

Леонович И. И., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительство и эксплуатация дорог» Белорусского национального технического университета, Минск, Беларусь

Богданович С. В., кандидат технических наук, начальник управления диагностики дорог и мостов РУП «Белдорцентр», Минск, Беларусь

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОНА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Характерным для Республики Беларусь является развитие сети автомобильных дорог. Обеспечение ее сохранности является одной из важнейших задач, стоящих перед дорожной отраслью Республики Беларусь. В последние годы действует ряд факторов, которые значительно осложняют выполнение этой задачи. Одним из основных является увеличение интенсивности движения автотранспортных средств в целом, и тяжелых грузовых автомобилей в частности. Тенденции развития автомобилестроения таковы, что происходит постоянный рост осевых нагрузок и общей грузоподъемности автомобилей. Автомобильные дороги в нашей стране проектировались и строились в расчете на более низкие нагрузки.

В настоящее время вполне реально обеспечить при строительстве дорог несущую способность дорожных одежд на уровне 11,5–13 т/ось за счет использования цементобетонных покрытий.

Однако, в Республике Беларусь протяженность бетонных дорог по сравнению с асфальтобетонными покрытиями небольшая. В стране в настоящее время фактически сложилась монокультура асфальтобетона. Возможные последствия данного факта крайне неблагоприятны для всего народного хозяйства: постепенная утрата технологических знаний и машинного парка для строительства бетонных покрытий. Это в свою очередь ведет к полной зависимости дорожной отрасли от импортруемых вяжущих, не обладающих необходимым качеством.

В условиях роста цен на нефтепродукты первостепенное значение приобретает применение альтернативных, не связанных с битумными материалами технологий. Авторы рассматривают проблемы, связанные с использованием цементобетона в дорожном строительстве Республики Беларусь и перспективы использования этого материала.

PROBLEMS AND CONTEMPLATIONS OF USE OF THE CONCRETE IN THE ROAD CONSTRUCTION

The network of roads in the Republic of Belarus is generated. Maintenance of durability of roads is the important problem of road administration. Some factors complicate this problem. One of these factors is the big intensity of movement of heavy tracks. Now the constant increase in axial loadings is registered. In our country the roads are constructed for loadings which there are lower.

Use of concrete makes possible construction of roads with the big bearing capacity (11.5 and 13 tons on an axis).

The length of roads with concrete pavements in the Republic of Belarus is small. Bitumen pavements prevail in the country. Consequences of this fact are adverse: it is loss of technological knowledge and failure of machines for construction of concrete roads. These facts will result in full dependence on import deliveries.

Use of alternative technologies during a rise in prices on products of oil refining important is. The problems of use of concrete in construction of roads in the Republic of Belarus authors consider.

Введение

Обеспечение сохранности автомобильных дорог является одной из важнейших задач, стоящих перед дорожной отраслью Республики Беларусь. В последние годы действует ряд факторов, которые значительно осложняют выполнение этой задачи. Одним из основных является увеличение интенсивности движения автотранспортных средств в целом и тяжелых грузовых автомобилей в частности. Тенденции развития автомобилестроения, как мирового, так и отечественного таковы, что происходит постоянный рост осевых нагрузок и общей грузоподъемности автомобилей. Осевые нагрузки в 11,5 т становятся фактическим стандартом. В то же время, автомобильные дороги в нашей стране проектировались и строились в расчете на осевые нагрузки 10, а в некоторых случаях и 6 т. Естественно, что пропуск более высоких нагрузок ведет к ускоренному износу дорог. После произошедшего в 2004 г. вступления в ЕС ближайших соседей Беларуси – Польши и стран Балтии – положение еще более осложняется, поскольку осевая нагрузка в 11,5 т уже давно является в ЕС стандартом для дорог, а в недалекой перспективе фактом станет осевая нагрузка 13 т.

Между тем, в мире давно найдено решение, обеспечивающее высокую несущую способность (11,5, 13 и более тонн/ось) дорожных одежд. Речь идет об использовании цементобетонных дорожных покрытий.

