольская до ул. Каховская 3-я». Капитальный ремонт выполнен в 2010 г.			
3	Верхний слой покрытия	№ 6, асфальтобетонная щебеночно-мастичная смесь ЦМАС 20	Щебень к-р «Асбест», фр. 10-20 – 63 %; щебень к-р «Асбест», фр. 5-10 – 10 %; песок из отсевов дробления к-р «Утес» фр. 0-10 – 15 %. Минеральный порошок неактивированный МП-1 ОАО «Горнозаводскцемент» – 12 %. Битум БНДМЭ 90/130 ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» – 5,5 %. Стабилизирующая добавка Torcel – 0,10 %
Автомобильная дорога «ул. Спешилова на участке от транспортной развязки „Сосновый бор“ до ул. Борцов Революции», км 0+00 – км 2+275. Капитальный ремонт выполнен в 2010 г.			
4	Верхний слой покрытия (проезжая часть)	№ 6, асфальтобетонная щебеночно-мастичная смесь ЦМАС 20	Щебень к-р «Асбест», фр. 10-20 – 63 %; щебень к-р «Асбест», фр. 5-10 – 10 %; песок из отсевов дробления к-р «Утес» фр. 0-10 – 15 %. Минеральный порошок неактивированный МП-1 ОАО «Горнозаводскцемент» – 12 %. Битум БНДМЭ 90/130 ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» – 5,5 %. Стабилизирующая добавка Torcel – 0,10 %

Окончание табл. 1

№ п/п	Конструктивный слой	Номер и наименование состава смеси	Состав рецепта
5	Верхний слой покрытия (переходно-скоростные полосы)	№ 20, асфальтобетонная щебеночно-мастичная смесь ЦМАС 20	Щебень к-р «Утес», фр. 15-20 – 35 %; щебень к-р «Утес», фр. 10-15 – 25 %; щебень к-р «Утес», фр. 5-10 – 14 %; песок из отсевов дробления к-р «Утес» фр. 0-5 – 15 %. Минеральный порошок неактивированный МП-1 ОАО «Горнозаводскцемент» – 11 %. Битум БНДМЭ 90/130 ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» – 5,5 %. Стабилизирующая добавка Torcel – 0,10 %

Транспортно-эксплуатационное состояние участков автомобильных дорог, построенных с применением асфальтобетона на основе битума, модифицированного полимером «Элвалой», оценивалось в соответствии с требованиями ОДН 218.0.006–2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог».

В процессе диагностики автомобильной дороги выполнена оценка состояния дорожного покрытия, в результате которой были зафиксированы дефекты поверхности проезжей части.

Диагностика выполнена с применением специального оборудования для автоматизированной регистрации дефектов с помощью видеокомпьютерной съемки с фиксацией состояния дорожной одежды на электронных носителях информации.

По результатам диагностики дается оценка в баллах по каждому виду дефектов в соответствии с табл. 2 (табл. 5.16 ОДН 218.0.006–2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог»).

Таблица 2

Виды дефектов и их оценка в баллах

Вид дефекта	Оценка в баллах
Без дефектов и поперечные одиночные трещины на расстоянии более 40 м (для переходных покрытий отсутствие дефектов)	5,0

Продолжение табл. 2

Вид дефекта	Оценка в баллах
Поперечные одиночные трещины (для переходных покрытий отдельные выбоины) на расстоянии 20–40 м между трещинами	4,8–5,0
То же, на расстоянии 10–20 м	4,5–4,8
Поперечные редкие трещины (для переходных покрытий выбоины) на расстоянии 8–10 м	4,0–4,5
То же, на расстоянии 6–8 м	3,8–4,0 (3,0–4,0) ¹
То же, на расстоянии 4–6 м	3,5–3,8 (2,0–3,0) ¹
Поперечные частые трещины на расстоянии между соседними трещинами 3–4 м	3,0–3,5
То же, на расстоянии 2–3 м	2,8–3,0
То же, на расстоянии 1–2 м	2,5–2,8
Продольная центральная трещина	4,5
Продольные боковые трещины	3,5
Одиночная сетка трещин на площади до 10 м ² с крупными ячейками (сторона ячейки более 0,5 м)	3,0
Одиночная сетка трещин на площади до 10 м ² с мелкими ячейками (сторона ячейки менее 0,5 м)	2,5
Густая сетка трещин на площади до 10 м ²	2,0
Сетка трещин на площади более 10 м ² при относительной площади, занимаемой сеткой, 30–10 %	2,0–2,5
То же, 60–30 %	1,8–2,0
То же, 90–60 %	1,5–1,8
Колейность при средней глубине колеи до 10 мм	5,0
То же, 10–20 мм	4,0–5,0
То же, 20–30 мм	3,0–4,0
То же, 30–40 мм	2,5–3,0
То же, 40–50 мм	2,0–2,5
То же, 50–70 мм	1,8–2,0
То же, более 70 мм	1,5
Просадки (пучины) при относительной площади просадок 20–10 %	1,0–1,5
То же, 50–20 %	0,8–1,0
То же, более 50 %	0,5
Проломы дорожной одежды (вскрывшиеся пучины) при относительной площади, занимаемой проломами, 10–5 %	1,0–1,5
То же, 30–10 %	0,8–1,0
То же, более 30 %	0,5–0,8
Одиночные выбоины на покрытиях, содержащих органическое вяжущее (расстояние между выбоинами более 20 м)	4,0–5,0

