

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

APPLICATION OF POLYMER COATINGS IN BUILDING STRUCTURES

В. А. Гречухин,

кандидат технических наук,
заведующий кафедрой
«Мосты и тоннели»
Белорусского национального
технического университета,
г. Минск, Беларусь

А. О. Коликов,

магистр технических наук
факультета транспортных
коммуникаций Белорусского
национального технического
университета,
г. Минск, Беларусь

Экономическое развитие государства напрямую связано с совершенствованием технологий производства, разработкой новых методов, приводящих к сокращению сроков строительных работ. Дорожное строительство, как одно из самых важных и при этом дорогих направлений государственного финансирования, нуждается в инновациях, направленных на уменьшение стоимости и сокращение сроков работ.

Как показывает практика, срок службы асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог приблизительно равен 7 годам. С городскими дорогами ситуация другая: в среднем дорожная одежда нуждается в ремонте каждые три года. В настоящее время имеется множество дорог в критическом состоянии, ремонт которых не проводился в течение 20–30 лет. Вместе с ремонтом покрытия зачастую необходимо заменять дефектные железобетонные конструкции. Похожая ситуация наблюдается в области мостового строительства: расчетный срок службы железобетонных мостов согласно нормативным документам составляет 100 лет, но на практике он редко превышает 40 лет.

Стоит отметить, что для организации ремонта транспортных сооружений необходимо строить объездные пути, что влечет за собой неудобство для населения (речь идет о капитальном ремонте). В связи с этим является актуальным вопрос о разработке способов защиты железобетонных конструкций, позволяющих существенно увеличить срок службы изделия.

The economic development of the state is directly related to the improvement of production technologies, the development of new methods that lead to a reduction in the duration of construction work. Road construction, as one of the most important and at the same time expensive areas of the state budget, needs innovations aimed at reducing the cost and timing of construction and repair work.

Practice shows that the service life of the asphalt concrete road surface is approximately 7 years. With the city roads the situation is different: on average, road clothes needs to be repaired every three years. Currently, there are many roads in critical condition, repairs have not been conducted for 20–30 years. Along with the repair of the coating, it is often necessary to replace defective reinforced concrete structures. A similar situation is observed in the area of bridge construction: the estimated lifetime of reinforced concrete bridges according to regulatory

documents is 100 years, but in practice it rarely exceeds 40 years.

It is should be mentioned that repair of transportation structures requires building of the bypass path, which leads to inconvenience for the population (we are talking about major repairs). In this regard, there is a topical issue on the development of methods of protection of concrete structures, which significantly increase the life of the product.

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование технологических операций, входящих в процесс ремонта, приводящее к сокращению стоимости и времени при сохранении качества, а также разработка инновационных способов защиты железобетонных конструкций играет большую роль в развитии дорожной сети. В связи с этим в рамках Государственной программы научных исследований (ГПНИ) «Конструктивно-технологические решения реконструкции эксплуатируемых транспортных сооружений и совершенствование методов их расчета» ГБ11-230 проведен анализ существующих способов защиты железобетонных конструкций, в результате чего было создано полимерное покрытие и разработана новая технология наращивания дорожных бордюров.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ РЕМОНТА ДОРОЖНЫХ БОРДЮРОВ

Твердение бетона в замкнутой герметичной оболочке, выполненной в виде полимерного покрытия, уменьшает испарение влаги и положительно влияет на прочностные характеристики бетона. На рисунке 1 показаны основные методы защиты железобетонных конструкций.





Способы защиты железобетонных конструкций	
	Штукатурки, обмазки
	Лакокрасочные покрытия
	Полужесткие полимерные покрытия (рассматриваются в данной статье)
	Жесткие покрытия (облицовка кирпичом, плитам)

Рисунок 1 – Способы защиты железобетонных конструкций

Примером полужесткого полимерного покрытия является разработанная авторами конструкция для наращивания дорожного бордюра. Наращивание дорожных бордюров – одна из операций, производимых при ремонте покрытия дороги с использованием старого покрытия в качестве основания, которая необходима для ремонта бордюрного ограждения и выведения его на новую высотную

отметку. Данная работа отличается большой трудоемкостью и длительными сроками проведения.

