

## ВЫБОР ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА АСФАЛЬТОБЕТОНА ПОВЫШЕННОЙ КОЛЕЕСТОЙКОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ ДЛЯ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Онищенко А.Н., к.т.н., доцент

*Национальный транспортный университет (г. Киев)*

Образования колеи в асфальтобетонном покрытии существенно влияют на транспортно-эксплуатационные показатели мостов [1-5]. В странах Западной и Центральной Европы предупреждения пластического деформирования асфальтобетонных покрытий рассматривается как важное задание, над решением которого постоянно работают ученые и производственники. Колейность является распространенной разновидностью разрушения асфальтобетонных покрытий на мостах (рис. 1).



Рис. 1 Измерение автором величины колеи на асфальтобетонном покрытии на эстакадной железобетонной части Южного мостового перехода

При эксплуатации асфальтобетонного покрытия устроенного на жестких основах автомобильных дорог на его поверхности появляются и накапливаются пластические деформации в виде колеи и сдвигов, что связано с недостаточной колеестойкостью асфальтобетонного покрытия в условиях повышенных температур и недостаточного сцепления между слоями асфальтобетона и жестким основанием. Проблема недостаточной колеестойкости асфальтобетонного покрытия усиливается еще тем, что на жестких основах при высоких температурах существенно снижается модуль упругости асфальтобетона, а модуль упру-

гости основы практически не изменяется. Это приводит к концентрации напряжений на контакте асфальтобетона из жестким основанием и значительных горизонтальных сдвиговых деформаций. Кроме того значительная разница коэффициентов линейного температурного деформирования покрытия и основы часто приводит к отслоению асфальтобетонного покрытия от жесткого основания при колебаниях температуры.

Поэтому повышение колеестойкости асфальтобетонного покрытия на автодорожных железобетонных мостах является актуальной задачей.

**Целью работы является** выбор гранулометрического состава асфальтобетона повышенной колеестойкости экспериментальным методом для автодорожных мостов.

**Результаты испытаний** на колеестойкость асфальтобетонов разных гранулометрических типов при влиянии различных факторов. На кафедре дорожно-строительных материалов и химии Национального транспортного университета, были проведены исследования мелкозернистых асфальтобетонов, которые за гранулометрическим составом относятся к типу А, Б, В и щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) с максимальной крупностью зерна 10 мм и 20 мм на битумном вяжущем «Полигум» [6] и на битуме, модифицированном полимером Kraton D 1101 и Butonal NS 198 в количестве 3% от массы битума (БНД 60/90), а также битум нефтяной дорожный БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130 к накоплению остаточных деформаций в виде колеи. Испытания на колейность проводили с помощью секторного пресса [7-9] и с учетом различных технических параметров, что представлено в работе [10].

Методика изготовления асфальтобетонных **образцов** наведена в работе [10]. С помощью секторного пресса [7] который имитирует условия уплотнения асфальтобетонной смеси на подобию дорожного катка. Для исследования в лабораторных условиях были запроектированы зерновые составы мелкозернистого асфальтобетона типа А, Б, В и щебеночно-мастичного асфальтобетона с максимальной крупностью зерна 10 мм и 20 мм, которые отвечали требованиям ДСТУ Б.В. 2.7 – 119 и ДСТУ Б.В.2.7 – 127. Свойства физико-механических показателей битумного вяжущего «Полигум», битума, модифицированного полимером Kraton D1101 и Butonal NS 198, а также битум нефтяной дорожный БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130 наведены в работе [10].

