

# ПРИМЕНЕНИЕ РЕМОНТНЫХ БЕТОНОВ, СОДЕРЖАЩИХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ, ДЛЯ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

## APPLICATION OF REPAIR CONCRETES WITH ORGANOMINERAL ADDITIVES FOR REPAIR AND RESTORATION OF THE PROTECTIVE LAYER ON REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

**В. А. Гречухин,**  
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Мосты и тоннели» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

**Е. А. Бегун,**  
магистрант кафедры «Мосты и тоннели» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

*В статье представлены данные об основных повреждениях и дефектах защитного слоя железобетонных конструкций, возникающих в процессе эксплуатации мостов и путепроводов от внешних воздействий: силовых, усадочных, технологических, температурных, вызванных коррозией арматуры и др., – а также о дефектах, которые возникают при изготовлении, а именно раковины, каверны, недостаточная толщина защитного слоя и других повреждениях, или при транспортировании и монтаже конструкций, таких как сколы, трещины и др.*

*Показаны деструктивные изменения, появляющиеся в защитном слое опор и пролетных строений при несвоевременном проведении профилактических мероприятий, что может привести к снижению эксплуатационных характеристик сооружения или к его полному выходу из строя. Обоснована эффективность применения ремонтных составов, содержащих органоминеральные добавки, для ремонта и восстановления защитного слоя железобетонных конструкций искусственных сооружений Белорусской железной дороги.*

*Даны рекомендации по ремонту и восстановлению защитного слоя железобетонных конструкций, показано влияние органоминеральной добавки, вводимой в количестве 0,2 %–4,0 % от массы цемента, на физико-механические свойства ремонтного бетона. Представлены данные по изменению прочности ремонтного бетона на сжатие и сцепление с бетоном восстанавливаемой конструкции. Предложены способы нанесения ремонтной бетонной смеси, содержащей органоминеральные добавки, на поверхность восстанавливаемой конструкции.*

*Даны рекомендации по уходу за восстановленной поверхностью, заключающиеся в увлажнении или нанесении защитной пленки. Результаты работы могут быть применены в процессе содержания и ремонта мостов и путепроводов, расположенных на железнодорожных линиях Республики Беларусь.*

**Ключевые слова:** Белорусская железная дорога, мосты, путепроводы, текущее содержание, обследование, дефекты, ремонтные бетоны, ремонт, защитный слой, органоминеральные добавки.



*Data has been presented in the article describing the most significant damages and defects in the protective layer of reinforced concrete structures arising during operation of bridges and overpasses due to the external impacts resulting from forces, shrinkages, technology factors, temperatures, reinforcement corrosion etc., as well as defects arising during manufacturing, such as blisters, cavities, insufficient thickness of protective layer and other damages, or those arising during transportation, such as spalls, cracks etc.*

*Destructive changes has been demonstrated, arising in the protective layer of footings and spans if the preventive procedures are not carried out in due time that can result in degradation of structure performance characteristics or its complete failure. Effectiveness is proved for application of repair compounds with organomineral additives for repair and restoration of the protective layer on reinforced concrete structures in artificial facilities of the Belarusian Railway.*

*Recommendations has been given with regard to the repair and restoration of the protective layer on reinforced concrete structures, and impact of an organomineral additive, with the added quantity of 0.2 %–4.0 % from the weight of cement, on physical and mechanical properties of repair cement has been demonstrated. Data has been presented describing variation of repair concrete compression strength and adhesion with the concrete of the structure to be restored. Methods have been proposed for application of repair concrete mixture with organomineral additives onto the surface of the structure to be restored.*

*Recommendations have been given with regard to the restored surface care that includes moistening or protective film application. The results of this work are applicable in the process of maintenance and repair for bridges and overpasses located on railway lines in the Republic of Belarus.*

**Keywords:** *Belarusian Railway, bridges, overpasses, day-to-day maintenance, examination, defects, repair concretes, repair, protective layer, organomineral additives.*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Безопасную эксплуатацию железнодорожных мостов и путепроводов обеспечивают своевременным проведением контроля, текущего содержания и капитального ремонта [1].