Преимущества цементобетонных дорожных покрытий

Преимущества цементобетонных покрытий неоспоримы. К основным можно отнести следующие:

1. Высокая прочность материала, в среднем в 2,5–3,5 раза большая по сравнению с асфальтобетоном. В случае применения новых технологий высокопрочного бетона прочность цементобетонных покрытий может в 7 раз превысить этот показатель у асфальтобетона. Неслучайно за рубежом используют цементобетон на особо нагруженных участках – подходы к мегаполисам, автострады и т.п. Согласно немецким данным через 23 года эксплуатации только 5% бетонных покрытий требуют ремонта. Для асфальтобетонных покрытий этот показатель составляет 80–100% [1];

2. Отсутствие колееобразования. Это обеспечивается посредством стойкости к температурным воздействиям – высокой температуре, замораживанию и оттаиванию. Цементобетон устойчив к высоким осевым нагрузкам. Согласно современным исследованиям, эти покрытия могут обеспечить гарантированную 40–50-ти летнюю эксплуатацию даже при нагрузках 13 т на ось [2];

3. Повышенная безопасность движения за счет лучших цветовых показателей, хорошей видимости поверхности даже в неблагоприятных атмосферных условиях, хороших сцепных качеств. Немецкие исследования показывают, что на бетонных автострадах число дорожно-транспортных происшествий на 32% меньше, чем на асфальтобетонных покрытиях [2];

4. Возможность полной и безопасной регенерации бетона;

5. Новые технологические решения позволяют обеспечить даже более низкий уровень шума на цементобетонных покрытиях – критерий, долгое время являвшийся одним из доводов в пользу асфальтобетона.

Некоторые дороги с цементобетонным покрытием эксплуатируются уже более 80 лет без существенных ремонтов (дорога де Лорейн в районе Брюсселя).

Пример Бельгии является характерным: около 60% сельских дорог здесь имеют бетонное покрытие. Основная их протяженность была построена в начале 50-х годов. Сейчас, при сроке службы 40–50 лет, большинство из них в отличном состоянии.

Интересны причины, по которым в этой стране было отдано предпочтение цементобетону при строительстве местных дорог. Значительная их часть была построена в начале пятидесятых годов, и финансировалось правительством страны. Однако после сдачи в эксплуатацию, все расходы по содержанию полностью легли на местные власти. Низкая стоимость содержания цементобетонных покрытий

явилась в этих условиях основным критерием выбора. Широко распространены цементобетонные покрытия на местных дорогах также в Голландии, Швейцарии и ФРГ [3].

Проблемы использования цементобетонных дорожных покрытий в Республике Беларусь

Удельный вес цементобетонных дорожных покрытий в Республике Беларусь не превышает 1,7% от общей протяженности сети дорог. Имеется также тенденция к сокращению этого показателя за счет перекрытия бетонных покрытий асфальтобетонными слоями. Изменение протяженности дорог с цементобетонными покрытиями показано на рис. 1.