Вид дефекта	Оценка в баллах
Отдельные выбоины на покрытиях, содержащих органическое вяжущее (расстояние между выбоинами 10–20 м)	3,0–4,0
Редкие выбоины в тех же случаях (расстояние 4–10 м)	2,5–3,0
Частые выбоины в тех же случаях (расстояние 1–4 м)	2,0–2,5
Карты заделанных выбоин, залитые трещины	3,0
Поперечные волны, сдвиги	2,0–3,0
Шелушение, выкрашивание ²	–
Разрушение поперечных и продольных швов ³	–
Ступеньки в швах ³	–
Перекося плит ³	–
Скол углов плит ³	–

Примечания: ¹ Дорожные одежды переходного типа. ² На прочность нежестких одежд влияет мало. ³ Характерно для цементобетонных покрытий.

В процессе визуальной оценки состояния покрытия его делят на однотипные участки длиной от 100 до 1000 м, границы которых назначают по однотипным или близким дефектам. Расстояния устанавливают по спидометру автомобиля или датчику пройденного пути. Внутри каждого участка назначают частные микроучастки протяженностью 20–50 м с практически одинаковым состоянием дорожной одежды (с однотипными видами дефектов).

На каждом однотипном участке в камеральных условиях вычисляют средневзвешенный балл B_{cp} :

$$B_{cp} = (\sum B_i \cdot l_i) / \sum l_i = (B_1 \cdot l_1 + B_2 \cdot l_2 + \dots + B_n \cdot l_n) / (l_1 + l_2 + \dots + l_n),$$

где B_i и l_i – соответствующие баллы (см. табл. 2) и протяженность частных микроучастков i с практически одинаковым состоянием дорожной одежды в баллах; n – количество частных микроучастков в составе однотипного участка.

Вероятное значение коэффициента прочности определяют в зависимости от величины средневзвешенного балла, характеризующего состояние дорожной одежды на однотипном участке обследуемой дороги (табл. 3) (табл. 4.12 ОДН 218.0.006–2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог»).

Таблица 3

Значения коэффициентов прочности дорожной одежды

Значения среднего балла B_{cp}	Величина коэффициента прочности K_{np}
5,0	1,0
4,5	0,95
4,0	0,90
3,5	0,85
3,0	0,80
2,5	0,75
2,0	0,70
1,5	0,65
1,0	0,60

Значения средневзвешенного балла B_{cp} и соответствующего коэффициента прочности для обследуемых участков автомобильных дорог приведены в табл. 4.

Таблица 4

Значения фактических величин коэффициентов прочности дорожной одежды

Автомобильная дорога	Средневзвешенный балл B_{cp}	Величина коэффициента прочности K_{np}
«Пермь – Березники», км 24+133 – км 25+680, 2012 г.	4,92	0,99
«Пермь – Березники», км 25+780 – км 37+024, 2012 г.	4,98	1,0
«Ул. Спешилова», 2010 г.	4,54	0,95
«Ул. Ушакова», 2010 г.	4,73	0,97

Величина коэффициента прочности, определенная по видам дефектов, характеризует снижение прочности конструкции дорожной одежды (включая верхний слой асфальтобетонного покрытия) по сравнению с начальной прочностью (после ремонта, капитального ремонта, реконструкции).

Как видно из табл. 4, снижение прочности конструкции дорожной одежды на всех обследуемых участках автомобильных дорог, включая городские улицы, отремонтированные в 2010 г., незначительно и составляет от 3 % для ул. Ушакова до 5 % для ул. Спешилова. Для участков загородной дороги «Пермь – Березники» коэффициенты прочности дорожной одежды составляют 1,0, т.е. за два года эксплуа-

тации асфальтобетонного покрытия после ремонта на нем практически нет дефектов и его прочность равна начальной прочности после ремонта.

