



УДК 69.05

Мухаметрахимов Рустем Ханифович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: muhametrahimov@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Алиуллова Индира Рафаиловна

инженер ПТО

E-mail: aliullova.indira@gmail.com

ООО «Фирма «Гидромонтаж»

Адрес организации: 420039, Россия, г. Казань, ул. Декабристов, д. 180

Совершенствование системы контроля качества устройства деформационных швов с резиновым компенсатором при ремонте мостовых сооружений

Аннотация

Постановка задачи. Деформационные швы являются важным элементом мостового сооружения. Один из наиболее надежных деформационных швов – шов с резиновым компенсатором. От качества работ по его установке зависит безопасность дорожного движения и долговечность его работы и других конструкций моста. Цель настоящей работы – совершенствование системы контроля качества устройства деформационных швов с резиновыми компенсаторами при ремонте мостовых сооружений.

Результаты. На первом этапе исследований выполнен анализ и классификация видов деформационных швов мостовых сооружений. На втором этапе выполнен визуальный осмотр технического состояния деформационных швов мостовых сооружений в г. Казани, систематизированы их основные дефекты и повреждения. На третьем этапе систематизированы требования контроля качества устройства деформационных швов с резиновым компенсатором.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в уточнении системы контроля качества устройства деформационных швов с резиновым компенсатором при ремонте мостовых сооружений. Изучены основные виды и классификации деформационных швов, проанализированы их основные дефекты и причины возникновения, приведена технология и предложена система контроля качества технологических процессов устройства однопрофильных деформационных швов с резиновыми компенсаторами при ремонте мостовых сооружений.

Ключевые слова: мостовое сооружение, деформационный шов, технология и организация строительства, дефекты, повреждения, контроль качества, резиновый компенсатор.

Для цитирования: Мухаметрахимов Р. Х., Алиуллова И. Р. Совершенствование системы контроля качества устройства деформационных швов с резиновым компенсатором при ремонте мостовых сооружений // Известия КГАСУ. 2020. № 3 (53). С. 47–55.

1. Введение

Мосты относятся к искусственным сооружениям, являются объектами повышенной опасности, в отличие от других, они подвергаются высоким нагрузкам со стороны транспортных средств, пешеходов, воздействию природных и техногенных факторов, имеют длительный срок эксплуатации.

В России на сегодняшний день насчитывается около 42 тыс. мостов и путепроводов. Их общая протяжённость около 2,1 млн погонных метров. Многие из них имеют дефекты, некоторые находятся в аварийном состоянии. Эксплуатация повреждённых мостовых сооружений иногда приводит к чрезвычайным ситуациям. Количество аварий мостовых сооружений с каждым годом увеличивается, только за 2018 год в России их произошло более 100.

Реализация национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» на 2017-2024 годы, подпрограмм «Строительство, реконструкция автомобильных дорог и мостовых сооружений», «Ремонт автомобильных дорог и искусственных сооружений», государственной программы «Развитие транспортной системы Республики Татарстан на 2014-2024 годы» и др. позволяет улучшить проблемную ситуацию в данной области.

Вместе с тем значительная доля мостовых сооружений продолжает эксплуатироваться с имеющимися дефектами, повреждениями и несоответствиями, что приводит к существенному сокращению межремонтного интервала и срока их службы. Одним из наиболее распространенных дефектов мостов является нарушение герметичности деформационных швов, что влечет за собой повреждение других нижележащих конструкций.

Деформационные швы (ДШ) являются важным элементом мостового полотна автодорожных мостов, они обеспечивают плавный и безопасный проезд автотранспорта с дороги на мост и с одного пролетного строения на другое, исключают стук колес, появление вибрации и др. [1]. От деформационных швов зависит надежность и долговечность большинства других конструктивных элементов мостового сооружения. Так при повреждении деформационного шва в зоне воздействия агрессивных вод, протекающих с проезжей части, сквозь него, оказываются и конструкции пролетного строения, опорные части, шкафные стенки, подферменники и др. [2]. Большое влияние деформационные швы оказывают и на безопасность дорожного движения.