При текущем содержании искусственных сооружений с мостового полотна удаляют загрязнения, заменяют одиночные дефектные элементы, частично окрашивают сооружение, производят работы по предупреждению развития трещин и содержанию эксплуатационных обустройств и т. д. [2].

Систематический контроль за состоянием искусственных сооружений, их содержание, обеспечение безопасности движения поездов и периодические обследования осуществляет дорожная

мостоиспытательная станция, созданная на Белорусской железной дороге в 1948 году. На основании собранных данных составляется план проведения работ по обследованию сооружения [3].

Однако, несмотря на значительный опыт в области содержания и ремонта искусственных сооружений, проблема разрушения защитного слоя железобетонных конструкций остается актуальной и сегодня. В статье описаны основные дефекты, возникающие при несвоевременном проведении ремонтно-восстановительных работ, даны рекомендации по ремонту и представлены характеристики бетонной смеси с органоминеральной добавкой, применяемой для восстановления и ремонта защитного слоя железобетонных конструкций.

## **ДЕФЕКТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР И ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ**

Подферменные площадки опор железнодорожных мостов и путепроводов часто засорены щебнем (рис. 1). Обычно это вызвано избытком балласта на мосту (избыточной толщиной балластного слоя или недостаточной шириной балластной призмы). Поверхности железобетонных конструкций необходимо очистить от излишнего щебня, мусора, грязи, растительности, посторонних предметов. Данный дефект приводит к переувлажнению поверхности железобетонных конструкций и последующему разрушению защитного слоя.

В железобетонных конструкциях мостов и путепроводов могут иметь место трещины (силовые, усадочные, технологические, температурные и вызванные коррозией арматуры), дефекты бетонирования (раковины, каверны, недостаточная толщина защитного слоя и др.), другие повреждения (сколы, трещины и др.), которые возникают при изготовлении, транспортировании и монтаже (рис. 2).

Для наблюдения за силовыми трещинами с раскрытием более 0,2 мм, расположенными в растянутой зоне, устанавливают маяки и проводят измерения раскрытия и протяженности трещин [4].

При недостаточной подвижности опорных частей в опорных узлах и оголовках опор появляются температурные трещины. При выявлении данного дефекта опорные части ремонтируют или заменяют с устройством железобетонных поясов опор.

При нарушении гидроизоляции и проникновении влаги происходит коррозия арматуры, приводящая к появлению трещин в защитном слое. В этом случае необходимо произвести ремонт гидроизоляции и заделать трещины.

При появлении трещин в опорах и пролетных строениях следует выяснить причины их образования и степень развития. Для этого трещины рассматривают в динамике, обозначив масляной краской границы трещин и установив регулярное наблюдение





**Рисунок 1 – Загрязнение избытком щебня поверхности опор:**  
а – на русловой опоре; б – на береговой опоре



**Рисунок 2 – Трещины в железобетонных конструкциях:**  
а – по защитному слою опоры моста; б – в плите пролетного строения;  
в – силовая из-за защемления пролетного строения; г – в зоне опирания

ние с измерением их раскрытия и протяженности, а также с постановкой маяков.

Нередко при обследовании искусственных сооружений встречаются конструкции с дефектами бетонирования: раковинами и кавернами (рис. 3).

Раковины делят на три типа: поверхностные, глубинные и сквозные. Они появляются при нарушении технологии укладки и уплотнения бетона, расслоении бетона при длительной транспортировке или падении с большой высоты, нарушении



а)



б)



**Рисунок 3 – Раковины и каверны на опорах:**  
а – поверхностная раковина; б – каверны на опоре путепровода

технологии приготовления бетонной смеси. Для подготовки бетонной поверхности к ремонту поверхностных раковин рекомендуется применять механический способ, для глубинных и сквозных раковин – комбинированный. Лучше всего подходит водопескоструйная обработка бетонной поверхности. Оголенные арматурные стрежни очищают от продуктов коррозии и заделывают ремонтным составом.