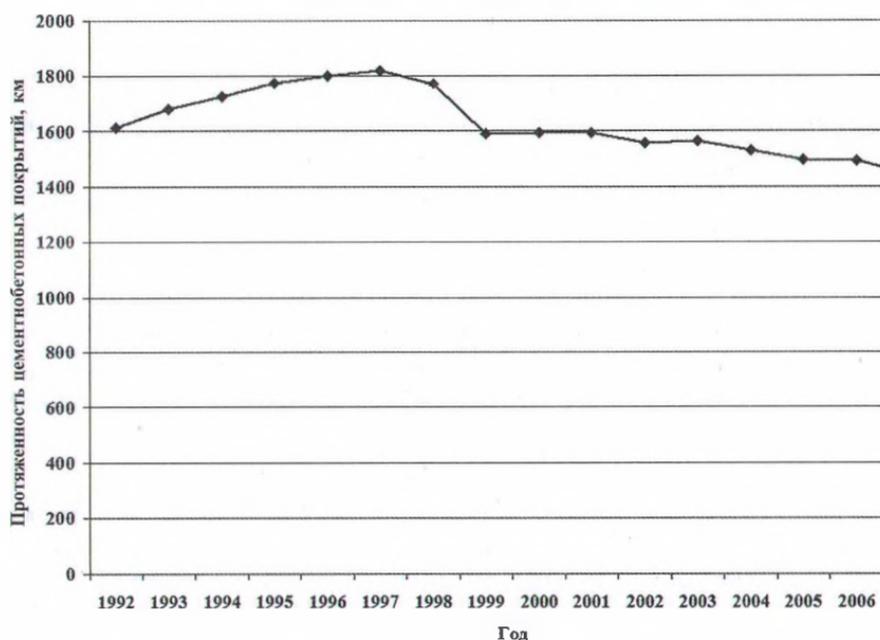


Рис. 1. Изменение протяженности цементобетонных покрытий на дорогах общего пользования

Чем вызвана такая ситуация, если цементобетонные покрытия превосходят асфальтобетонные?

Одним из доводов является тот, что строительство цементобетонных покрытий обходится дороже (от нескольких до нескольких десятков процентов) по сравнению с нежесткими покрытиями. При выдвижении такого тезиса всегда «забывают» отметить, что битум, получаемый из нефти западносибирских и отечественных месторождений и применяемый для дорожного строительства, не обладает свойствами, обеспечивающими высокое качество асфальтобетона.

Разрушения дорожных покрытий (трещины, ямочность, колеечность и др.) напрямую связаны с используемыми нефтяными битумами, температура хрупкости которых составляет только -17°C , а температура размягчения $+46^{\circ}\text{C}$. Единственным способом понижения температуры хрупкости до -32°C (температура наиболее холодных суток) и повышения температуры размягчения до $+60^{\circ}\text{C}$ может быть модификация применяемых битумов термоэластопластами типа «стирол-бутадиен-стирол», которые необходимо импортировать, что вместе с необходимостью использования пластификаторов весьма значительно (в 2–3 раза) увеличивает стоимость вяжущих. Недостаток же повышенной стоимости цементобетонных покрытий быстро компенсируется за счет низкой стоимости содержания. Особенно быстро это происходит на участках с высокой интенсивностью движения.

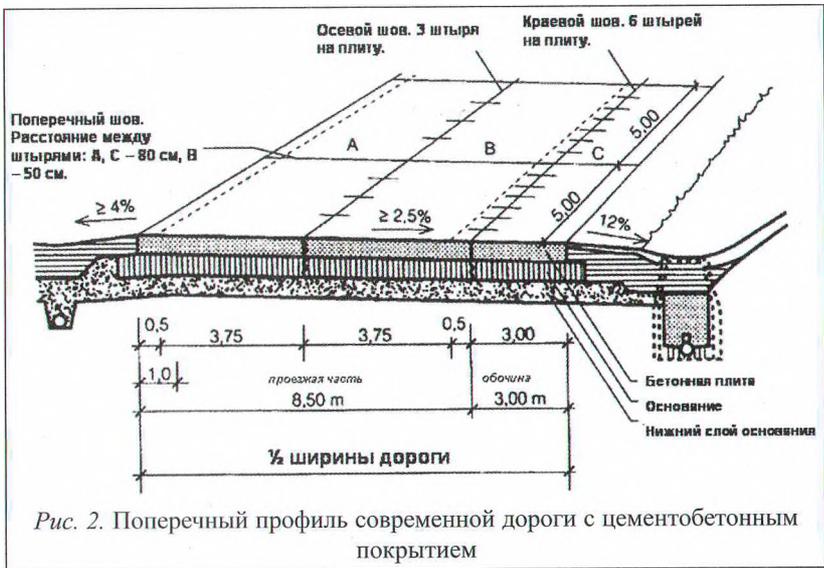
В Республике Беларусь наблюдается ускоренное ухудшение качества дорог с жесткими покрытиями. Об этом свидетельствует опыт диагностики дорог республиканского значения, которую выполняет РУП «Белдорцентр» [4].