В этой связи актуальными становятся вопросы, направленные на своевременный ремонт деформационных швов. Большое применение при ремонтах находят швы с резиновыми компенсаторами к которым предъявляются следующие требования: герметичность, долгий срок службы, соответствие условиям безопасности во время работы, возможность технического осмотра, простота установки, минимум затрат на эксплуатацию [3-4]. При этом следует отметить, что требуемая долговечность отремонтированных деформационных швов зачастую не обеспечивается, что связано с нарушением технологии производства работ и контроля качества.

Исходя из вышесказанного, особую актуальность приобретают работы, направленные на решение вопросов совершенствования системы контроля качества устройства деформационных швов при ремонте мостовых сооружений.

Анализ литературных данных позволил выделить ряд работ, в которых рассматриваются вопросы качества проектирования, строительства, ремонта и эксплуатации мостовых сооружений. В цикле работ [5-8] авторами приводятся примеры многочисленных аварий и разрушения мостовых сооружений с анализом причин их возникновения. В работе [9] приведен пример несоблюдения контроля качества во время производства сварочных работ пролетного строения и невыполнения антикоррозийной обработки болтовых соединений. Это привело к обрушению моста через реку Мианус в 1983 году. Еще один аварийный случай приведен в статье [10], мост через реку Ворону под Борисоглебском обрушился в связи с несоблюдением технологии производства ремонтных работ. В работах [11-15] авторы уделяют внимание важным вопросам качества материалов во время ремонтных работ на опорах мостов, дорожного полотна и др. Не снижая значимости рассмотренных выше работ, следует отметить, что особенности технологии устройства и контроля качества швов с резиновыми компенсаторами в должной мере не рассматриваются.

Целью настоящей работы является совершенствование системы контроля качества технологических процессов устройства деформационных швов с резиновыми компенсаторами при ремонте мостовых сооружений.

2. Методы научных исследований

На первом этапе исследований выполнен анализ и классификация видов деформационных швов мостовых сооружений. Были применены такие методы исследований как классификация, анализ и обобщение.

На втором этапе выполнен визуальный осмотр технического состояния деформационных швов мостовых сооружений в г. Казани, систематизированы их

основные дефекты и повреждения. Осмотр осуществлялся визуальным, измерительным и наблюдательным методами. В ходе осмотра были выявлены дефекты и повреждения деформационных швов, произведена их фиксация и выполнено описание повреждений.

На третьем этапе систематизированы требования контроля качества устройства деформационных швов с резиновым компенсатором. Использовались методы систематизации, обобщения, описания и анализа.

Для определения геометрических отклонений использовался комплект визуально-измерительного контроля (ВИК), в который входит стальная линейка, штангенциркуль с глубиномером, угольник поверочный, лупа, рулетка измерительная 5 м, фонарик карманный и др. Для фотофиксации дефектов применен фотоаппарат Canon EOS 1100D Kit.

3. Результаты и обсуждение

Анализ и классификация видов деформационных швов мостовых сооружений

Согласно [16] деформационные швы можно классифицировать по внешнему виду самой конструкции на открытый тип – конструкция представляет собой незаполненный зазор; закрытый тип – конструкция деформационного шва сверху закрыта покрытием проезжей части; заполненный тип – конструкция шва заполнена материалом, но покрытие проезжей части выполнено с разрывом; перекрытый тип – конструкция перекрыта на уровне проезжей части.

Для швов заполненного типа существует классификация по материалу заполнения – с мастичным заполнением и стальной окаймлением и без, с заполнением из резины и стальным стальной окаймлением и без.

Для швов перекрытого типа – классификация по виду перекрывающего элемента: перекрывающая железобетонная плита, скользящий лист и др. [17]. Для швов открытого типа существует классификация по наличию или отсутствию стального окаймления, которое влияет на ширину видимой щели. Закрытые швы классифицируются на: имеющие армированное покрытие и не имеющие [17].

Основные дефекты и повреждения деформационных швов мостовых сооружений

Повреждения деформационных швов и нарушение их работы заметны при визуальном осмотре не только самих швов, но и конструкций, находящихся ниже них, например опор, опорных частей и др. [18]. Дефекты деформационных швов условно можно разделить на две основные группы [19]: нарушение герметичности и нарушение плавности проезда, т.е. повреждения в мостовом полотне.

К повреждениям герметичности относятся протечки различного рода, разрушения водоотводных лотков. Повреждения мостового полотна представляют собой трещины у шва или над ним, разрушение самого покрытия в его зоне, разрушения заполнений слоев дорожной одежды [19].



