

Открытый микрофон

«Современные решения для строительства, ремонта и реконструкции мостовых сооружений»

Для приведения в нормативное состояние аварийных мостов и путепроводов и строительства новых сооружений разработана и утверждена федеральная программа «Мосты и путепроводы». Ограниченные сроки ее реализации требуют от исполнителей готовых проектных типовых решений, которые могут быть применены во всех регионах России.

Кроме того, важно использовать оптимальные решения для ремонта и реконструкции мостов, получивших характерные повреждения: размыв откосов, потеря герметичности деформационных швов, разрушение защитного слоя и появление трещин в бетоне, коррозия арматуры и металлоконструкций, деформация водоотводных лотков и т.д.

В этой связи в рубрике «Открытый микрофон» редакция предложила участникам профильного рынка рассказать об их проектных решениях, технологиях, материалах, оборудовании, применяемых для строительства, ремонта и реконструкции мостовых сооружений.



ВОПРОСЫ:

1. Какие современные решения готова предложить ваша компания для проектирования (реконструкции) ремонта малых мостов? Какие ключевые проблемы помогают решить предлагаемые вами технологии? Возможно ли применение этих решений во всех регионах России?
2. Существует ли нормативный алгоритм, позволяющий четко определить долговечность моста еще на этапе проектирования, учитывающий как изменение внешних факторов, так и временные изменения подвижной нагрузки, и изучается ли аналогичный опыт европейских стран? Какие факторы в наибольшей степени влияют на повышение надежности и долговечности (срока службы) мостовых сооружений? Какие решения предлагает ваша компания для усиления прочностных характеристик конструкций мостовых сооружений?
3. Какие виды деформационных швов наиболее оптимальны к применению на современных мостовых сооружениях во всех регионах России и почему?
4. Какие материалы, обеспечивающие защиту элементов мостовых конструкций, могут применяться в любых регионах России и почему?
5. Какое оборудование для выполнения диагностики и обследований мостовых сооружений наиболее оптимально к использованию в регионах и почему?

Александр УСПЕХОВ,
начальник отдела организации ремонта и содержания искусственных дорожных сооружений Управления строительства и эксплуатации автомобильных дорог Федерального дорожного агентства:

— В целях повышения долговечности искусственных сооружений, а также эффективного планирования дорожных работ и установления периода времени от момента ввода объекта в эксплуатацию до первого капитального ремонта или ремонта, при разработке проектной документации основными документами являются разработанный и утвержденный в 2020 году ГОСТ Р 58861-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт и ремонт. Планирование межремонтных сроков», а также приказ Министерства транспорта РФ от 16.11.2012 №402 «Об утверждении Классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог» и ОДМ 218.6.030-2017 «Рекомендации по установлению гарантийных сроков и сроков службы конструктивных элементов мостовых сооружений».

Вместе с тем при выполнении проектно-исследовательских работ нагрузка на искусственное сооружение, а также грузоподъемность, соответствующая действующим нормативным нагрузкам и обеспечивающая безопасный проезд, принимаются в соответствии с ГОСТ Р 52748-2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения», ГОСТ 32960-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения», ГОСТ 33390-2015 «Дороги автомобильные общего пользования. Мосты. Нагрузки и воздействия», ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» и СП 35.13330.2011 «Свод правил. Мосты и трубы».

Стоит отметить, что российские мостостроители являются одними из передовых специалистов в мире, которые приглашаются для обмена опытом и технологиями на конференции, семинары, форумы, проходящие на различных европейских площадках.

Мосты, построенные 50–60 лет тому назад, проектировались и сооружались под действующие в то время нагрузки. Износ, а значит, и снижение долговечности искусственных дорожных сооружений вызваны повышенной интенсивностью и изменением состава транспортного потока.

Для повышения надежности и срока службы мостов специалистами производится комплекс ежедневных мероприятий по эксплуатации: осмотр, работы по текущему содержанию и необходимому планово-предупредительному ремонту, а также мероприятия по предупреждению возникновения дефектов и неисправностей в соответствии с недавно разработанным и утвержденным ГОСТ Р 58862-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Содержание. Периодичность проведения» и приказом Министерства транспорта РФ от 16.11.2012 №402 «Об утверждении Классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог». Вместе с тем, с целью мониторинга и поддержания сооружений в нормативно-техническом состоянии, выполняется плановая (периодическая) диагностика и внеплановые специальные обследования сооружений в соответствии с ГОСТ 33161-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению диагностики и

паспортизации искусственных сооружений на автомобильных дорогах», ОДМ 218.4.001-2008 «Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах» и ОДМ 218.3.042-2014 «Рекомендации по определению параметров и назначений категорий дефектов при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах».

Александр АНИСИМОВ,
начальник отдела диагностики искусственных сооружений ООО «Автодор-Инжиниринг»:

— Необходимость в проведении усиления определяется по результатам оценки технического состояния сооружений в ходе их плановой диагностики или специального обследования конструкций, получивших повреждения, например, при ударе негабаритным грузом.

Существует несколько способов усиления балочных железобетонных пролетных строений, причем накопленный опыт позволяет выделить следующие преимущества и недостатки различных способов.

1. Накладная плита в сборном или монолитном исполнении увеличивает несущую способность пролетного строения за счет увеличения рабочей высоты сечения, дает заметный прирост жесткости, перераспределяет усилия между балками. Плиту целесообразно применять на мостовых сооружениях из сборных железобетонных балок, в которых продольные швы омоноличивания имеют существенные повреждения. Это решение особенно удобно для применения в тех случаях, когда по результатам диагностики требуется замена всех элементов мостового полотна. К недостаткам следует отнести существенный собственный вес, что снижает эффективность усиления. Решением может стать применение сверхвысокопрочных бетонов с дисперсным армированием. Зарубежный опыт показывает, что слой такой смеси толщиной от 5 см способен выполнять функции плиты усиления, гидроизоляции и даже покрытия. При этом традиционная конструкция включает в себя: накладную плиту толщиной 15–20 см; слой гидроизоляции; двухслойное асфальтобетонное покрытие общей толщиной 8–11 см.