Основными дефектами цементобетонных покрытий в Республике Беларусь являются: шелушение, нарушение герметизации швов, повреждение кромок, смещение по высоте смежных плит [5].

Однако их неудовлетворительное состояние не свидетельствует о недостатках бетона как строительного материала для дорожных покрытий. Основными причинами в данном случае являются отставание в области материалов, технологий, методов проектирования.

В нашей стране собственное цементное производство создает все предпосылки для более активного использования бетона в дорожном строительстве. Однако цемент, выпускаемый отечественной промышленностью, практически непригоден для приготовления дорожного бетона, при производстве которого основной сложностью являются высокие требования к качеству бетонной смеси и созданию бетонной поверхности. Особенности материалов таковы, что стоимость исправления ошибок очень высока. В наших климатических условиях следует также использовать воздухововлекающие добавки, что даст определенную устойчивость против замерзания/оттаивания, а также против действия противогололедных средств.

Современные конструкции дорожных одежд с цементобетонными покрытиями значительно отличаются от тех, которые применяются в Республике Беларусь в соответствии с ВСН 197-91 [6]. Одна из таких конструкций для дороги I категории представлена на рис. 2, они находят применение в Германии, Польше [1].



- Основными особенностями конструкции являются следующие:
- бетонное покрытие одинаковой толщины и качества устраивается на всю ширину полосы движения и обочины. Это значительно снижает опасные напряжения на краю плиты, обычные для традиционных конструкций, в которых обочина укрепляется асфальтобетоном;
 - толщина покрытия составляет 26 см, на особо грузонапряженных участках толщина бетонной плиты может достигать 30 см;
 - длина плит во всех случаях не превышает 5 м;
 - во всех поперечных швах устанавливаются штыри для передачи нагрузки;
 - штыревое соединение плит проезжей части и обочины устраивается как в поперечном, так и в продольном направлении;
 - обязательным элементом конструкции является трубчатый дренаж.

Некоторые перспективы использования цементобетонных дорожных покрытий

Цементобетонные покрытия имеют в ряде случаев неоспоримые преимущества по сравнению со всеми другими. В первую очередь это устройство покрытий на дорогах местной сети и ремонт сильно разрушенных асфальтобетонных покрытий [7, 8].

С 1997 г. более 28 тыс. км внутрихозяйственных дорог вошло в сеть дорог общего пользования. Однако многие из них часто имеют только общее направление. При этом отсутствует земляное полотно, дорож-

ная одежда, системы водоотвода. По некоторым из дорог проезд невозможен уже после дождя средней интенсивности. Доведение таких дорог до требований даже V категории потребует значительных затрат.

В условиях роста цен на нефтепродукты первостепенное значение приобретает применение альтернативных, не связанных с битумными материалами, технологий. Между тем, этот вопрос давно успешно решается в странах Западной Европы, где на дорогах местной сети широко используются цементобетонные покрытия.

Покрытия автомобильных дорог работают в крайне сложных условиях. Осевые нагрузки от движущихся транспортных средств вызывают напряжения и прогибы конструкции, затрагивающие как покрытие, так и основание. Кроме того, дорожная одежда находится под воздействием окружающей среды. Климатические воздействия вызывают колебания температуры по глубине дорожной одежды, вызывая внутренние напряжения. Свойства асфальтобетона, особенно его жесткость, изменяются с температурой. Изменения влажности, циклы замораживания и оттаивания вызывают соответствующие изменения несущей способности основания и создают дополнительные напряжения в покрытии.

В итоге, дорожная одежда разрушается и требует ремонта. В случае, когда ремонт применяется в соответствующее время, ресурс службы дорожных одежд значительно увеличивается. Однако, особенности финансирования дорожных работ в настоящее время таковы, что постоянно происходит рост недоремонта. В результате на республиканских дорогах встречаются крайне дефектные участки дорог – с большим количеством выбоин, заплат, колеи, частыми трещинами, со значительной неровностью. Такие участки дорог представляют одни из самых больших неудобств для участников дорожного движения [9].

