

ВЛИЯНИЕ УКРЕПЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОБОЧИН НА ИЗМЕНЕНИЕ ДЕФЕКТНОСТИ ПО ШИРИНЕ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

IMPACT OF THE ROADSIDE REINFORCED COMPONENTS ON THE CHANGE OF DEFECTIVENESS BY THE ROAD PAVEMENT WIDTH

Е. М. Жуковский,
старший преподаватель
кафедры «Автомобильные
дороги» Белорусского
национального технического
университета, г. Минск,
Республика Беларусь

А. В. Ладышев,
научный сотрудник Центра
научных исследований
и испытаний дорожно-
строительных и
гидроизоляционных
материалов Белорусского
национального технического
университета, г. Минск,
Республика Беларусь

А. В. Корончик,
инженер Центра научных
исследований и испытаний
дорожно-строительных
и гидроизоляционных
материалов Белорусского
национального технического
университета, г. Минск,
Республика Беларусь

С. Е. Кравченко,
кандидат технических
наук, доцент, декан
факультета транспортных
коммуникаций Белорусского
национального технического
университета, г. Минск,
Республика Беларусь

В статье рассмотрено влияние укрепленных элементов обочин на дефектность дорожных покрытий.

В рамках проведенного натурного эксперимента сосредоточено внимание на исследовании влияния поверхностных вод и температурного режима на слои дорожной конструкции. При этом особое внимание уделено их влиянию по ширине проезжей части. Была проведена оценка состояния участков автомобильных дорог по дефектности по ширине покрытий.

Результаты исследования показывают, что значительное влияние на состояние дорожной конструкции в целом оказывает параметр гидроизоляции γ , под которым понимают суммарную ширину элементов дорожной конструкции, выполняющих роль гидроизоляции слоев дорожной одежды и земляного полотна (укрепленные полосы обочин, остановочные полосы, полосы движения, гидроизоляционные прослойки на обочинах), исчисляемую от правого края рассматриваемой полосы движения в направлении бровки обочины.

Таким образом, основным фактором, влияющим на работу дорожной конструкции по ширине проезжей части, является параметр гидроизоляции γ , в частности, его величина.

При невозможности обеспечить высокий показатель параметра гидроизоляции традиционными методами (укрепленные и остановочные полосы) необходимо прибегать к гидроизоляции обочин. В таком случае гидроизоляция обочин обеспечивает снижение влажности земляного полотна на 10 %–15 %, если поверхностные воды являются основным источником увлажнения.

Проведенное исследование позволяет произвести планирование мероприятий по укреплению обочин путем устройства гидроизоляционных слоев из материалов, которые будут применяться в целях защиты земляного полотна от переувлажнения поверхностными водами, сохранения целостности дорожной одежды в зоне крайней полосы наката, а также повышения эксплуатационных характеристик дорожной конструкции в целом.

***Ключевые слова:** автомобильная дорога, дорожная конструкция, параметр гидроизоляции γ , поверхностные воды, надежность и долговечность, укрепленные элементы обочин.*

The article describes the impact of the roadside reinforced elements on the road pavement defectiveness.

Within the performed full-scale experiment, focus was brought to the impact of the surface waters and temperature regime to the road construction layers. Herewith a special attention was paid to their impact by the carriage way width. Thus, the evaluation of the road sections' condition by defectiveness by the pavement width was performed.

The study results show that Y water proofing parameter has a significant effect on the state of the road construction in general; it includes an aggregate width of the road construction elements, serving as the water proofing for the road pavement layers and sub-grade (reinforced roadside lanes, stopping lanes, traffic lanes, water proofing courses on the roadsides), estimated from the right edge of the traffic line in question to the direction of the roadside edge.

Therefore, Y water proofing parameter, in particular, its value can be considered as the principal factor affecting the performance of the road construction by the carriage way width.

In case it is impossible to ensure a high value of the water proofing parameter using the standard methods (reinforced and stopping lanes), it is necessary to apply water proofing of the lanes. In this case water proofing of the lanes ensures the reduction of the sub-grade humidity by 10 %–15 % if the surface waters are the principal source of moisturization.

The study performed allows planning the measures to reinforce the roadsides by arranging the water proofing layers from the materials, which will be used for sub-ground protection from over-moisturization with the surface waters, for preservation of the road pavement integrity in the area of the extreme track, and also for improvement of the road construction performance properties in general.