Рис. 1. Проникновение вод на опорные части мостового сооружения (иллюстрация авторов)

Основными причинами дефектов являются низкая деформативность асфальтобетона, нарушение технологии при производстве работ, неправильный или несвоевременный ремонт, ошибочные проектные решения, низкая долговечность материалов.

Так, на Булачном мосту в г. Казани нарушена герметичность конструкции деформационного шва, в результате которого при прохождении атмосферных осадков происходит проникновение поверхностных вод и загрязнение нижележащих конструкций (рис. 1). Износ деформационного шва не обеспечивает плавность сопряжения с покрытием проезжей части и приводит к повышению динамического воздействия временной нагрузки на несущие конструкции (рис. 2).



Рис. 2. Разрушение покрытия проезжей части в районе ДШ (иллюстрация авторов)

Технология устройства однопрофильного деформационного шва с резиновым компенсатором

Для ремонта ДШ мостов эффективным является однопрофильный деформационный шов с резиновым компенсатором (рис. 3), который обеспечивает полную герметичность, создает более надежные конструкции для небольших перемещений, исключает устройство сложных водоотводных лотков, устройство которых иногда не возможно.

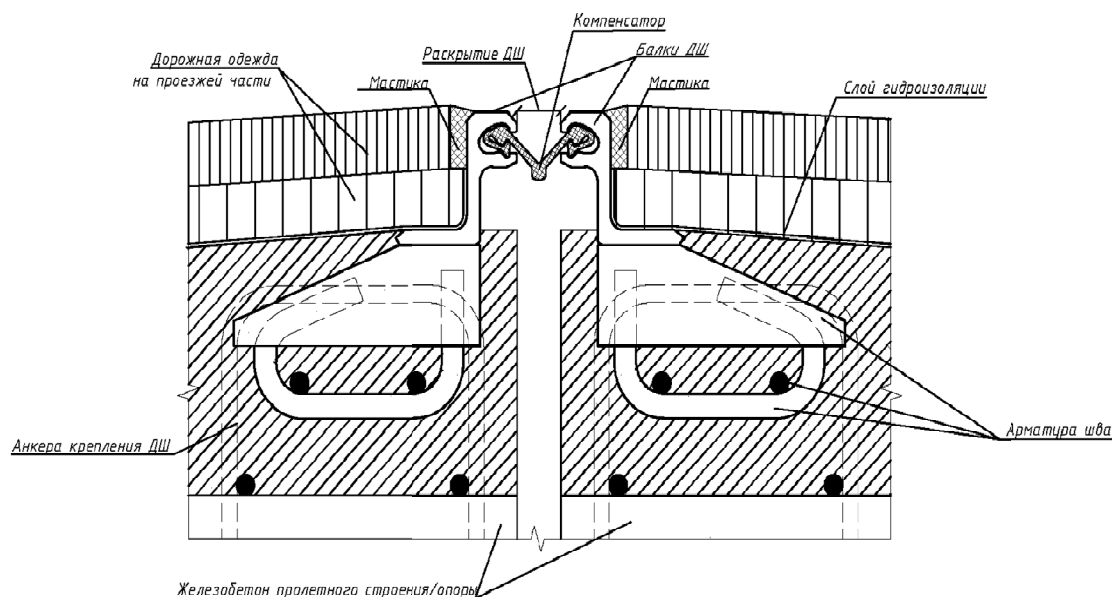


Рис. 3. Схема деформационного шва с резиновым компенсатором (иллюстрация авторов)

Конструкция ДШ с резиновым компенсатором используется в железобетонных и сталежелезобетонных пролетных строениях мостов, обеспечивает перемещения до 100 мм.

Преимуществами данного типа деформационных швов являются [20]: простота установки, плавность проезда, шумоподавление, уменьшенная трудоемкость, относительно невысокая стоимость. В качестве недостатков можно выделить относительно небольшую возможность перемещения ≤ 100 мм, ДШ не предусмотрен для устройства в сейсмически активных районах строительства; необходим точный контроль качества на всем этапе монтажа [21].

Технология производства работ относительно небольшая по трудоемкости по сравнению с другими. Согласно СТО НОСТРОЙ 2.29.104-2013 одно из основных требований к качеству подготовительных работ заключается в правильной укрупненной сборке, т.е. объединению цельно перевозимых секций. Важно, чтобы резина для компенсатора поставлялась отдельно от секций и являлась цельной, исключением являются случаи, предусмотренные проектом, которые учитывают наличие на строительной площадке вулканизатора для соединения резиновых компенсаторов [22].