В настоящее время существует большое количество различных способов ремонта. Одна из нетрадиционных технологий ремонта разрушенных дорожных одежд – бетонный слой покрытия поверх слоя асфальтобетона. В Северной Америке эта технология часто называется «whitetopping», что можно приблизительно перевести как «белое покрытие». В Республике Беларусь такой метод ремонта не применяется и практически не известен. Более того, не существует даже отдельного термина для названия такой технологии. В связи с этим, представляется целесообразным привести основные сведения об этом способе ремонта.

Способ впервые был применен в США в 1918 г. Технология эпизодически использовалась в 50-х и 60-х годах, прежде всего для увеличения несущей способности существующих широкополосных ма-

гистралей и местных дорог. Результаты трех исследовательских программ, продолжавшихся с 1977 г. до 1981 г., показали, что устроенные слои справляются с существующими нагрузками и обеспечивают хорошее качество поверхности. Ряд участков находился в эксплуатации с незначительными ремонтами или без них еще с 20-х годов. Увеличение популярности «белого покрытия» приходится на середину 70-х годов. С 1982 г. до 1993 в США число реализованных проектов по технологии whitetopping возросло с 81 до 189. Технология использовалась для ремонта крупных автострад, многополосных местных дорог, муниципальных дорог и внегородских дорог графств.

Сейчас это уже испытанный метод капремонта дорожной одежды. До 1991 г. на большинстве участков с технологией whitetopping в США преднамеренно не устраивалось сцепление между асфальтобетонным и цементобетонным слоями. При этом существующий асфальтобетон рассматривался как слой основания. Сегодня такая технология называется обычный, или классический whitetopping, и определяется как «бетонный слой покрытия, обычно толщиной 100 мм или более, расположенный непосредственно на поверхности существующей дорожной одежды из асфальтобетона». Обычно толщина бетона составляет более 20,3 см. Проектирование такого слоя производится по обычным правилам, которые предполагают, что существующая асфальтобетонная дорожная одежда представляет собой устойчивый подстилающий слой [10].

Новый метод реабилитации асфальтовых дорожных одежд был разработан в начале 90-х годов. Эта методика требует максимально прочного соединения относительно тонкослойного цементобетона и существующего асфальтобетона для создания комбинированного участка дорожной одежды. В результате покрытие рассматривается как одно комбинированное, а не как два различных слоя. При этом возможно применить более тонкий слой бетона, по сравнению с участками классического «белого покрытия». Толщина бетона в этом случае составляет 100–200 мм. Иногда такую технологию называют тонкий whitetopping [11].

Следующим шагом в развитии технологии явилось снижение толщины бетонного слоя до значений менее 100 мм. В Северной Америке эта технология получила название «сверхтонкий whitetopping» или UTW (ultra thin whitetopping). В то время как технология все еще развивается, более 200 участков были построены на участках с незначительным движением, на стоянках, в зонах перекрестков. А в последнее время технология была применена на 3 главных автомагистралях в США. После успешного применения в этих условиях, UTW

теперь рассматривается и как перспективная технология для всех типов дорог. В настоящее время несколько государств имеют пробные проекты использования UTW как альтернативу асфальтобетонным слоям усиления на автомагистралях [11].

Кроме небольшой толщины слоя бетона и прочного сцепления слоев, при данной технологии крайне важным является нарезка швов через короткие промежутки. При этом существенно изменяется общая картина напряжений в покрытии (рис. 3).

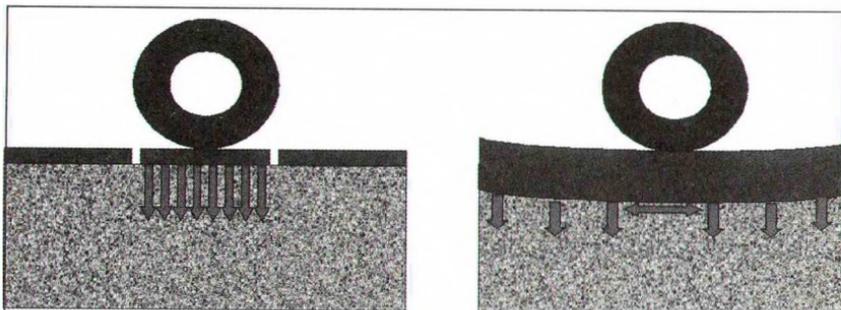


Рис. 3. Разница в напряжениях между короткими (UTW) и длинными (Whitetopping) плитами.