Внешний вид некоторых асфальтобетонных образцов после испытаний на колейность, после 10000 проходов колеса при температуре 55 °С представлен на рис. 2

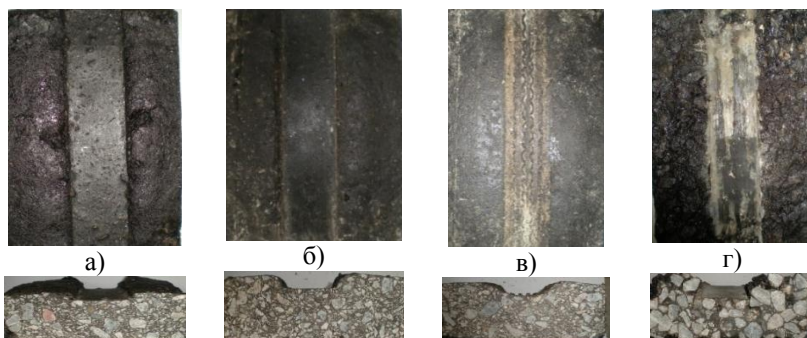


Рис. 2. Вид асфальтобетонных образцов: а)- металлического (Б-20); б) - обрешиненного(Б-20); в) пневматического(Б-20); г)- металлического (ЩМА-20);

Результаты испытаний исследуемых асфальтобетонов на колеяность проводили согласно таблицы 1 наведены на рис.5-19. Из полученных результатов (рис. 3) видно, что самая малая колея у асфальтобетона типа А-10 на битумном вяжущем полигум. Так например после 10 тис проходов колеса глубина колеи у асфальтобетона А-10 у сравнении с вяжущим полигум становится 3,7 мм, на Kraton D1101-3% увеличивается на 2,4 мм, на Butonal NS 198 -3% на 2,9 мм, на битуме БНД 40/60 на 3,5 мм, на битуме БНД 60/90 на 6,2 мм, на битуме БНД 90/130 больше 12 мм. Если сравнивать асфальтобетон типа А-10 на битумном вяжущем полигум (рис. 4) с асфальтобетоном типа А-20 на битумном вяжущем полигум (рис. 4) после 10 тис проходов колеса, то глубина колеи у типа А-20 меньше на 1,76 мм и аналогично для других битумных вяжущих разной вязкости колея меньше у типа А-20 в сравнении с типом А-10.

Полученные результаты (рис. 5) свидетельствуют как влияет материал колеса [10] на интенсивность образования колеи в асфальтобетоне типа Б-10 при нагрузке 600 Н. И так например после 10 тис проходов металлического колеса глубина колеи в асфальтобетоне (рис. 5) становится 4,55 мм, а при обрешиненном колесе колея уменьшается на 1,16 мм, при пневматическом колесе на 0,98 мм в сравнении с металлическим.

Так например асфальтобетоне типа Б-10 на битуме, модифицированном Kraton D1101-3% (рис. 6) при испытании металлического колеса. При нагрузке 400 Н глубина колеи после 1 тис проходов становила 2,25 мм, при нагрузке 600 Н увеличилась на 1,03 мм, при нагрузке 800 Н увеличилась на 2,43 мм, при нагрузке 1000 Н увеличилась на 4,12 мм, при нагрузке 1200 Н увеличилась на 6,94 мм.

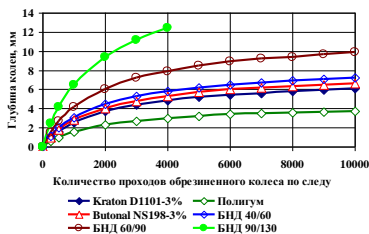


Рис. 3 Зависимость глубины колеи от нагрузки 600 Н, что передается от обрешиненного колеса на образец А-10 на разных битумных вяжущих при температуре 55 °С

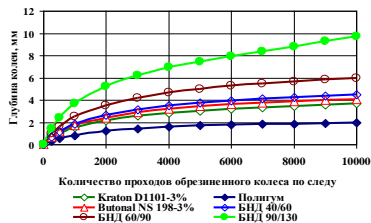


Рис. 4 Зависимость глубины колеи от нагрузки 600 Н, что передается от обрешиненного колеса на образец А-20 на разных битумных вяжущих при температуре 55 °С