Основные работы начинают с образования ниши в пролетном строении и в шкафной стенке (рис. 4). Затем устанавливают саму конструкцию ДШ в проектное положение так, чтобы дорожная одежда была выше верха ДШ на 10-15 мм. Для закрытия вертикальных пластин ребер окаймления бетоном ДШ следует устанавливать так, чтобы вертикальные пластины ребер несущих балок находились на расстоянии минимум 30 мм от вертикальной плоскости шкафной стенки.

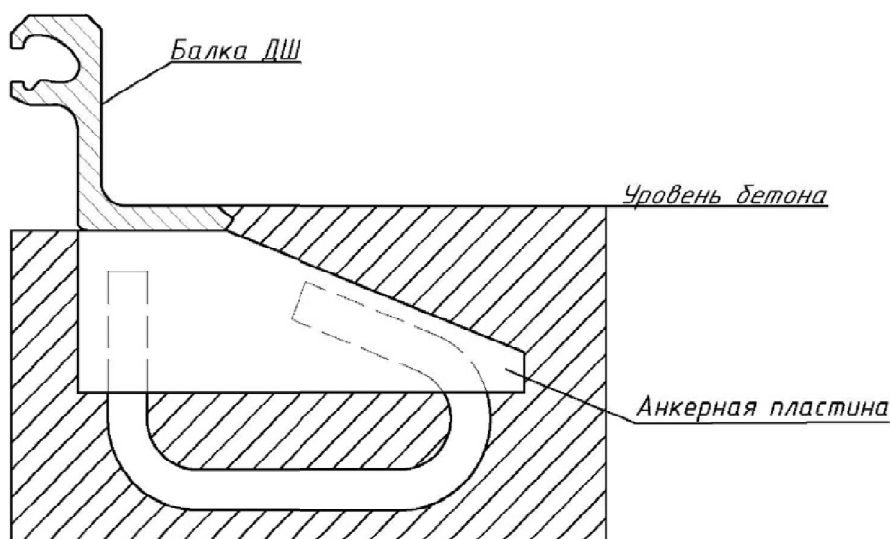


Рис. 4. Схема устройства ниши в плите (иллюстрация авторов)

Далее производят раздвижку самого шва на величину, указанную в проектной документации, сварку выпусков арматуры плит проезжей части с анкерами окаймления и снятие монтажной рамы. Для исключения образования перелома при устройстве гидроизоляции важно, чтобы верх бетона моноличивания ниши совпадал с верхней поверхностью ножки несущих балок ДШ.

Далее производится моноличивание анкерных узлов окаймления, устраивается гидроизоляция с заведением за ножку окаймления. Нишу между дорожным покрытием и окаймлением заполняют асфальтобетоном, при этом верх дорожного покрытия должен быть выше верха окаймления деформационного шва.

Контроль качества устройства однопрофильного деформационного шва с резиновым компенсатором

Авторами систематизированы требования контроля качества устройства деформационных швов с резиновым компенсатором. Состав контролируемых операций, средства контроля и необходимая документация при устройстве однопрофильного деформационного шва с резиновым компенсатором приведены в таблице.

Таблица

Состав операций и средства контроля

Этапы работ	Контролируемые операции	Контроль	Документация
Подготовительные работы	Проверить: - наличие документа о качестве ДШ; - качество торцевых поверхностей фасонки, ширина резиновых компенсаторов; - наличие акта освидетельствования ранее выполненных работ; - наличие ориентировочных рисок, определяющих проектное положение.	Визуальный Измерительный, каждый элемент Визуальный Визуальный	Паспорта (сертификаты качества), общий журнал работ, акт освидетельствования (приемки) ранее выполненных работ.
Устройство деформационного шва	Контролировать: - установку деформационного шва в проектное положение; - параллельность осей, окаймлений, отсутствие относительных смещений элементов, соединенных сваркой; - ширину зазора между окаймлениями; - наличие ржавчины и необработанных мастикой мест; - наличие щелей и неплотностей в месте крепления компенсаторов к окаймлениям; - сварочные работы	Измерительный Измерительный Измерительный Визуальный Визуальный Измерительный, визуальный	Общий журнал работ
Приемка выполненных работ	Проверить: - фактическое положение ДШ; - гидроизоляцию, герметичность.	Измерительный, визуальный Визуальный	Акт освидетельствования (приемки) выполненных работ, исполнительная геодезическая схема
Контрольно-измерительный инструмент: рейка-отвес, уровень строительный, линейка металлическая, нивелир, теодолит, штангенциркуль.			
Операционный контроль осуществляют: мастер или прораб, геодезист – в процессе работ. Приемочный контроль осуществляют: работники службы качества, мастер или прораб, представители технадзора заказчика.			