Каверны образуются при попадании в бетон пузырьков воздуха, недостаточном уплотнении бетонной смеси или некачественной опалубке. При замерзании воды в кавернах образуются сколы бетона, что снижает несущую способность и долговечность конструкции. Каверны устраняют путем очистки бетонной поверхности механическим способом, промыва поверхности водой и заделывания цементным раствором.

Сколы бетона возникают при ранней распалубке конструкции, при транспортировке и монтаже, а также от ударов негабаритных транспортных средств (рис. 4). Методы устранения сколов и раковин идентичны [5].



**Рисунок 4 – Сколы от ударов автотранспорта**

Сколы, раковины и разрушения защитного слоя бетона приводят к оголению арматуры железобетонных конструкций (рис. 5) и ее коррозии, снижая несущую способность и долговечность сооружения. Оголенную арматуру очищают от продуктов коррозии и заделывают ремонтным составом, например, ремонтным бетоном, содержащим добавку отработанной глины [6].



**Рисунок 5 – Оголенная арматура в нижней части пролетного строения**

Пролетные строения железнодорожных мостов и путепроводов защищают путем устройства гидроизоляции, а сток воды из балластных корыт и с подферменных площадок обеспечивают приданием им уклона 20 % и своевременной очисткой от загрязнений. Отвод воды осуществляют по водоотводным трубкам, желобам и дренажам [5].

Наличие на опорах мокрых пятен, фильтрации воды из насыпи между секциями пролетного строения или по передним стенкам устоев, подтеков выщелачивающегося раствора свидетельствует о нарушении гидроизоляции внутренней поверхности балластного корыта и опор (рис. 6), о нарушении



сопряжения гидроизоляционного ковра с водоотводными трубками. Работы по замене и ремонту гидроизоляции проводят в соответствии с проектом и с закрытием движения поездов. Также нарушение водоотвода происходит по причине некорректной установки водоотводных лотков или отсутствия водоотводных трубок (рис. 7).



Рисунок 6 – Фильтрация и подтеки на устое моста и между секциями пролетного строения



Рисунок 7 – Отсутствующая водоотводная трубка

а)



б)



Рисунок 8 – Высолы (а) и сталактиты (б) на бетонной поверхности

Нарушение гидроизоляции приводит к появлению высолов и выщелачиванию цементного вяжущего (рис. 8). Однако есть и другие причины их появления: повышенная влажность атмосферного воздуха, агрессивная внешняя среда, высокое содержание солей в воде или добавках, химическая коррозия (вблизи химического производства), попадание грунтовых вод в бетон. Высолы ускоряют процесс разрушения бетона и портят эстетический вид конструкции. Устраняют высолы раствором соляной или уксусной кислоты, специализированными средствами, спиртами.

Описанные выше дефекты показывают актуальность проблемы разрушения защитного слоя железобетонных конструкций. В связи с этим встает задача по разработке ремонтных составов для восстановления защитного слоя железобетонных конструкций. Одним из путей ее решения является применение ремонтных бетонов, модифицированных органоминеральными добавками из вторичных продуктов производства минеральных масел. Их физико-механические характеристики должны соответствовать требованиям СТБ 1464 [7].

Гидрофобная пленка органоминеральной добавки на начальном этапе снижает скорость набора прочности образцов (рис. 9), однако, благодаря ее наличию, зерна цемента не агрегируются и вода затворения равномерно распределяется по всему объему цементного теста. Снижение агрегации цементных зерен и их равномерное смачивание способствуют более плотной упаковке и образованию дополнительных коагуляционных и кристаллизационных контактов.

Органоминеральная добавка, вводимая в количестве 0,2 %–2,0 % от массы цемента, повышает прочность на сжатие образцов цементного камня через 28 суток на 11 %. При введении добавки в количестве более 2,0 % прочность цементного камня снижается, а при введении 4,0 % – прочность на сжатие составляет 79 % от прочности образцов без добавки (рис. 9).