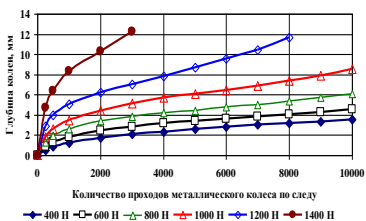


Рис. 5 Зависимость глубины колеи от разной нагрузки, что передается от металлического колеса на образец типа Б-10 на вяжущем Полигум при температуре 55 °С

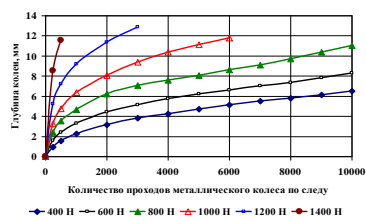


Рис. 6 Зависимость глубины колеи от разной нагрузки, что передается от металлического колеса на образец типа Б-10 на битуме, модифицированном полимером Kraton D1101-3% при температуре 55 °С

Получены результаты (рис. 7, 8) зависимости глубины колеи от разной нагрузки, что передается от металлического, обрешиненного колеса на образец типа Б-10 на битумных вяжущих разной вязкости при температуре 55 °С. Так например при испытании на колеиность после 10 тис проходов обрешиненного колеса глубина колеи при нагрузке 400 Н у асфальтобетона типа Б-10 на вяжущем полигум становила 2,67 мм, а на битуме модифицированном Kraton D1101-3% увеличилась на 2,18 мм, на битуме модифицированном Butonal NS 198 - 3% на 2,33 мм, на битуме БНД 40/60 на 2,53 мм, на битуме БНД 60/90 на 5,10 мм, на битуме БНД 90/130 больше 10 мм. Так например зависимость глубины колеи от разной нагрузки в асфальтобетоне типа Б-10 на битуме БНД 60/90 (рис. 7) при испытании металлического колеса. При нагрузке 400 Н глубина колеи после 1 тис проходов становила 3,62 мм, при нагрузке 600 Н увеличилась на 1,81 мм, при нагрузке 800 Н

увеличилась на 4,35 мм, при нагрузке 1000 Н увеличилась на 7,53 мм, при нагрузке 1200 Н увеличилась на 13,21 мм.

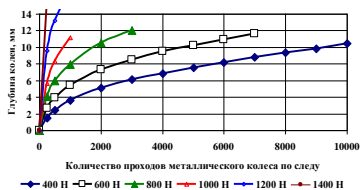


Рис. 7 Зависимость глубины колеи от разной нагрузки, что передается от металлического колеса на образец типа Б-10 на битуме БНД 60/90 при температуре 55 °С

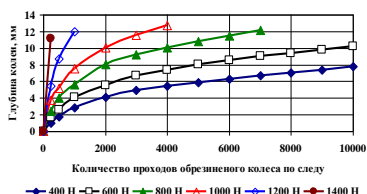


Рис. 8 Зависимость глубины колеи от разной нагрузки, что передается от обремененного колеса на образец типа Б-10 на битуме БНД 60/90 при температуре 55 °С

Так например асфальтобетоне типа Б-10 на битуме БНД 60/90 (рис. 8) при испытании обремененного колеса. При нагрузке 400 Н глубина колеи после 1 тис проходов становила 2,84 мм, при нагрузке 600 Н увеличилась на 1,23 мм, при нагрузке 800 Н увеличилась на 2,81 мм, при нагрузке 1000 Н увеличилась на 4,68 мм, при нагрузке 1200 Н увеличилась на 9,16 мм.