Продольная ровность покрытия как одна из характеристик транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог определена в соответствии с ОДН 218.0.006–2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог», а также в соответствии с Руководством по оценке ровности дорожных покрытий толчкомером.

Сплошные измерения продольной ровности дорожного покрытия выполнены с помощью передвижной дорожной лаборатории ДВК-05 по международному показателю (индексу) ровности IRI (International Roughness Index), а также по ПКРС-2У. Состояние покрытия проезжей части автомобильных дорог по продольной ровности оценивают путем сравнения фактических показателей ровности с предельно допустимыми значениями.

Согласно международным нормам ровность оценивается следующим образом:

$IRI < 1,0$ – отличное;

$1,0 \leq IRI \leq 1,5$ – очень хорошее;

$1,5 \leq IRI \leq 2,5$ – хорошее;

$2,5 \leq IRI \leq 3,5$ – среднее;

$3,5 \leq IRI \leq 4,5$ – удовлетворительное;

$IRI > 4,5$ – плохое.

В России ровность по показателю IRI регламентирует СП 78.13330.2012² (п. 16.7, табл. 12); по прибору ПКРС-2У – ОДН 218.0.006–2002 (п. 4.6.8, табл. 4.7).

Показатели продольной ровности по IRI и по прибору ПКРС-2У приведены в сводной табл. 5.

На всех обследованных участках автомобильных дорог состояние покрытия проезжей части по показателю ровности можно оценить как «хорошее» ($1,5 \leq IRI \leq 2,5$) и «очень хорошее» ($1,0 \leq IRI \leq 1,5$). Показатель IRI для всех участков автомобильных дорог не превышает предельно допустимое значение 2,2 м/км по СП 78.13330.2012 и не превышает предельно допустимое значение показателя продольной ровности по прибору ПКРС-2У по ОДН 218.0.006–2002.

² СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03–85. М., 2012. 118 с.

Таблица 5

Показатели продольной ровности обследованных участков
автомобильных дорог

Автомобильная дорога	Показатель IRI, м/км	Допустимое значение IRI, м/км	Показатель продольной ровности по прибору ПКРС-2У, см/км	Допустимое значение, см/км
«Пермь – Березники», км 24+133 – км 25+680, 2012 г.	1,81	2,2	688	860
«Пермь – Березники», км 25+780 – км 37+024, 2012 г.	1,37	2,2	551	860
«Ул. Спешилова», 2010 г.	1,51	2,2	603	660
«Ул. Ушакова», 2010 г.	1,52	2,2	604	860

Оценку глубины колеи на покрытии выполняют в соответствии с методикой, изложенной в ОДН 218.0.006–2002 и ОДМД «Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах»³.

Измерения колеи дорожного покрытия выполнены с помощью передвижной дорожной лаборатории ДВК-05 в прямом и обратном направлении по каждому участку по внутренней и внешней полосе с шагом в 100 м. Средние значения глубины колеи по каждому участку приведены в табл. 6.

Таблица 6

Средние значения глубины колеи обследованных участков
автомобильных дорог

Автомобильная дорога	Среднее значение глубины колеи, см	Допустимое значение глубины колеи, см
«Пермь – Березники», км 24+133 – км 25+680, 2012 г.	0,9	1,2
«Пермь – Березники», км 25+780 – км 37+024, 2012 г.	0,5	1,2
«Ул. Спешилова», 2010 г.	1,5	2,5
«Ул. Ушакова», 2010 г.	1,4	2,5

³ ОДМД. Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах. М., 2002. 178 с.

На ул. Спешилова есть участок длиной около 600 м по направлению из г. Перми, где глубина колеи превышает допустимое значение и составляет от 2,7 до 4,8 см. Данный участок относится к участку интенсивного разгона после перекрестка и торможения на кривой малого радиуса. В целом по каждому участку глубина колеи меньше допустимых значений.

Показатель сцепления определен портативным прибором ППК-МАДИ-ВНИИБД для измерения коэффициента сцепления дорожных покрытий. Результаты определения коэффициента сцепления приведены в табл. 7.

Таблица 7

Средние значения коэффициента сцепления обследованных участков автомобильных дорог

Автомобильная дорога	Коэффициент сцепления
«Пермь – Березники», км 24+133 – км 25+680, 2012 г.	0,37
«Пермь – Березники», км 25+780 – км 37+024, 2012 г.	0,41
«Ул. Спешилова», 2010 г.	0,38
«Ул. Ушакова», 2010 г.	0,32

Минимально допустимый коэффициент сцепления определяется в соответствии с табл. 8.