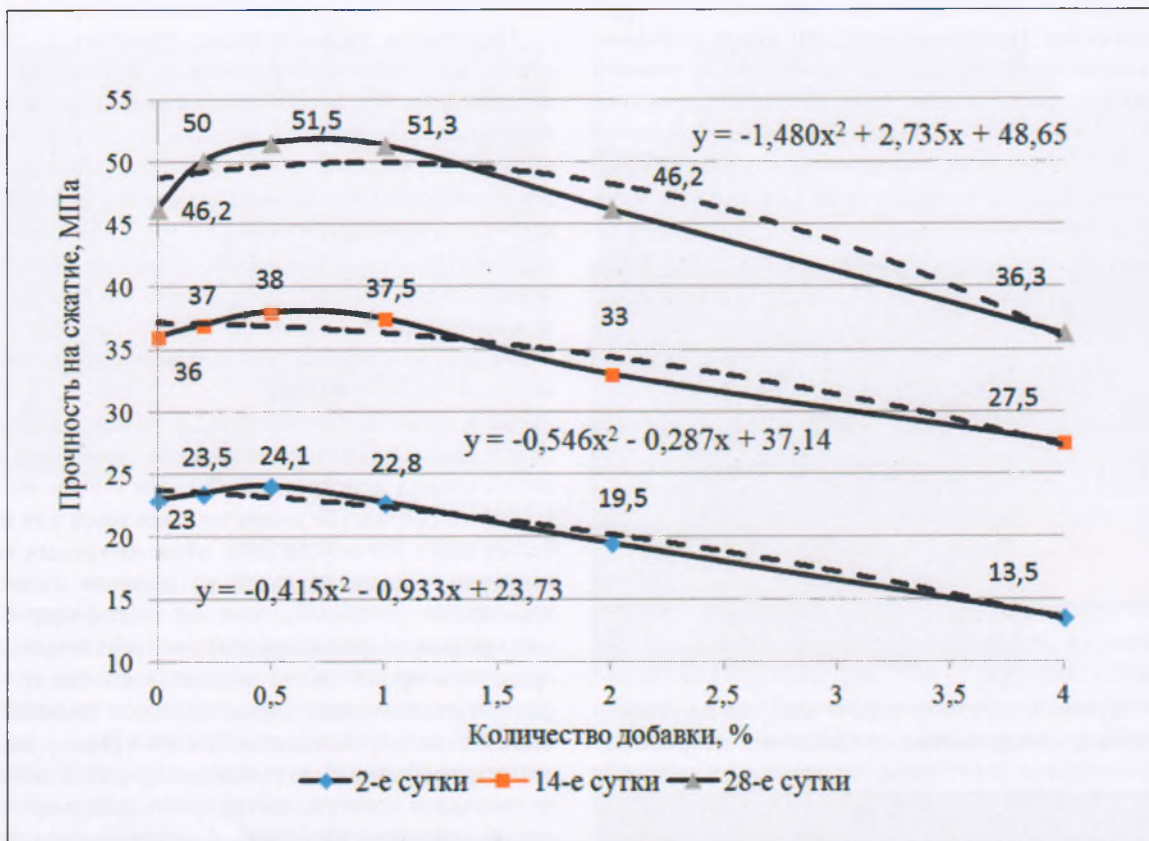


Рисунок 9 – Прочность цементного камня с добавкой на сжатие (коэффициент нормальной густоты  $K_{нр} = 0,25$ )

Органоминеральная добавка может быть использована и в ремонтных бетонах. При испытании составов ремонтного бетона на сжатие отмечено, что замедление набора прочности на начальном этапе снижает напряжения и препятствует образо-

ванию усадочных трещин. В последующем рост прочности ремонтного бетона с добавкой происходит быстрее (рис. 10).