Разработанная нами конструкция представляет собой полимерный профиль, размещаемый над существующим бордюром, включающая одну или несколько упругих скоб, охватывающих существующий бордюром и упирающихся в полимерный профиль. Пространство между существующим бордюром и полимерным профилем заполнено бетонной смесью. Поверхность полимерного профиля выполнена с рифлением.

Данная конструкция позволяет существенно сократить сроки и снизить стоимость выполнения работ. При этом она отвечает всем требованиям, предъявляемым к бордюрам, таким как прочность, стойкость к воздействию агрессивных сред, отсутствие вредного воздействия на окружающую среду, эстетические качества. На конструкцию получен Евразийский патент № 026780 [1]. В данный момент авторы проводят маркетинговое исследование при поддержке Стартап-центра БНТУ и Межвузовского центра маркетинга научно-исследовательских разработок (МЦМНИР).

Актуальность работы продиктована растущим количеством городских дорог, нуждающихся в ремонте, и как следствие, необходимостью разработки технологий, направленных на снижение стоимости материалов и сокращение сроков производства ремонтно-строительных работ. Практическая реализация работы состоит во внедрении технологии на территории стран СНГ (преимущественно Республики Беларусь, Российской Федерации, Украины) и разработке необходимых нормативных документов для производства работ. Теоретическая значимость заключается в том, что при разработке новой конструкции учтены сведения об имеющихся, наиболее рациональных способах ремонта и наращивания бордюров. Научная новизна определяется разработкой конструкции наращивания дорожного бордюра и решением проблемы, актуальной в настоящее время.

Существующая технология наращивания бордюров очень трудоемка и материалоемка, а масса наиболее часто используемого бордюра БР100.15.8 составляет 110 кг. Поэтому для производства работ необходимо использовать кран или специальные погрузчики, что увеличивает затраты. Монтаж бордюров вручную является грубым нарушением норм охраны труда. Разработанная конструкция существенно снижает трудозатраты и стоимость ремонтно-строительных работ.

Немаловажным фактором для разработки конструкции явилось наличие созданных на базе Белорусского государственного технологического университета (БГТУ) полимеров, подходящих для производства такой конструкции. Старший преподаватель БГТУ, кандидат экономических наук

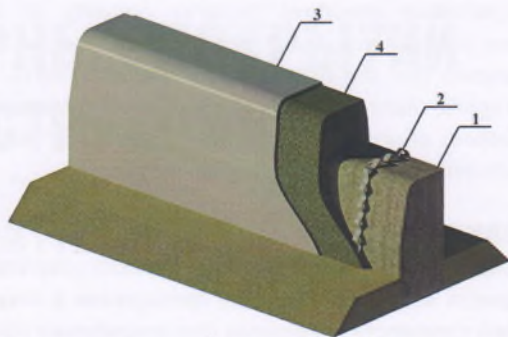
Пшебельская Л.А. в автореферате своей диссертации на тему «Экономическая оценка инновационных проектов в условиях неопределенности и риска (на примере производства изделий из полимерных материалов)» пишет: «При реализации инновационной стратегии государство особое внимание уделяет развитию такой конкурентоспособной и перспективной области деятельности, как производство изделий из полимерных и композиционных материалов. Это обусловливается значительной ролью полимерной индустрии (ежегодный объем производства составляет около 600 тыс. т синтетических смол, пластических масс и изделий) в решении задач повышения эффективности предприятий машиностроения, транспорта, строительства, сельского хозяйства и других отраслей национальной экономики. В Республике Беларусь имеется значительный научно-технический потенциал в области создания новых полимерных материалов и изделий. Однако темпы освоения новых изделий из полимеров и композитов на их основе остаются недостаточными, при том, что сальдо внешней торговли по ним стабильно отрицательное и с 2003 по 2012 год выросло более чем в 3 раза» [2].

Необходимо отметить, что разработанная конструкция обеспечивает возможность наращивания бордюров, имеющих относительно большие повреждения. Как уже было отмечено ранее, в настоящее время множество дорог, ремонт которых не проводился на протяжении 20–30 лет, находится в критическом состоянии. Дорожные бордюры на таких участках имеют серьезные повреждения, которые преимущественно связаны с работой снегоуборочной техники (рис. 2) и процессами коррозии бетона вследствие постоянного воздействия агрессивной среды (рис. 3).