Получены результаты (рис. 9-12) зависимости глубины колеи от разной нагрузки, что передается от металлического, обремененного и пневматического колеса на образец типа Б-20 на битумных вяжущих разной вязкости при температуре 55 °С. Так например при испытании на колеиность после 10 тис проходов металлического колеса глубина колеи при нагрузке 400 Н у асфальтобетона типа Б-10 на вяжущем полигум становила 3,13 мм, а на битуме модифицированном Kraton D1101-3% увеличилась на 2,77 мм, на битуме модифицированном Butonal NS 198 - 3% на 2,95 мм, на битуме БНД 40/60 на 3,19 мм, на битуме БНД 60/90 на 5,60 мм, на битуме БНД 90/130 больше 12 мм. Так например зависимость глубины колеи от разной нагрузки в асфальтобетоне типа Б-20 на битуме БНД 60/90 (рис. 9) при испытании металлического колеса. При нагрузке 400 Н глубина колеи после 1 тис проходов становила 3,03 мм, при нагрузке 600 Н увеличилась на 1,19 мм, при нагрузке 800 Н увеличилась на 2,98 мм, при нагрузке 1000 Н увеличилась на 4,51 мм, при нагрузке 1200 Н увеличилась на 7,90 мм. Например асфальтобетон типа Б-20 на битуме БНД 60/90 (рис. 10) при испытании обремененного колеса. При нагрузке 400 Н глубина колеи после 1 тис проходов становила 2,49 мм, при нагрузке 600 Н увеличилась на 0,85 мм, при нагрузке 800 Н увеличилась на 1,76 мм, при

нагрузке 1000 Н увеличилась на 2,98 мм, при нагрузке 1200 Н увеличилась на 5,87 мм. Например асфальтобетоне типа Б-20 на битуме БНД 60/90 (рис. 11) при испытании пневматического колеса. При нагрузке 400 Н глубина колеи после 1 тис проходов становила 2,79 мм, при нагрузке 600 Н увеличилась на 1,17 мм, при нагрузке 800 Н увеличилась на 2,25 мм, при нагрузке 1000 Н увеличилась на 3,01 мм, при нагрузке 1200 Н увеличилась на 7,25 мм. Анализ полученных результатов (рис. 12) зависимости глубины колеи от нагрузки 600 Н, что передается от обрешиненного колеса на образец В-20, В-10 на разных битумных вяжущих. Так например после 10 тис проходов колеса глубина колеи у асфальтобетона В-10 (рис. 14) у сравнении с вяжущим полигум становит 4,1 мм, на Kraton D1101-3% увеличивается на 3,3 мм, на Butonal NS 198 -3% на 4,4 мм, на битуме БНД 40/60 на 5,4 мм, на битуме БНД 60/90 на 10,1 мм.

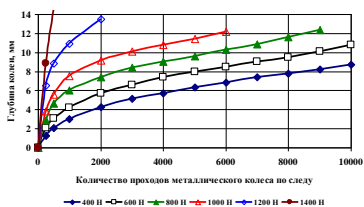


Рис. 9 Зависимость глубины колеи от разной нагрузки, что передается от металлического колеса на образец типа Б-20 на битуме БНД 60/90 при температуре 55 °С

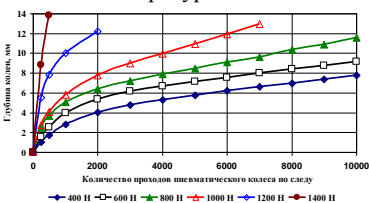


Рис. 11 Зависимость глубины колеи от разной нагрузки, что передается от пневматического колеса на образец типа Б-20 на битуме БНД 60/90 при температуре 55 °С

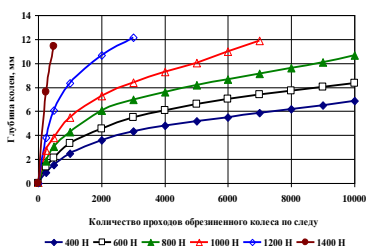


Рис. 10 Зависимость глубины колеи от разной нагрузки, что передается от обрешиненного колеса на образец типа Б-20 на битуме БНД 60/90 при температуре 55 °С

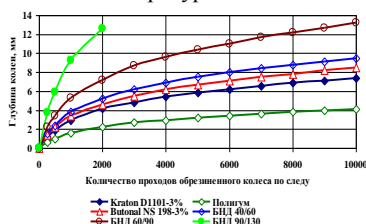


Рис. 12 Зависимость глубины колеи от нагрузки 600 Н, что передается от обрешиненного колеса на образец В-10 на разных битумных вяжущих при температуре 55 °С