4. Заключение

1. Выполнен анализ и приведена классификация видов деформационных швов мостовых сооружений. Показана зависимость надежности и долговечности конструктивных элементов мостов от качества деформационных швов.

2. На основе выполненного визуального осмотра технического состояния деформационных швов мостовых сооружений и анализа литературных данных систематизированы основные дефекты и повреждения. Установлено, что основным дефектом является нарушение герметичности, что приводит к снижению долговечности и нарушению работы остальных конструкций мостов.

3. Определено, что одним из эффективных видов деформационных швов для ремонта мостовых сооружений является однопрофильный шов с резиновым компенсатором, однако качество устройства таких швов часто не соответствует нормативным требованиям.

4. Приведена технология и предложена система контроля качества технологических процессов устройства однопрофильных деформационных швов с резиновыми компенсаторами при ремонте мостовых сооружений.

Список библиографических ссылок

1. Козлачков С. В., Овчинников И. И., Овчинников И. Г. Рекомендуемые требования к деформационным швам мостовых сооружений // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2013. Т. 2. С. 340–345.
2. Ефанов А. В., Овчинников И. Г. Статический и динамический расчет деформационных швов автодорожных мостов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2006. № 6. С. 102–106.
3. Алексеев С. В., Трепалин В. А., Шевченко С. М., Трифонова А. А. Современные методы совершенствования конструкций деформационных швов автодорожных мостов // Путь навигатор. 2020. № 43 (69). С. 3. DOI: 10.15862/20SATS220.
4. Козлачков С. В., Овчинников И. И., Овчинников И. Г. Исследование отечественных деформационных швов мостовых сооружений // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2013. Т. 2. С. 328–333.
5. Майстренко И. Ю., Овчинников И. И., Овчинников И. Г., Кокодеев А. В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 1 // Транспортные сооружения. 2017. Т. 4. № 4. С. 11. DOI: 10.15862/13TS417.
6. Овчинников И. Г., Овчинников И. И., Майстренко И. Ю., Кокодеев А. В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 2 // Транспортные сооружения. 2017. Т. 4. № 4. С. 12. DOI: 10.15862/14TS417.
7. Майстренко И. Ю., Овчинников И. И., Овчинников И. Г., Успанов А. М. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 3 // Транспортные сооружения. 2018. Т. 5. № 1. С. 8. DOI: 10.15862/08SATS118.
8. Овчинников И. И., Майстренко И. Ю., Овчинников И. Г., Успанов А. М. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 4 // Транспортные сооружения. 2018. Т. 5. № 1. С. 5. DOI: 10.15862/05SATS118.
9. Карамышева А. А., Строев Д. А., Колотиенко М. А., Коник А. И. Анализ и систематизация причин разрушения мостовых сооружений // Инженерный вестник Дона. 2019. № 3 (54). С. 34.
10. Козырева Л. В., Китаре Е. В. Аварии мостовых сооружений // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2015. № 1 (9). С. 37–42.
11. Pipinato A. Innovative Bridge Design Handbook: Construction, Rehabilitation and Maintenance. Oxford (United Kingdom) : Butterworth Heinemann, 2015. 806 p.
12. Chen W. F., Duan L. (Eds.). Bridge Engineering Handbook: Superstructure Design. /Second Edition. Boca Raton, FL : CRC Press, 2014. 752 p.
13. Vdovin E., Mavliev L., Stroganov V. Interaction of clay soil components with portland cement and complex additive based on octyltriethoxysilane and sodium hydroxide : dig. of art. IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering / 2020. 890 012031. DOI: 10.1088/1757-899X/890/1/012031.
14. Khuzin A., Sharavina A. Ways to improve the quality of monolithic reinforced concrete structures hydroxide : dig. of art. IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering / 2020. 890 012127. DOI: 10.1088/1757-899X/890/1/012127.
15. Garipov A., Makarov D., Khozin V., Stepanov S., Ayupov D. Cement concrete modified by fine-dispersed anionactive bitumen emulsion for road construction : dig. of art. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 890 (2020) 012107. DOI:10.1088/1757-899X/890/1/012107.
16. Берлов С. А., Овчинников И. И. Сравнительный анализ способов защиты мостовых сооружений от внешних воздействий // Транспортные сооружения. 2020. Т. 7. № 2. С. 1. DOI: 10.15862/20SATS220.
17. Козлачков С. В., Овчинников И. И., Валиев Ш. Н., Овчинников И. Г. Требования к деформационным швам мостовых сооружений // Интернет-журнал Науковедение. 2012. № 3 (12). С. 34.
18. Christopher W. Van Dyke, Sudhir Palle. Improved Bridge Joint Materials and Design Details. Kentucky Transportation Center Research Report. USA, Kentucky, 2017. 23 p.
19. Овчинников И. Г., Распоров О. Н., Овчинников И. И. Основные проблемы отечественного мостостроения // Модернизация и научные исследования в