Key words: road, road construction, Y water proofing parameter, surface water, reliability and durability, reinforced roadside lanes.

ВВЕДЕНИЕ

Опыт наблюдений за дорожными одеждами улиц населенных пунктов и автомобильных дорог общего пользования показывает, что снижение транспортно-эксплуатационных характеристик конструкций дорожных одежд происходит неравномерно по ширине проезжей части. Первые полосы движения многополосных дорог больше подвержены возникновению пластических деформаций, сетки трещин, выбоин и просадок [1], [2]. Аналогичные дефекты возникают и под полосами наката, расположенными ближе к кромке проезжей части двухполосных дорог.

Данные дефекты значительно снижают уровень безопасности движения, потребительские качества

покрытия и имеют зачастую критический характер, когда требуется немедленное принятие мер по их устранению. Фактические сроки службы покрытия первых полос проезжей части зачастую на 50 % ниже, чем покрытия на других полосах.

К основным факторам, которые определяют различие в условиях работы конструкции дорожной одежды по ширине проезжей части, можно отнести: воздействие транспортной нагрузки, влагонакопление и водоотведение конструкций, морозоустойчивость конструкций, влияние геометрических параметров трассы, надежность дорожных одежд. Однако данные факторы не в полной мере учтены при проектировании нежестких дорожных одежд, что и является причиной их преждевременного разрушения [2].

ВЫБОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Источниками увлажнения земляного полотна являются: поверхностные воды, поступающие в виде осадков через трещины в покрытии; поверхностные воды, поступающие в виде осадков через обочины; поверхностные воды, поступающие к дороге с прилегающей местности через откосы и кюветы; грунтовые воды, поступающие вследствие капиллярного поднятия воды с уровня грунтовых вод. Таким образом, наибольшему увлажнению подвержены конструктивные слои дорожной одежды и грунты земляного полотна, находящиеся под правой полосой наката.

При устройстве земляного полотна и дорожных конструкций по требованиям [3], [4], [5] увлажнение конструктивных слоев и грунтов земляного полотна поверхностными водами, поступающими с прилегающей местности, и грунтовыми водами, поступающими вследствие капиллярного поднятия воды, сводится к минимальному.

Увлажнение за счет поверхностных вод, поступающих через обочины, зависит от принятых конструктивных решений, а увлажнение за счет поверхностных вод, поступающих через трещины покрытия, увеличивается со сроком службы дороги. В настоящее время вопросы влагонакопления и этих источников в практике проектирования дорожных конструкций в полной мере не учитываются.

Для оценки влияния укрепленных элементов обочин на дефектность дорожных покрытий проведено масштабное исследование, показывающее закономерности изменения надежности и долговечности дорожной одежды по ширине проезжей части в зависимости от величины укрепленных элементов обочины, от увлажнения поверхностными водами через обочины и трещины в покрытии.

Проведенное исследование позволяет более широко рассмотреть вопрос учета влияния укрепленных элементов обочин на надежность и дол

вечность дорожных одежд, при проектировании которых в настоящее время традиционно рассматриваются в основном критерии морозозащиты пучинистых грунтов и водоотведения от слабофильтрующих грунтов рабочей зоны земляного полотна.

Для исследования влияния укрепленных элементов обочин на работу дорожной конструкции была проведена оценка состояния участков автомобильных дорог по дефектности покрытий на разных полосах.

Для достоверности эксперимента исследуемые участки соответствовали следующим критериям:

1) рассмотрены дороги с двумя полосами движения для исключения влияния интенсивности и грузонапряженности движения;

2) участки выбраны с различными поперечными профилями (насыпи, выемки) для учета разных вариантов влагонакопления в дорожной конструкции;

3) исследованы участки с различными продольными профилями (спуски и подъемы различного уклона, вогнутые и выпуклые вертикальные кривые);

4) рассмотрены автомобильные дороги с различными укрепленными элементами обочин (укрепленные и остановочные полосы);

5) изучены участки с различным сроком службы, расположенные во всех дорожно-климатических районах Республики Беларусь.

В таблице 1 представлен перечень исследованных участков.