Рисунок 2 – Бордюр дорожный с механическими повреждениями

На рисунке 4 изображена разработанная конструкция для наращивания дорожного бордюра.



1 – существующий дорожный бордюр;
2 – металлические или полимерные упругие скобы;
3 – полимерный профиль; 4 – бетон заполнения

Рисунок 4

Целостность существующего дорожного бордюра, который является основой для наращивания, не обязательна, он может иметь повреждения и сколы.

Монтаж металлических или полимерных упругих скоб на существующий дорожный бордюр осуществляют для закрепления полимерного профиля и обеспечения заполнения пространства между боковой поверхностью существующего бордюра и полимерным профилем.

Полимерный профиль служит формообразующим элементом конструкции и является несъемной опалубкой. Поверхность полимерного профиля может быть выполнена с рифлением, на внутренней стороне оно служит для обеспечения сцепления поверхности профиля с бетоном, а на внешней – для уменьшения скользкости поверхности. В тыльной, дальней от проезжей части вертикальной стороне



Рисунок 3 – Бордюр дорожный с коррозионными повреждениями

профиля устроено отверстие для нагнетания бетонной смеси. Также возможно устройство отверстия в верхней части профиля, что существенно облегчит процесс производства работ. Торцы профиля выполнены с двукратным уменьшением толщины стенок для создания нахлеста на стыках профилей.

Бетон заполнения придает конструкции прочность и долговечность, а также фиксирует полимерный профиль на существующем ремонтируемом бордюре.

С одной стороны, прочность и долговечность сооружений во многом обеспечивается за счет использования качественных материалов. С другой, в связи с массивностью применения строительных конструкций и стремлением к сокращению общей стоимости ремонтно-строительных работ необходимо сокращать затраты на производство конструкций.

Для изготовления полимерного профиля рассмотрены материалы на основе АБС-пластика, а также вторичные полимерные материалы.

Для производства скоб применяется сталь С235 по ГОСТ 27772 [3] (или СтЗкп по ГОСТ 380 [4]). Изготовление осуществляется путем придания листовому прокату (1–2 мм) волнообразной или зигзагообразной формы с последующей резкой. Также возможно применение в качестве материала чистого АБС-пластика или его композитов. В этом случае производство осуществляется методом экструзии с последующей резкой.

В качестве бетона-заполнителя рекомендуется использование бетона С10/12,5 (В12,5), допускается применение бетона С8/10 (В10). При соответствующем технико-экономическом обосновании не исключается применение других твердеющих растворов.

Конструкция дорожного бордюра рассчитана на нагрузку А14 от наезда колеса (рис. 5), динамическую (рис. 6) от удара колеса (коэффициент динамичности принят 1,2) и на нагрузку от воздействия

снегоуборочной техники (рис. 7). Для расчета использовался программный комплекс SOFiStiK. Конечно-элементные модели (КЭ-модели) конструкции бордюра (бетон условно не показан) представлены на рисунках 5–7.

Результаты расчета подтверждают работоспособность разработанной конструкции. При наезде колеса нагрузки А14 максимальные напряжения в полимерном профиле не превышают 2,56 МПа, а в бетоне – 2,53 МПа. При расчете на удар колеса нагрузки А14 полученные напряжения в полимерном профиле не превышают 14,66 МПа, а в бетоне возникают напряжения порядка 7,03 МПа. В случае удара ножа снегоуборочной машины полученные напряжения в профиле равны 19,44 МПа, а в бетоне – 9,06 МПа.

Отметим, что прочность материала полимерного профиля при растяжении составляет 35–50 МПа, при сжатии – 46–80 МПа, при изгибе – 50–87 МПа.

Технология наращивания дорожных бордюров, применяемая в настоящее время, обладает рядом существенных недостатков, к которым в первую очередь следует отнести большую трудоемкость работ, связанную с необходимостью полного демонтажа существующей конструкции. В состав работ входят следующие технологические операции:

- демонтаж покрытия проезжей части и тротуаров вдоль борта;
- демонтаж бортовых камней с обрубкой и выравниванием кромки асфальтобетонного покрытия;
- сгребание материала, полученного при демонтаже;
- сбор в штабеля материала, полученного при демонтаже;
- разметка мест установки бортовых камней;
- выгрузка бортовых камней вдоль линии установки;
- зачистка земляного ящика;
- устройство основания под бортовые камни с трамбованием;