- транспортном комплексе. 2015. Т. 1. С. 437–442
20. Ovsearenco E. Construction and arrangement of bridge deformation joints with elastic compensator : сб. ст. VII Международной научно-практической конференции – дополнительная наука / Пенза. 2019. С. 42–46.
21. Еремеев В. П. Предельные и аварийные состояния мостов : Казань, КГАСА, 2004. 204 с.
22. Hithesh H., Naik K., Dr. Ravindra B., Manjunath H.S. Nonlinear Analysis of the Bridge Expansion Joint Sealing // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2018. P. 1281–1284.

Mukhametrakhimov Rustem Khanifovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: muhametrahimov@mail.ru

Kazan State University Of Architecture And Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Aliullova Indira Rafailovna

engineer of production and technical department

E-mail: aliullova.indira@gmail.com

LTD «Firm «Gidromontazh»

The organization address: 420039, Russia, Kazan, Decabrist st., 180

**Improvement of the quality control system for expansion joints
with rubber compensators during the repair of bridge constructions**

Abstract

Problem statement. Expansion joints are an important element of the bridge construction. One of the most reliable expansion joints is a joint with a rubber compensator. The quality of its installation depends on road safety and the durability of its work and other bridge constructions. The purpose of this work is the improvement of the quality control system for expansion joints with rubber compensators during the repair of bridge constructions.

Results. In the first stage of the research an analysis and classification type of expansion joints of bridge constructions was accomplished. In the second stage, a visual inspection of the technical condition of the expansion joints of bridge constructions in Kazan was carried out, their main defects and damages were systematized. In the third stage, the requirements for quality control of the device of deformation joints with a rubber compensator was systematized.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry consists in clarifying the quality control system for the device of expansion joints with a rubber compensator during the repair of bridge constructions. The main types and classifications of expansion joints have been studied, their main defects and causes of occurrence have been analyzed. The technology is presented and the system of quality control of technological processes of the device of single-profile expansion joints with rubber compensators during the repair of bridge constructions is proposed.

Keywords: bridge construction, expansion joint, technology and organization of construction, defects, damage, quality control, rubber compensator.

For citation: Mukhametrakhimov R. Kh., Aliullova I. R. Improvement of the quality control system for expansion joints with rubber compensators during the repair of bridge constructions // Izvestija KGASU. 2020. № 3 (53). P. 47–55.

References

1. Kozlachkov S. V., Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G. Requirements to expansion joints of the bridge constructions // New Ideas of New Century: materials of the international scientific conference FAD PSU. 2013. Vol. 2. P. 340–345.
2. Efanov A.V., Ovchinnikov I. G. Static and dynamic analysis of expansion joints of motorway bridges // Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2006. № 6. P. 102–106.