Анализ полученных результатов (рис. 13, 14) зависимости глубины колеи от разной нагрузки, что передается от обрешиненного колеса на

образец ЩМА-20, ЩМА-10 на битумных вяжущих разной вязкости при температуре 55 °С. Так например при испытании на колеиность после 10 тис проходов глубина колеи при нагрузке 400 Н у ЩМА – 20 на вяжущем полигум становила 1,58 мм, а на битуме модифицированном Kraton D1101-3% увеличилась на 0,68 мм, на битуме модифицированном Butonal NS 198 - 3% на 0,95 мм, на битуме БНД 40/60 на 1,07 мм, на битуме БНД 60/90 на 1,61 мм, на битуме БНД 90/130 на 2,56 мм. Например, зависимость глубины колеи от разной нагрузки в ЩМА-20 на битуме БНД 60/90 (рис. 13) при испытании обрезаиненного колеса. При нагрузке 400 Н глубина колеи после 1 тис проходов становила 1,39 мм, при нагрузке 600 Н увеличилась на 0,24 мм, при нагрузке 800 Н увеличилась на 0,93 мм, при нагрузке 1000 Н увеличилась на 1,42 мм, при нагрузке 1200 Н увеличилась на 2,32 мм, при нагрузке 1400 Н увеличилась на 3,58 мм. Например, ЩМА-10 на битуме БНД 60/90 (рис. 14) при испытании обрезаиненного колеса. При нагрузке 400 Н глубина колеи после 1 тис проходов становила 3,07 мм, при нагрузке 600 Н увеличилась на 1,18 мм, при нагрузке 800 Н увеличилась на 2,74 мм, при нагрузке 1000 Н увеличилась на 3,98 мм, при нагрузке 1200 Н увеличилась на 6,24 мм, при нагрузке 1400 Н увеличилась на 9,23 мм.

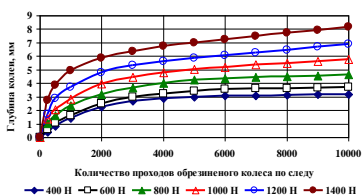


Рис. 13 Зависимость глубины колеи от разной нагрузки, что передается от обрезаиненного колеса на образец ЩМА-20 на битуме БНД 60/90 при температуре 55 °С

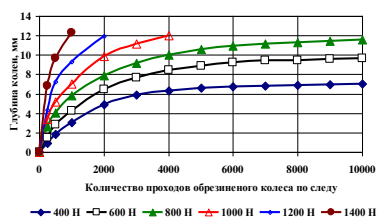


Рис. 14 Зависимость глубины колеи от разной нагрузки, что передается от обрезаиненного колеса на образец ЩМА-10 на битуме БНД 60/90 при температуре 55 °С

Также получены результаты интенсивности образования глубины колеи после 10 тис проходов в асфальтобетонных образцах с разным содержанием щебня на битумных вяжущих разной вязкости от температуры наведены на рис. 15, 16.

Анализ полученных результатов зависимости глубины колеи в асфальтобетоне от разной температуры (рис. 15-17). Так, например глубина колеи в ЩМА-20 (рис. 15) при температуре 45°С становить 0,95 мм, а у асфальтобетона типа А-20 увеличилась на 0,58 мм, в типа Б-20 на 0,94 мм, в типа В-20 на 1,58 мм, при температуре 55 °С глубина ко-