Также в работе проведено исследование влияния органоминеральной добавки на прочность

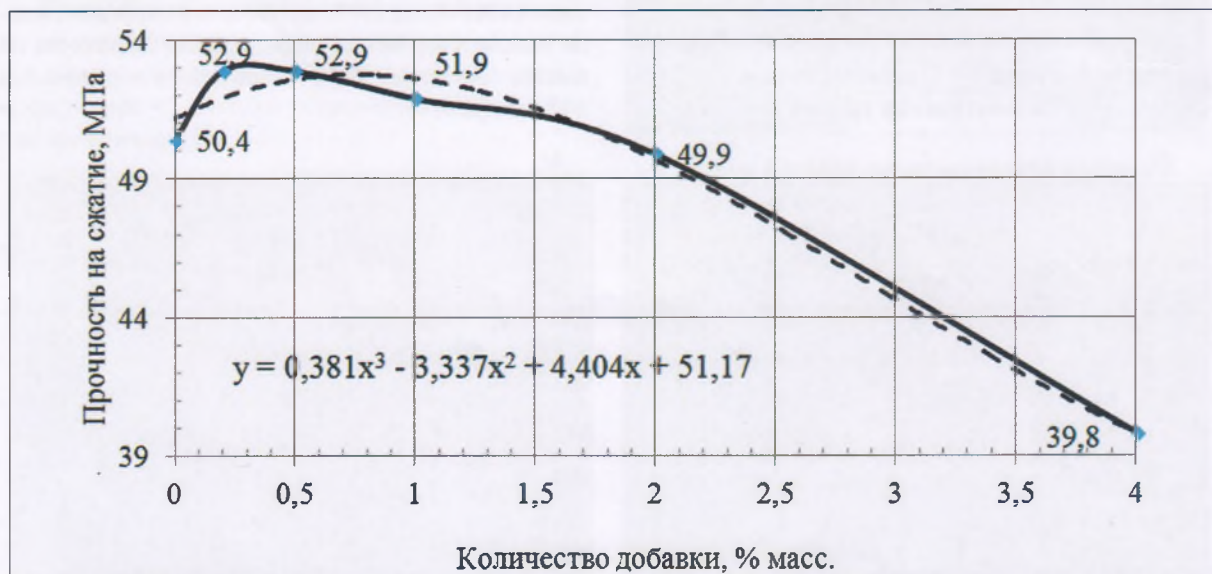


Рисунок 10 – Влияние органоминеральной добавки на прочность ремонтных бетонов на сжатие ( $C/P/B = 500/1500/200$ )

сцепления ремонтного бетона с бетоном ремонтируемой конструкции. Для испытаний изготовили образцы, имеющие  $K_{нр} = В/Ц = 0,25$ , и пять серий образцов, имеющих состав: Ц/П/В = 500/1500/200. Органоминеральную добавку в составы вводили в количестве 0,2 %/0,5 %/1,0 %/2,0%/4,0% от массы цемента. Контроль проводился на образцах без добавки.

Введение органоминеральной добавки в количестве 4,0 % повышает прочность сцепления цементного камня с бетоном ремонтируемой конструкции на 65 %, а ремонтного бетона – на 34 % (рис. 11). Данный эффект можно объяснить увеличением подвижности смеси, диспергацией цементных зерен, повышением площади контакта ремонтного бетона с бетоном конструкции и, как следствие, увеличением количества образовавшихся коагуляционных контактов между нанесенным новым слоем и бетоном ремонтируемой конструкции.

Следует обратить внимание, что повышение роста прочности сцепления цементного камня и ремонтного бетона с бетоном ремонтируемой конструкции, скорее всего, будет актуально до тех пор, пока прочность сцепления будет ниже прочности ремонтного бетона или бетона конструкции на растяжение.

Различие в динамике роста прочности сцепления цементного камня и ремонтного бетона с бетонной поверхностью ремонтируемой конструкции вызвано снижением агрегации цемента, благодаря которой количество образующихся кристаллизационных и коагуляционных контактов на единицу

площади цементного камня выше, чем в ремонтном бетоне.