Технологию UTW рекомендуется использовать при толщине существующего асфальтобетона $h=100$ мм и более. Расстояние между швами следует принимать равным $12-15h$. В любом случае оно, как правило, не превышает 1,8 м.

При проведении работ по устройству слоя «белого покрытия» используют те же комплекты машин, что и при строительстве обычного цементобетонного покрытия. Технология устройства мало отличается от работ по устройству обычного цементобетонного покрытия (рис. 4).

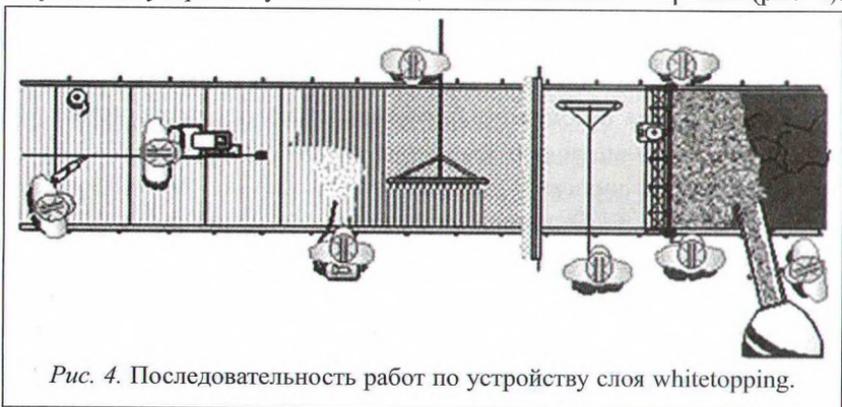


Рис. 4. Последовательность работ по устройству слоя whitetopping.

Необходимо выполнить следующие основные операции.

1. Подготовка асфальтобетонного покрытия: заделка глубоких выбоин, частичное или полное фрезерование дефектных участков. Объем фрезерования зависит от степени дефектности.

2. Тщательная очистка подготовленной поверхности от пыли, грязи, асфальтовой крошки.

3. Укладка бетонной смеси в покрытие в соответствии с разработанным проектом. На данном этапе особенно важно выдержать требования по толщине слоя, не допуская ее уменьшения.

4. Отделка поверхности с устройством борозд шероховатости.

5. Осуществление мер по защите поверхности с целью недопущения потери влаги и появления усадочных трещин.

6. Устройство продольных и поперечных швов в затвердевшем бетоне и их гидроизоляция.

При устройстве слоя «белого покрытия» различают три основных случая [10].

1. Устройство слоя непосредственно на существующем асфальтобетоне без проведения каких-либо дополнительных работ. Используется в тех случаях, когда глубина колеи на покрытии не превышает 5 см.

2. Устройство цементобетонного слоя после проведения холодного фрезерования существующего асфальтобетона, имеющего целью устранить значительные неровности на покрытии, в том числе колею глубиной более 5 см. Обычно достаточной является глубина фрезерования 25–75 мм. Очевидно, что толщина существующего асфальтобетона должна позволять осуществление фрезерования.

3. Слой бетона устраивается после выполнения выравнивания существующего покрытия с применением асфальтобетона. Способ применяется в тех случаях, когда неровности превышают 50 мм. Недостатком способа является увеличение общей стоимости работ.

Американская ассоциация бетонных покрытий рекомендует использовать следующую минимальную толщину слоя бетона:

- на главных дорогах – 15 см;
- на второстепенных дорогах и стоянках – 10 см.

Не зависимо от вида технологии whitetopping, в результате образуется прочное покрытие, выдерживающее значительные нагрузки и устойчивое прогиб образования колеи, волн, сдвигов. Качественное выполнение слоя позволит обеспечить низкую стоимость содержания на длительный период.