леи в ЩМА-20 увеличилась на 1,31 мм, в типа А-20 на 2,71 мм, в типа В-20 на 3,55 мм, в типа В-20 на 5,07 мм, при температуре 65 °С глубина колеи в ЩМА-20 увеличилась на 3,80 мм, в типа А-20 на 5,73 мм, в типа В-20 на 8,95 мм, в типа В-20 на 12,3 мм, в сравнении с ЩМА-20 при температуре 45 °С. Например, глубина колеи в ЩМА-20 (рис. 16) при температуре 45°С становить 1,3 мм, а у типа А-20 увеличилась на 0,64 мм, в типа В-20 на 1,24 мм, в типа В-20 на 2,04 мм, при температуре 55 °С глубина колеи в ЩМА-20 увеличилась на 1,79 мм, в типа А-20 на 3,19 мм, в типа В-20 на 4,58 мм, в типа В-20 на 6,09 мм, при температуре 65 °С глубина колеи в ЩМА-20 увеличилась на 5,69 мм, в типа А-20 на 8,29 мм, в типа В-20 на 12,24 мм, в типа В-20 на 15,7 мм, в сравнении с ЩМА-20 при температуре 45 °С.

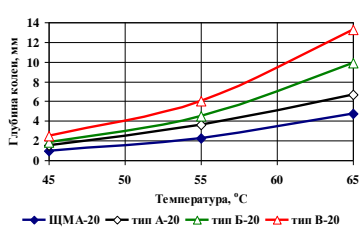


Рис. 15 Зависимость глубины колеи при нагрузке 600 Н, что передается от обрезиненного колеса на образец на битуме, модифицированном полимером Kraton D1101-3% от температуры

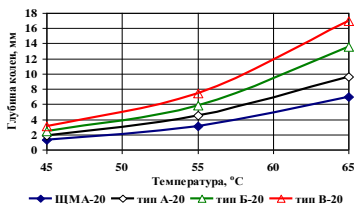


Рис. 16 Зависимость глубины колеи при нагрузке 600 Н, что передается от обрезиненного колеса на образец на битуме, на битуме БНД 40/60 от температуры

Также были, проведены исследования интенсивности образования колеи в асфальтобетонах с разным количеством щебня на битуме, модифицированном полимером Kraton D1101-3% от влияния количества проходов колеса по следу в минуту [10] результаты наведены на рис. 17.

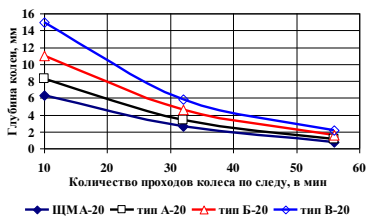


Рис. 17 Зависимость глубины колеи при нагрузке 800 Н, что передается от обрезиненного колеса на образец после 3000 проходов колеса по одному следу при температуре 55 °С



Анализируем результаты интенсивности образования колеи в асфальтобетонах с разным количеством щебня от разной скорости проходов колеса по одному следу в минуту. Например, глубина колеи в ЩМА-20 (рис. 19) при скорости 10 прох/мин колеса по следу становится 6,31 мм, в а асфальтобетона типа А-20 увеличилась на 1,95 мм, в типа Б-20 на 4,69 мм, в типа В-20 на 8,69 мм, при скорости 32 прох/мин глубина колеи в ЩМА-20 уменьшилась на 3,71 мм, в типа А-20 на 2,94 мм, в типа Б-20 на 1,71 мм, в типа В-20 на 0,47 мм, при скорости 56 прох/мин глубина колеи в ЩМА-20 уменьшилась на 5,57 мм, в типа А-20 на 5,19 мм, в типа Б-20 на 4,71 мм, в типа В-20 на 4,15 мм, в сравнении с ЩМА-20 при скорости 10 прох/мин.

### *Заключение*

1. Получены результаты исследований свидетельствуют о том, что колеестойкость  $e$  критерием, очень чувствительным к вязкости битумных вяжущих это необходимо учитывать при изготовлении асфальтобетонных смесей для разных климатических условий эксплуатации асфальтобетонных покрытий на мостах.

2. Также можно констатировать тот факт, что при испытании асфальтобетонов с разным содержанием щебня на колеиность, при разных нагрузках с 400 Н и 1400 Н и температурах з 45 °С до 65 °С, колеестойкость уменьшается.