Таблица 1 – Перечень исследованных участков

Дорожно-климатический район (ДКР)	Дорога	Участок, км
1 (северный, влажный)	М-3 Минск – Витебск	87; 89; 95; 107; 114; 127; 156; 214; 250
	М-8/Е 95 Граница Российской Федерации (Езерище) – Витебск – Гомель – граница Украины (Новая Гута)	96; 120; 180; 199; 248
	Р-15 Кричев – Орша – Лепель	113; 169; 195; 236; 243
	Р-20 Витебск – Полоцк – граница Латвийской Республики (Григоровщина)	100; 101; 119; 121
	Р-45 Полоцк – Глубокое – граница Литовской Республики (Котловка)	12; 25; 45; 74
	Р-20 Витебск – Полоцк – граница Латвийской Республики (Григоровщина)	20
	Р-115 Витебск – Городок (до автомобильной дороги М-8/Е 95)	10
2 (центральный, умеренно влажный)	Р-28 Минск – Молодечно – Нарочь	94
	Р-31 Бобруйск (от автомобильной дороги М-5/Е 271) – Мозырь – граница Украины (Новая Рудня)	8; 55; 71
	Р-43 Граница Российской Федерации (Звенчатка) – Кричев – Бобруйск – Ивацевичи (до автомобильной дороги Р-2/Е 85)	78; 295; 482
	Р-48 Ворона – Ошмяны – Юратишки – Ивье	1; 2; 7; 10; 11; 25
	Р-53 Слобода – Новосады	33; 34
	Р-54 Першай – Ивенец – Несвиж (через Деревная)	23; 25; 40; 41; 46; 83; 100; 102; 103
	Р-89 Лида – Трокели – Геранёны – граница Литовской Республики (Геранёны)	10; 21; 22; 27; 28; 32
	Р-106 Молодечно – Сморгонь	47; 48; 49

Окончание таблицы 1

Дорожно-климатический район (ДКР)	Дорога	Участок, км
3 (южный, неумеренно влажный)	Р-6 Ивацевичи – Пинск – Столин	3; 7; 20; 39; 104; 114; 124
	Р-16 Тюхиновичи – Высокое – граница Республики Польша (Песчатка)	3; 18
	Р-23 Минск – Микашевичи	148; 159; 185; 189; 193
	Р-31 Бобруйск (от автомобильной дороги М-5/Е 271) – Мозырь – граница Украины (Новая Рудня)	110; 116; 117; 129; 131
	Р-33 Речица – Хойники (до автомобильной дороги Р-35)	10; 15; 25; 43; 45
	Р-44 Гродно – Ружаны – Ивацевичи	3; 33; 48; 65
	Р-88 Житковичи – Давид-Городок – граница Украины (Верхний Теребежов)	39; 57; 66; 73; 83; 87; 88
	Р-94 Брест – граница Республики Польша (Домачево)	21; 29
Р-99 Барановичи – Волковыск – Пограничный – Гродно	69; 74; 86; 106	

Дефектность покрытия определялась по полосам движения. Для определения дефектности покрытия выбирались участки длиной 100 м. Причем определялись отдельно площади дефектов для правого и левого сегмента полосы движения. Под сегментом понимается половина полосы движения, как показано на рисунке 1.

Для получения данных о состоянии покрытия использовался визуальный метод по [6]. Производилась видеофиксация состояния покрытий с последующей камеральной обработкой. Примеры состояния покрытий представлены на рисунке 2.

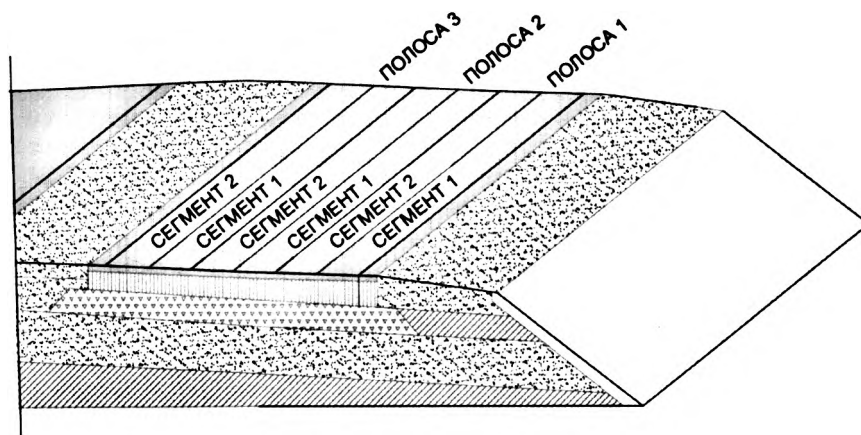


Рисунок 1 – Схема разбивки по сегментам

а)



б)



в)



Рисунок 2 – Состояние дорожного покрытия на автомобильной дороге:
 а) Р-45 Полоцк – Глубокое – граница Литовской Республики (Котловка), км 74;
 б) Р-54 Першай – Ивенец – Несвиж (через Деревная), км 83;
 в) Р-23 Минск – Микашевичи, км 189

Дефектность покрытия определяется процентом дефектности от общей площади оцениваемого участка покрытия по методике [6].