Выводы

1. Дорожные цементобетонные покрытия имеют ряд преимуществ перед покрытиями из асфальтобетона. В первую очередь к ним относятся высокая несущая способность и устойчивость к колееобразованию. Низкая стоимость содержания таких покрытий делает их перспективными при устройстве покрытий на сети местных дорог.

2. В Республике Беларусь протяженность бетонных дорог крайне незначительна по сравнению с дорогами с асфальтобетонными покрытиями. В стране в настоящее время фактически сложилась монокультура асфальтобетона. Одной из основных причин такого положения является крайне малый объем научных исследований в области дорожного бетоноведения. Возможные последствия данного факта крайне неблагоприятны для всего народного хозяйства: постепенная утрата технологических знаний и машинного парка для строительства бетонных покрытий. Это в свою очередь ведет к полной зависимости дорожной отрасли от импортируемых вяжущих, не обладающих необходимым качеством.

3. Имеется достаточно доводов в пользу расширения использования цементобетона в практике строительства и ремонта дорожных покрытий, в том числе и асфальтобетонных. В последнем случае перспективной может стать технология устройства тонкого слоя цементобетона на существующем асфальтобетонном покрытии, подверженном разрушению.

Литература

1. Szydło A. Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Teoria, wymiarowanie, realizacja. Kraków.: Polski Cement Sp. z o.o.; 2004. – 287 s.

2. Богданович С.В. Современные тенденции в применении цементобетонных дорожных покрытий // Материалы, оборудование, ресурсосберегающие технологии: Материалы междунар. научн.-техн. конф. часть 2 – Могилев 22–23.04.2004. с. 204–205

3. Леонович И. И., Богданович С. В. Эффективность применения и эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями. // Проблемы технологии производства строительных материалов, изделий и конструкций, строительства зданий и сооружений, подготовки инженерных кадров для строительной отрасли: Материалы VIII Междунар. науч. – практ. семинара (Минск 15–16 нояб. 2001 г.) – Минск.: «Стринко», 2001 с. 238–244.

4. Леонович И. И., Богданович С. В. О состоянии цементобетонных покрытий автомобильных дорог республиканского значения // Материалы международной 54 научно-технической конференции профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов Белорусской государственной политехнической академии Минск, 2000 г. с. 100.

5. Леонович И. И., Лазук Г. Н., Зиневич С. И. Диагностика и ремонт цементобетонных покрытий /Сб. статей междунар. научно-технической конференции «Диагностика эксплуатационного состояния автомоб. дорог и новые технологии их ремонта и содержания», Минск., 1998, с. 68–73.

6. Инструкция по проектированию жестких дорожных одежд: ВСН 197–91./ Минтрансстрой СССР. М.: 1992. – 129 с.

7. Леонович И. И., Богданович С. В. Выбор технологии ремонта цементобетонных покрытий с учетом их транспортно-эксплуатационного состояния// «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь» (Минск 17–29 октября 2000 г.) под ред. Н. П. Блещика, А. А. Борисевича, Т. М. Пецольда Материалы VI международного научно-методического семинара. – Минск: УП «Технопринт», 2000, с. 17–21.

8. Богданович С. В. Проблемы обеспечения качества при проектировании и строительстве дорог с жесткими покрытиями// Проблемы повышения качества и ресурсосбережения в дорожной отрасли: сб. трудов междунар. научн.-техн. конф. – Минск.: УП «Технопринт», 2003, с. 112–115.

9. Богданович С. В. Использование цементобетона при ремонте дефектных асфальтобетонных покрытий. // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и мостов. Сборник научных трудов. Части I, II БелДорНИИ, Минск, 2002, с. 45–50.

10. Falenska-Regulska M. Whitetopping – sposob na wzmocnienie//Polski cement – 2001. №2. – s. 44

11. Богданович С. В. Перспективные технологии по использованию цементобетона в дорожном строительстве // Труды БГТУ. Серия II Лесная и деревообрабатывающая промышленность. Вып. XI. – Минск., 2003, с. 158–161.