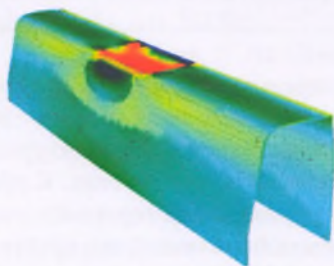


Рисунок 5 – КЭ-модель конструкции бордюра при расчете на нагрузку от наезда колеса

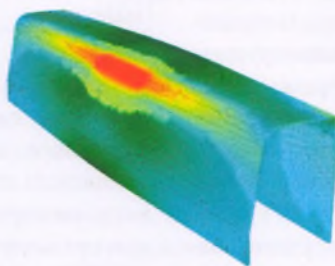


Рисунок 6 – КЭ-модель конструкции бордюра при расчете на нагрузку от удара колеса

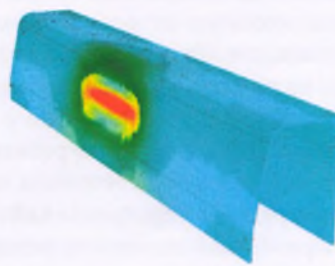


Рисунок 7 – КЭ-модель конструкции бордюра при расчете на нагрузку от воздействия снегоуборочной техники

- установка бортовых камней с выверкой их положения в плане и по высоте;
- заполнение швов цементным раствором с их расшивкой;
- приготовление цементного раствора с подноской на расстояние до 20 м;
- заполнение пазух грунтом.

Ниже приведен расчет затрат труда и локальная смета для существующей технологии наращивания бордюров дорожных (на 100 м). В стоимость материалов по Е27-34 включены: песок для строительных работ природный высшего класса, бетон тяжелый с крупностью заполнителя 20–40 мм класса С12/15 (В15), растворы кладочные тяжелые цементные марки 100 и другие материалы. Стоимость транспортировки и утилизации старых бордюров в сметах не учтена, так как варьируется в широком диапазоне в зависимости от конкретных условий.

В состав работ по наращиванию дорожного бордюра по новой технологии входят подготовка существующего бордюра и непосредственно сам процесс наращивания.

Подготовка существующего бордюра включает следующие операции:

- демонтаж покрытия проезжей части (при необходимости) и тротуаров вдоль борта до отметки низа полимерного профиля;
- очистку существующего бордюра от грязи.

Процесс наращивания включает следующие работы:

- фиксацию полимерных (или металлических) скоб на существующем бордюре;
- монтаж полимерных профилей с выверкой их положения по высоте и проклейкой стыков;
- нагнетание (подача) раствора под полимерный профиль через отверстие;
- контрольную выверку высотного положения профиля;
- заполнение пазух грунтом (при необходимости).

Оценка трудозатрат по наращиванию дорожного бордюра с применением разработанной нами технологии производилась при помощи расчетно-аналитического метода, а также с использованием аналогов. Так, например, для оценки трудозатрат на подготовку существующего бордюра были взяты работы, производимые с участием поливомоечной машины, а также работы, связанные с разборкой бордюров на бетонном основании с учетом только разломки тротуаров вдоль борта.

При оценке стоимости материалов учтены затраты на приобретение и доставку сырья, а также производство полимерных профилей и скоб. Авторы руководствовались стоимостью полимерных профилей и скоб производства Борисовского завода полимерных изделий с поправкой на себестоимость сырья (вторичного).

Трудозатраты и стоимость эксплуатации машин и механизмов приняты исходя из расчета их производительности. Стоимость одного часа работы определялась по существующим расценкам. При подготовке существующего бордюра применяется поливомоечная машина, которая необходима только на завершающем этапе этой работы. Для нагнетания (подачи) раствора под полимерный профиль может быть предложен шнековый насос для цементных растворов.

Сравнение затрат на производство работ по наращиванию дорожных бордюров по существующей и новой технологиям показывает, что общая продолжительность работ сокращается более чем в 2 раза. Затраты рабочего времени машин и механизмов уменьшаются почти в 4,5 раза, потребность в трудозатратах строителей снижается в 2,8 раза. Суммарная стоимость работ уменьшается более чем в 5 раз. Наращивание дорожных бордюров с использованием новой технологии в сравнении с существующей технологией позволяет снизить стоимость эксплуатации машин, а следовательно и затрат на аренду техники, в 16,5 раза.