Было определено соотношение дефектностей правого и левого сегмента полосы Δ по формуле

$$\Delta = S_{11} / S_{12}, \quad (1)$$

где S_{11} – расчетная площадь дефектности правого сегмента участка, м²;

S_{12} – расчетная площадь дефектности левого сегмента участка, м².

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

Для анализа полученных результатов введем понятие параметра гидроизоляции Y .

Параметром гидроизоляции Y называется суммарная ширина элементов дорожной конструкции, выполняющих роль гидроизоляции слоев дорожной одежды и земляного полотна (укрепленные полосы обочин, остановочные полосы, полосы движения, гидроизоляционные прослойки на обочинах), исчисляемая от правого края

рассматриваемой полосы движения в направлении бровки обочины.

По полученным данным были построены графики зависимости соотношения дефектностей правого и левого сегмента полосы Δ от срока службы T для каждого дорожно-климатического района. Графики представлены на рисунке 3.

Стоит отметить, что разница в соотношении дефектности участков дорог, расположенных в насыпях и выемках, незначительная и составляет не более 5 %. Таким образом, дальнейшее рассмотрение зависимости дефектности по ширине проезжей части от величины укрепленных элементов обочины производилось без учета различий поперечного профиля.

Из графиков на рисунке 3 видно, что при параметре гидроизоляции Y , равном 0 м, происходит интенсивное нарастание дефектности для правых сегментов по отношению к левым. Причем дефектность правых сегментов в первом дорожно-климатическом районе будет превышать дефектность левых сегментов в 2 раза уже на 3-й год эксплуатации покрытия, во втором – на 5-й год, а в третьем – на 7-й.