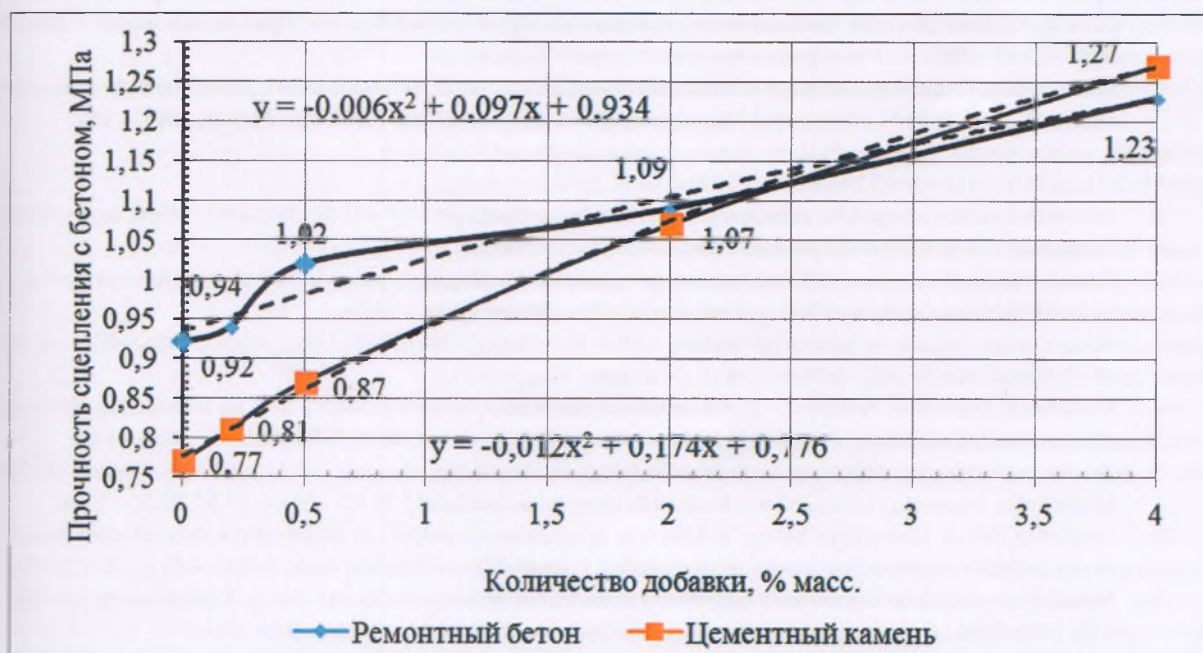
Предлагаемые ремонтные бетоны применяют следующим образом. До начала работ по восстановлению защитного слоя с поверхности конструкции удаляют разрушенный бетон защитного слоя и зачищают арматуру от продуктов коррозии.

Ремонтные бетоны готовят в требуемом объеме непосредственно на строительной площадке с помощью мешалки. Смесь наносят на поврежденные участки бетонных опор штукатурным методом или методом торкретирования толщиной слоя до 5 см. В таблице 1 приведен ориентировочный состав ремонтной бетонной смеси.

**Таблица 1** – Состав для восстановления защитного слоя железобетонных конструкций

Наименование компонента	Количество компонента, кг/м <sup>3</sup>
Цемент	500
Песок	1500
Вода	200
Органоминеральная добавка, кг/%	8 (2,0 %)

После нанесения ремонтных бетонных смесей выполняют работы по уходу за восстановленным участком путем увлажнения поверхности ремонтного бетона (после схватывания) несколько раз в день в течение трех суток из расчета 1–3 л/м<sup>2</sup>. При



**Рисунок 11** – Влияние добавки на прочность сцепления с бетоном восстанавливаемой конструкции



температуре воздуха выше 25 °С поверхность покрывают пленкообразующими составами.

Применение ремонтных бетонных смесей с органоминеральной добавкой обеспечивает создание защитного слоя равноценного качества на протяжении всего оставшегося периода эксплуатации сооружения и обосновано их низкой стоимостью по сравнению с другими составами.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процесс эксплуатации мостов и путепроводов сопровождается нарушением целостности защитного слоя железобетонных конструкций. Несвоевременное проведение ремонтно-восстановительных работ снижает эксплуатационные параметры сооружения.

Для ремонта и восстановления защитного слоя возможно применение бетонной смеси с органоминеральной добавкой, вводимой в количестве

0,2 %–2,0 % от массы цемента. Добавка создает гидрофобную пленку, которая на начальном этапе снижает скорость набора прочности образцов. Благодаря пленке, зерна цемента не агрегируются и вода затвердения равномерно распределяется по всему объему цементного теста, что способствует образованию дополнительных коагуляционных и кристаллизационных контактов и повышает прочность образцов цементного камня на 11 %.