Основные технико-экономические показатели существующей и новой технологии наращивания дорожного бордюра (100 м) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование технико-экономического показателя	Существующая технология	Новая технология
Общая продолжительность работ, ч	49,72	24,36
Стоимость эксплуатации машин, млн руб.	2,31	0,14
Заработная плата на человека, тыс. руб./чел.	562,78	423,34
Прямые затраты, млн руб.	20,19	3,75
Трудозатраты строителей, чел./ч	207,87	74,12
Затраты рабочего времени машин и механизмов, маш.-ч	71,47	16,05

Немаловажным преимуществом новой конструкции является возможность создания полимерного профиля исходя из архитектурной концепции его будущего местоположения. К примеру, поверхность профиля может содержать узор или орнамент, хорошо вписывающийся в архитектуру прилегающего района. Применение соответствующих красителей позволит создать архитектурную границу территории, послужит сигналом для пешеходов.

При производстве полимерного профиля могут использоваться красители. Бордюрные камни,

отремонтированные с применением окрашенного профиля, могут применяться в качестве элемента для организации дорожного движения. Существенным преимуществом использования окрашенного профиля является долговечность и отсутствие периодических малярных работ. В настоящее время выделение бордюров цветом, преимущественно желтым, применяется на парковках. Следует обратить внимание на быстрый износ окрасочного покрытия, который исключается при применении бордюров, изготовленных с использованием полимерных материалов.

Большое внимание уделяется применению новой конструкции в сочетании с известными методами использования дорожных бордюров для организации освещения городских дорог [5, 6], что способствует не только обеспечению безопасности дорожного движения, но и создает архитектурную привлекательность. Следует также отметить, что данный вариант отлично реализуется при ремонте существующих бордюров, что позволяет не производить их демонтаж. Вариант использования источников света в бордюрах может быть использован не

только в целях освещения, но и для создания световой иллюминации в праздники.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание новых способов организации работ, новых конструкций, приводящих к сокращению стоимости и сроков строительства, позитивно отражается на состоянии экономики. В стремлении создавать будущее страны рождаются идеи, обладающие большой практической значимостью.

В результате проведенной работы предложено решение актуальной проблемы, существующей в дорожной отрасли Республики Беларусь, связанной с необходимостью наращивания дорожных бордюров при реконструкции дорог и улиц. Технико-экономическое обоснование подтверждает эффективность новой технологии в сравнении с существующими методами. Применение ее при ремонте городских дорог позволит уменьшить стоимость работ по наращиванию бордюров более чем в 5 раз. Разработанная конструкция отвечает всем эксплуатационным требованиям. Ее прочностные характеристики подтверждены расчетом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструкция для наращивания бордюра дорожного : Евразийский пат. № 026780, Int. Cl. E01C 11/22 (2006.01) / А. В. Бусел, В. А. Гречухин, О. А. Коликов ; заявитель и патентообладатель Белорусский национальный технический университет. – № 201500492 ; заявл. 17.04.2015 ; опубл. 31.05.2017. – Дата выдачи патента : 30 мая 2017 г.

2. Пшебельская, Л. Ю. Экономическая оценка инновационных проектов в условиях неопределенности и риска (на примере производства изделий из полимерных материалов) : автореф. дис. ... канд. эконом. наук. – Минск, 2014. – 29 с.

3. Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия : ГОСТ 27772-2015. – 37 с.

4. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки : ГОСТ 380-2005. – Введ. 2008.01.01. – 12 с.

5. Бордюрное устройство транспортного сооружения : патент на полезную модель 36388 Рос. Федерация, МПК E01 C11 /22, E01 F 9/053 / Д. В. Казаков ; заявитель и патентообладатель Казаков Д. В. – № 2003128140/20 ; заявл. 12.09.2003 ; опубл. 10.03.2004.

6. Illuminated curbing nose section : patent U.S. 222,117 / Wilfried Baatz, Bellevue, Wash. ; assignor to Traffic & Safety Control Systems, Inc., Seattle, Wash. ; Filed June 8, 1970 ; Ser. No. 23,375. Int. Cl. D25-99; D26-99; U.S. Cl. D60-1.

Статья поступила в редакцию 24.08.2017.