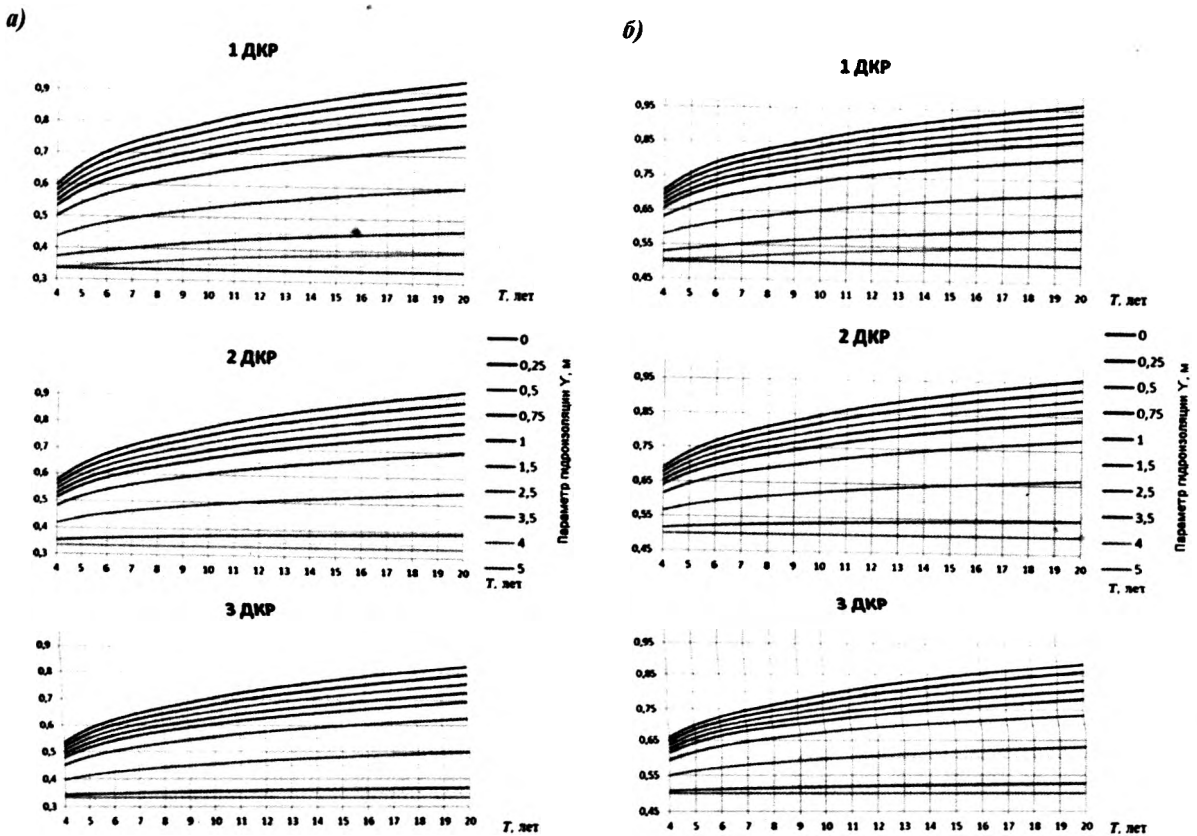


Рисунок 4 – Доля дефектности первых полос от воздействия поверхностных вод и температурного режима при различных параметрах гидроизоляции Y (на кривых): а – шестиполосная дорога; б – четырехполосная дорога

Укрепленные полосы обочин, что соответствует параметру гидроизоляции Y , равному 0,5 м, создают концентрации дефектов в пределах первой полосы. В таком случае уже на 4-й год эксплуатации доля дефектов на первой полосе будет составлять от 0,55 до 0,90 в зависимости от числа полос движения и рассматриваемого дорожно-климатического района.

При параметре гидроизоляции Y , равном 2,5 м (остановочная полоса), доля дефектов на первых полосах шестиполосных дорог составляет от 0,40 до 0,60, а на дорогах с четырьмя полосами – от 0,55 до 0,7.

Дальнейшее увеличение параметра гидроизоляции Y до величины 4–5 м позволяет полностью нивелировать различия долей дефектов по полосам.

Таким образом, основным фактором влияния поверхностных вод и температурного режима дорожной конструкции на разных полосах проезжей части является величина параметра гидроизоляции Y .

Увеличение параметра гидроизоляции Y существенно снижает негативное воздействие поверхностных вод и температурного режима на надежность дорожной конструкции по разным полосам движения. При параметре гидроизоляции Y , равном 0,5 м, основной объем дефектов (55 %–95 % – на дорогах с шестью полосами и 65 %–95 % – на дорогах с четырьмя полосами) будет расположен на первой полосе многополосных дорог в пределах наиболее часто принимаемых расчетных сроков службы (10–14 лет).

Остановочная полоса (параметр гидроизоляции Y составляет 2,5 м) позволяет замедлить процесс образования дефектов и разрушений дорожной конструкции на 65 %–70 % вне зависимости от числа полос движения.

При величине параметра гидроизоляции Y от 4 до 5 м в первом дорожно-климатическом районе дефектность распределяется практически равномерно по всем полосам движения. Во втором и третьем районе это происходит при величине от 3,5 до 4 м.

Величина дефектов по каждой полосе движения составляет 33 %–40 % от общего их числа на дорогах с шестью полосами и 50 %–55 % – на дорогах с четырьмя полосами.

СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ПАРАМЕТРА ГИДРОИЗОЛЯЦИИ

Как видно из результатов исследования, значительное влияние на состояние дорожной конструкции оказывает параметр гидроизоляции Y . При невозможности обеспечить его традиционными методами (укрепленные и остановочные полосы) необходимо прибегать к гидроизоляции обочин.

Гидроизоляция обочин обеспечивает снижение влажности земляного полотна на 10 %–15 %, если основным источником увлажнения являются поверхностные воды [8].

Укрепление обочин путем устройства слоев из специальных дорожно-строительных материалов применяется для защиты земляного полотна от переувлажнения поверхностными водами, снижения аварийности, сохранения целостности дорожной одежды в зоне крайней полосы наката и кромки проезжей части, повышения эксплуатационных характеристик дорожной конструкции в целом.

Для устройства слоев гидроизоляции могут быть использованы различные органические вяжущие материалы, рулонные гидроизоляционные материалы, нефтяные шламы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования показали, что дефектность распространяется неравномерно по ширине

проезжей части, причем наибольшая ее концентрация ближе к кромке проезжей части и зависит от параметра гидроизоляции Y .