3. Alekseev S. V., Trepalin V. A., Shevchenko S. M., Trifonova A. A. Modern methods of improving the construction of expansion joints of motorway bridges // *Putevoy navigator*. 2020. № 43 (69). P. 3. DOI: 10.15862/20SATS220.
4. Kozlachkov S. V., Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G. Domestic expansion joints of the bridge buildings // *New Ideas of New Century: materials of the international scientific conference FAD PSU*. 2013. Vol. 2. P. 328–333.
5. Maystrenko I. Yu., Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G., Kokodeev A. V. Failures and collapses of bridge constructions, analysis of their causes. Part 1 // *Transportnyye sooruzheniya*. 2017. Vol. 4. № 4. P. 11. DOI: 10.15862/13TS417.
6. Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G., Maystrenko I. Yu., Kokodeev A. V. Failures and collapses of bridge constructions, analysis of their causes. Part 2 // *Transportnyye sooruzheniya*. 2017. Vol. 4. № 4. P. 12. DOI: 10.15862/14TS417.
7. Maystrenko I. Yu., Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G., Uspanov A. M. Failures and collapses of bridge constructions, analysis of their causes. Part 3 // *Transportnyye sooruzheniya*. 2018. Vol. 5. № 1. P. 8. DOI: 10.15862/08SATS118.
8. Ovchinnikov I. I., Maystrenko I. Yu., Ovchinnikov I. G., Uspanov A. M. Failures and collapses of bridge constructions, analysis of their causes. Part 4 // *Transportnyye sooruzheniya*. 2018. Vol. 5. № 1. P. 5. DOI: 10.15862/05SATS118.
9. Karamysheva A. A., Stroyev D. A., Kolotienko M. A., Konik A. I. Analysis and systematization of the causes of bridge structures destruction // *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2019. № 3 (54). P. 34.
10. Kozyreva L.V., Kitar Ye.V. Accidents on the bridge construction // *Tekhnicheskoye regulirovaniye v transportnom stroitel'stve*. 2015. № 1 (9). P. 37–42.
11. Pipinato A. *Innovative Bridge Design Handbook: Construction, Rehabilitation and Maintenance*. Oxford (United Kingdom) : Butterworth Heinemann, 2015. 806 p.
12. Chen W. F., Duan L. (Eds.). *Bridge Engineering Handbook: Superstructure Design*. /Second Edition. Boca Raton, FL : CRC Press, 2014. 752 p.
13. Vdovin E., Mavliev L., Stroganov V. Interaction of clay soil components with portland cement and complex additive based on octyltriethoxysilane and sodium hydroxide : dig. of art. IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering / 2020. 890 012031. DOI: 10.1088/1757-899X/890/1/012031.
14. Khuzin A., Sharavina A. Ways to improve the quality of monolithic reinforced concrete structures hydroxide : dig. of art. IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering / 2020. 890 012127. DOI: 10.1088/1757-899X/890/1/012127.
15. Garipov A., Makarov D., Khozin V., Stepanov S., Ayupov D. Cement concrete modified by fine-dispersed anionactive bitumen emulsion for road construction : dig. of art. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 890 (2020) 012107. doi:10.1088/1757-899X/890/1/012107
16. Berlov S. A., Ovchinnikov I. I. Comparative analysis of ways to protect bridge structures from external influences // *Transportnyye sooruzheniya*. 2020. Vol. 7. № 2. P. 1. DOI: 10.15862/20SATS220.
17. Kozlachkov S. V., Ovchinnikov I. I., Valiev Sh. N., Ovchinnikov I. G. Requirements to expansion joints of the bridge buildings // *Online Journal Naukovedeniye*. 2012. № 3 (12). P. 34.
18. Christopher W. Van Dyke, Sudhir Palle. *Improved Bridge Joint Materials and Design Details*. Kentucky Transportation Center Research Report. USA, Kentucky, 2017. 23 p.
19. Ovchinnikov I. G., Rasporov O. N., Ovchinnikov I. I. The main problems of the national bridge building // *Modernizatsiya i nauchnyye issledovaniya v transportnom komplekse*. 2015. Vol. 1. P. 437–442
20. Ovcearenco E. Construction and arrangement of bridge deformation joints with elastic compensator : dig. of art. VII International Scientific and Practical Conference – Additional Science / Penza. 2019. P. 42–46.
21. Ereemeev V.P. Limit and emergency conditions of bridge. : Kazan, KSAACE, 2004. 204 p.
22. Hithesh H., Naik K., Dr. Ravindra B., Manjunath H.S. Nonlinear Analysis of the Bridge Expansion Joint Sealing // *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 2018. P. 1281–1284.