Таблица 8

Допустимые значения коэффициента сцепления при определении прибором ППК-МАДИ-ВНИИБД

Условия движения	Характеристика участков дорог	Минимально допустимый коэффициент сцепления
Легкие	Участки прямые или на кривых радиусами 1000 м и более, горизонтальные или с продольными уклонами не более 30 %, с элементами поперечного профиля, соответствующими нормам, с укрепленными обочинами, без пересечений в одном уровне, при уровне загрузки не более 0,3	0,28

Условия движения	Характеристика участков дорог	Минимально допустимый коэффициент сцепления
Затрудненные	Участки на кривых в плане радиусами от 250 до 1000 м, на спусках и подъемах с уклонами от 30 до 60 %, участки в зонах сужений проезжей части, а также участки дорог, отнесенные к легким условиям движения при уровнях загрузки 0,3–0,5	0,3
Опасные	Участки с видимостью, менее расчетной, подъемы и спуски с уклонами, превышающими расчетные; зоны пересечений в одном уровне, а также участки, отнесенные к легким и затрудненным условиям, при уровне загрузки свыше 0,5	0,32

Участки автомобильных дорог с покрытием проезжей части из полимерасфальтобетона имеют коэффициенты сцепления, превышающие минимально допустимые значения.

Таким образом, транспортно-эксплуатационное состояние участков автомобильных дорог, построенных с применением полимерно-битумного вяжущего ПБВЭ, соответствует требованиям нормативных документов и может быть оценено как «отличное». Коэффициент прочности составил 0,95–0,97 за 4 года эксплуатации и 0,99–1,0 за 2 года эксплуатации. Состояние покрытий по показателю ровности также оценивается как «хорошее» и «очень хорошее». Сцепление колеса с покрытием по методу ППК-МАДИ обеспечено и характеризуется коэффициентами от 0,32 до 0,41, что соответствует нормативным требованиям.

Список литературы

1. Галдина В.Д. Модифицированные битумы: учеб. пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2009. – 228 с.
2. Бонченко Г.А. Асфальтобетон. Сдвигоустойчивость и технология модифицирования полимером. – М.: Машиностроение, 1994. – 175 с.
3. Гезенцвей Л.Б. Дорожный асфальтобетон. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.

4. Применение модифицированных битумов производства ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» в дорожном строительстве Пермского края / Л.С. Щепетева, А.В. Березин, И.В. Овчаров, Р.Г. Шпенст, А.С. Дегтянников, А.Н. Нечаев // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 6. – С. 54–57.

References

1. Galdina V.D. Modifitsirovannye bitумы [Modified bitumens]. Omsk: Sibirskaiia gosudarstvennaia avtomobil'no-dorozhnaia akademiia, 2009, 228 p.

2. Bonchenko G.A. Asfal'tobeton. Sdvigoustoichivost' i tekhnologiia modifitsirovaniia polimerom [Asphalt concrete. Resistance to shear and polymer modification technology]. Moscow: Mashinostroenie, 1994, 175 p.

3. Gezentsvei L.B. Dorozhnyi asfal'tobeton [Road asphalt concrete]. Moscow: Transport, 1985, 350 p.

4. Shchepeteva L.S., Berezin A.V., Ovcharov I.V., Shpenst R.G., Degtiannikov A.S., Nechaev A.N. Primenenie modifitsirovannykh bitumov proizvodstva ООО «LUKOIL-Permnefteorgsintez» v dorozhnom stroitel'stve Permskogo kraia [Application of modified bitumen production of «LUKOIL-Permnefteorgsintez» for road building in the Perm Krai]. *Zashchita okruzhaiushchei sredy v neftegazovom komplekse*, 2010, no. 6, pp. 54-57.

Получено 3.12.2014

Сведения об авторах

Щепетева Людмила Станиславовна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и мосты» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., д. 29, e-mail: adfsad@pstu.ru).

Семенов Семен Семенович (Пермь, Россия) – ассистент кафедры «Автомобильные дороги и мосты» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., д. 29, e-mail: adfsad@pstu.ru).

About the authors

Shchepeteva Lyudmila Stanislavovna (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Highways and Bridges, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: adfsad@pstu.ru).

Semenov Semen Semenovich (Perm, Russian Federation) – Assistant, Department of Highways and Bridges, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: adfsad@pstu.ru).