Параметром гидроизоляции Y называется суммарная ширина элементов дорожной конструкции, выполняющих роль гидроизоляции слоев дорожной одежды и земляного полотна (укрепленные полосы обочин, остановочные полосы, полосы движения, гидроизоляционные прослойки на обочинах), исчисляемая от правого края рассматриваемой полосы движения в направлении бровки обочины.

При параметре гидроизоляции Y , равном 0 м, происходит интенсивное нарастание дефектности правых сегментов по отношению к левым.

При увеличении параметра гидроизоляции Y до 0,5 м, что соответствует ширине укрепленной полосы обочины на автомобильных дорогах I–IV категорий по [3], и дорогах I-б, I-в, III и IV категорий, устроенных по [7], наблюдается снижение интенсивности нарастания дефектности правых сегментов по отношению к левым, однако их значение достаточно высоко.

Устройство остановочных полос шириной 2,5 м позволяет значительно снизить интенсивность прироста дефектности.

При параметре гидроизоляции Y , равном 3,0 м и более, не наблюдается существенных различий в дефектности по ширине покрытия. Такое значение характерно для вторых и третьих полос движения, а также для обочин с дополнительными слоями гидроизоляции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тришин, Г. Г. Прочность многополосных дорог / Г. Г. Тришин, Р. З. Порицкий, В. П. Корюков // Автомобильные дороги. – 1978. – № 9. – С. 22–23.
2. Факторы, определяющие характер напряженно-деформированного состояния дорожной конструкции на различных полосах движения транспорта / Е. М. Жуковский [и др.] // Автомобильные дороги и мосты. – 2021. – № 2 (28). – С. 14–23.
3. Автомобильные дороги : СН 3.03.04-2019. – Минск, 2020. – 47 с.
4. Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования : ТКП 200-2018 (33200). – Минск, 2018. – 198 с.
5. Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования : ТКП 45-3.03-112-2008 (02250). – Минск, 2008. – 114 с.
6. Автомобильные дороги. Порядок выполнения диагностики : ТКП 140-2015 (33200). – Минск, 2015. – 68 с.
7. Автомобильные дороги. Нормы проектирования : ТКП 45-3.03-19-2006 (02250). – Минск, 2006. – 68 с.
8. Технические указания по оценке и повышению технико-эксплуатационных качеств дорожных одежд и земляного полотна автомобильных дорог : ВСН 29-76. – М. : Транспорт, 1976. – 13 с.

SPISOK ISPOL'ZOVANNOJ LITERATURY

1. Trishin, G. G. Prochnost' mnogopolosny`x dorog / G. G. Trishin, R. Z. Poritskij, V. P. Koryukov // Avtomobil'ny'e dorogi. – 1978. – № 9. – S. 22–23.
2. Faktory, opredelyayushhie karakter napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya dorozhnoj konstrukcii na razlichny`x polosax dvizheniya transporta / E. M. Zhukovskij [i dr.] // Avtomobil'ny'e dorogi i mosty'. – 2021. – № 2 (28). – S. 14–23.
3. Avtomobil'ny'e dorogi : SN 3.03.04-2019. – Minsk, 2020. – 47 s.
4. Avtomobil'ny'e dorogi. Zemlyanoje polotno. Pravila proektirovaniya : TKP 200-2018 (33200). – Minsk, 2018. – 198 s.
5. Avtomobil'ny'e dorogi. Nezhestkie dorozhny'e odezhdy'. Pravila proektirovaniya : TKP 45-3.03-112-2008 (02250). – Minsk, 2008. – 114 s.
6. Avtomobil'ny'e dorogi. Poryadok vy`polneniya diagnostiki : TKP 140-2015 (33200). – Minsk, 2015. – 68 s.
7. Avtomobil'ny'e dorogi. Normy' proektirovaniya : TKP 45-3.03-19-2006 (02250). – Minsk, 2006. – 68 s.
8. Texnicheskie ukazaniya po ocenke i povy`sheniyu texniko-e`kspluacionny`x kachestv dorozhny`x odezhd i zemlyanogo polotna avtomobil'ny`x dorog : VSN 29-76. – M. : Transport, 1976. – 13 s.

Статья поступила в редакцию 03.06.2022.