3. Для повышения колеестойкости асфальтобетонного покрытия необходимо применять битумное вяжущее с учетом категории дороги и климатического районирования, а именно: битум, модифицированный полимерами марок: БМП 40/60-56, БМП 60/90-52, БМП 90/130-49, которые должны отвечать требованиям ГСТУ Б В.2.7-135:2007, а также глубина проницаемости иглы (пенетрация) за температуры 25 °С, в пределах 55-95 0,1 мм; температура размягченности, не ниже 78,0 °С; эластичность, не менее 80 %; для обеспечения высоких показателей сцепления битумного вяжущего с поверхностью минеральных материалов, рекомендуется использовать адгезионные добавки - катионные поверхностно-активные вещества (ПАВ) и (или) другие технологические мероприятия, которые повышают сцепление битумного вяжущего с поверхностью минеральных материалов.

4. Для повышения колеестойкости рекомендуется использовать щебеночно-мастичный асфальтобетон с максимальной крупность зерен щебня согласно ДСТУ Б В.2.7-127:2006

5. Согласно литературным [1, 3-5] и собственим исследованиям [2, 10] предлагается в лабораторных условиях проектировать грануломет-

рические составы асфальтобетонов на разных битумных вяжущих при условии глубины колеи не более 5 мм и температуре 50°C и нагрузке на колесо 700 Н при 10000 тысячах проходов колеса по одному следу.

### Summary

**In this paper, experimental results hover koleestoykosti asphalt of different particle size distribution for use on road bridges.**

### *Литература*

1. Шестериков В.И. Отчет о научно-исследовательской работе / Исследование процесса колееобразования на мостовых сооружениях с разработкой требований к покрытию для различных условий эксплуатации на основе опытно-экспериментальных работ / В.И.Шестериков, М.И. Шейнцвит, Н.А. Лушников, Л.В. Поздняева, «Результаты обследования мостов и испытания кернов, анализ зарубежного и отечественного опыта борьбы с колееобразованием» I-этап. Москва 2008. С.108.

2. В. В. Мозговой В. В. Экспериментальная методика определения колеестойкости асфальтобетонных покрытий на мостах / Мозговой В. В., Онищенко А. Н. // Мир дорог. – Ярославль – 2011 – С. 57-59.

3. Жданюк В.К., Даценко В.М., Чугуенко С.А., Воловик О.О. До питання про методи оцінки та показники зсувостійкості асфальтобетонів. // Автошляховик України. – 2008. - №3. – С.28-30.

4. Жданюк В.К., Даценко В.М. Стійкість асфальтобетонів різних гранулометричних типів до накопичення пластичних деформацій у вигляді колії // Автошляховик України. – 2009. - №1. С. 31-34.

5. Жданюк В.К., Даценко В.М., Зражевец Е.М., Чугуенко С.А., Воловик А.А. Устойчивость асфальтобетонов различных гранулометрических типов к накоплению пластических деформаций в виде колеи // Материалы юбилейной научно-технической конференции./ 80 лет Белорусской дорожной науке. Минск 2008. С. 105-111.

6. Патент на корисну модель № 40965 «ПОЛГУМ», 10.02.2010 р., (Онищенко А.М., Мозговий В.В.,)

7. СОУ 45. 02-00018112- 020:2009 Асфальтобетон дорожній. Метод визначення на стійкість до накопичення залишкових деформацій / Київ. (Укравтодор). 2009. С.10.

8. Патент на корисну модель № 40965 «Прес для виготовлення контролю зразків асфальтобетону», 27.04.2009 р., (Онищенко А.М., Мозговий В.В., Радовський Б.С.)

9. Мозговой В.В., Онищенко А.Н. и др. Экспериментальная оценка устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию колеи// Дорожная техника. Санкт-Петербург – 2010. С. 114-128.

10.Онищенко А.Н. Причины образования колеи на асфальтобетонном покрытии автодорожных мостов и способы повышения колеестойкости // Дорожная техника. Санкт-Петербург – 2013. С. 134-145.