Введение органоминеральной добавки в количестве 4,0 % повышает прочность сцепления цементного камня с бетоном ремонтируемой конструкции на 65 %, а ремонтного бетона – на 34 %.

Применение ремонтных бетонных смесей с добавкой отработанной глины, имеющей низкую стоимость по сравнению с другими составами, обеспечит создание защитного слоя равноценного качества на протяжении всего оставшегося периода эксплуатации сооружения.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Искусственные сооружения на железной дороге. Правила эксплуатации : ТКП 491-2013 (02190) / Минсктранс. – Введ. 16.08.2013. – Минск : изд-во БелГИСС. – 2013. – 53 с.
2. Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ : СТП 09150.56.010-2005 / БелЖД. – Введ. 01.07.2006. – Минск, 2006. – 283 с.
3. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний : ТКП 45-3.03-60-2009 (02250) / Минстройархитектуры РБ. – Введ. 18.09.2009. – Минск, 2009. – 29 с.
4. Конструкции каменные, бетонные и железобетонные железнодорожных мостов и труб на Белорусской железной дороге. Правила по ремонту : СТП 09150.56.113-2009 / БелЖД. – Введ. 01.10.2009. – Минск, 2009. – 89 с.
5. Правила технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь. – Утверждены постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 25.11.2015 № 52. – Введ. 01.07.2016. – 300 с.
6. Гречухин, В. А. Ремонтные бетоны с добавкой из вторичных продуктов производства минеральных масел / В. А. Гречухин // Вестник Полоцкого госуниверситета. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2015. – № 1. – С. 120–126.
7. Материалы для ремонта бетонных и железобетонных конструкций автомобильных дорог. Технические условия : СТБ 1464–2004 / Госстандарт; Минстройархитектуры РБ. – Введ. 12.04.04. – Минск, 2004. – 15 с.

### SPISOK ISPOL'ZOVANNOJ LITERATURY

1. Iskustvennyye sooruzheniya na zheleznoj doroge. Pravila e'kspluatatsii : TKP 491-2013 (02190) / Minsktrans. – Vved. 16.08.2013. – Minsk : izd-vo BelGISS. – 2013. – 53 s.
2. Tekushchee sodержanie zheleznodorozhnogo puti. Tekhnicheskie trebovaniya i organizatsiya rabot : STP 09150.56.010-2005 / BelZHD. – Vved. 01.07.2006. – Minsk, 2006. – 283 s.
3. Mosty i truby. Pravila obsledovaniy i ispytaniy : TKP 45-3.03-60-2009 (02250) / Minstrojarkhitektury RB. – Vved. 18.09.2009. – Minsk, 2009. – 29 s.
4. Konstrukcii kamennye, betonnye i zhelezobetonnye zheleznodorozhnyh mostov i trub na Belorusskoj zheleznoj doroge. Pravila po remontu : STP 09150.56.113-2009 / BelZHD. – Vved. 01.10.2009. – Minsk, 2009. – 89 s.
5. Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii zheleznoj dorogi v Respublike Belarus'. – Utverzhdeny postanovleniem Ministerstva transporta i kommunikatsij Respubliki Belarus' ot 25.11.2015 № 52. – Vved. 01.07.2016. – 300 s.
6. Grechuhin, V. A. Remontnye betony s dobavkoj iz vtorichnykh produktov proizvodstva mineral'nykh masel / V. A. Grechuhin // Vestnik Poloczskogo universiteta. Ser. F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. – 2015. – № 1. – S. 120–126.
7. Materialy dlya remonta betonnykh i zhelezobetonnykh konstrukcij avtomobilnykh dorog. Tekhnicheskie usloviya : STB 1464–2004 / Gosstandart; Minstrojarkhitektury RB. – Vved. 12.04.04. – Minsk, 2004. – 15 s.

*Статья поступила в редакцию 02.05.2018.*