2. Усиление наклейкой швеллеров напрямую увеличивает несущую способность сечения. Это относительно недорогой вид работ, которые возможно выполнить в короткие сроки. Кроме того, можно сделать выборочное усиление балок, а величину повышения несущей способности подбирать индивидуально длиной и площадью сечения швеллера. Наклонные течи в опорном сечении позволяют усилить балку на восприятие поперечной силы. Этот способ можно применять без перерыва в движении, однако в таком случае усиления как такового не произойдет — швеллеры будут выполнять лишь страховочную функцию. Следует заодно отметить, что эффективность работы данной системы зависит от состояния защитного слоя нижней поверхности ребра балки, а также трудноизмеримого усилия, создаваемого натяжением стержней на опорах. Подобный по принципу работы способ усиления наклейкой углепластиковых ламелей имеет схожие достоинства и недостатки.

3. Установка внешних напрягаемых канатов, в отличие от двух предыдущих способов, не увеличивает несущей способности сечения. Натяжение канатов создает внешний момент, противоположный по знаку усилиям, возникающим от собственного веса пролетного строения и временной нагрузки. Такой принцип действия требует серьезных расчетных проработок. Как правило,



Александр УСПЕХОВ,
начальник отдела организации ремонта и содержания искусственных дорожных сооружений Управления строительства и эксплуатации автомобильных дорог Федерального дорожного агентства



Александр АНИСИМОВ,
начальник отдела диагностики искусственных сооружений ООО «Автодор-Инжиниринг»



Сергей АЗАНОВ,
заместитель главного инженера АО «Институт «Стройпроект»



Алексей ПУПЫШЕВ,
заместитель директора
ЗАО «Гоффросталь»



Николай КОМАРОВ,
директор ООО «Туборус»
(ГК «Точинвест»)



Владимир БАЖЕНОВ,
заместитель главного
инженера по реализации
технической политики
компании «ВТМ дорпроект»

при выборе этой системы усиления ее следует устанавливать не только на поврежденный элемент, но и на конструкции, включенные в совместную работу. К преимуществам здесь следует отнести возможность индивидуального подбора усилий для каждого элемента, относительно быстрый монтаж, возможность работы «под движением» без потери эффективности усиления, а также возможность усиления сооружений, имеющих сложную статическую схему работы.

Сергей АЗАНОВ,
заместитель главного инженера
АО «Институт «Стройпроект»:

— В АО «Институт «Стройпроект» постоянно ведутся работы по унификации, типизации элементов мостовых сооружений. Одно из направлений как раз касается малых мостов. В Институте на основе патента №162649 разработан стандарт предприятия на сборные железобетонные предварительно напряженные балки с монолитной плитой проезжей части (для пролетов длиной от 12 до 33 м). Также для малых мостов (пролетами от 12 до 33 м) у нас есть проектные решения пролетных строений из прокатных двутавровых балок производства компании «ЕВРАЗ». Пролетное строение представляет собой конструктор, где все детали унифицированы и могут заранее изготавливаться и храниться на складах, откуда, по мере необходимости, доставляются на строящийся объект. Преимуществами такого решения являются: перевозка на транспорте небольшой грузоподъемности, монтаж также не требует оборудования с большой грузоподъемностью, не нужны высококвалифицированные сварочные работы при сборке. Для сооружений с пролетами свыше 33 м нами разработан проект модульных металлических мостов (патент №167959). Такие пролетные строения просты в изготовлении и монтаже. Вышеперечисленные решения могут применяться и в труднодоступных районах, и при реконструкции мостов в случае ЧС.

Пролетные строения металлических мостов для любых регионов возможно изготавливать из коррозионностойкой стали 14ХГНДЦ, что в дальнейшем не требует их окраски как при строительстве, так и при эксплуатации. Есть, однако, ограничения по применению таких сталей. Это эстетический вид (не рекомендуется использовать в населенных пунктах) и морской климат. Если же считать затраты на весь жизненный цикл объекта, то пролетные строения, изготовленные из коррозионностойкой стали, оказываются не дороже, а в некоторых случаях дешевле, чем пролетные строения из сталей 15ХСНД и 10ХСНД.

Алексей ПУПЫШЕВ,
заместитель директора ЗАО «Гоффросталь»:



Скотопрогон на ПК59, Р-21 «Кола» на участке км 424 — км 445, Республика Карелия

— В последнее десятилетие востребованным стало строительство малых мостовых сооружений с применением металлических гофрированных конструкций (МГК) арочного типа.

При проектировании доступно неограниченное количество конфигураций. Конструкции возможно производить практически любой формы. Пролеты сооружений могут быть до 15 м и выше, в комплексе с современными геотехническими решениями.

Нормативная база, в том числе с нашим участием, была значительно усовершенствована, и если ранее возникала масса вопросов со стороны Главгосэкспертизы, то теперь основные из них урегулированы.

Сооружение из МГК полностью находится под дорожным полотном, не имеет деформационных швов, может быть любым в плане и нечувствительным к продольному профилю дороги. Как правило, отсутствует необходимость выполнять дополнительные уширения и полосы безопасности. МГК экологичны и долговечны за счет применения низколегированных сталей и защитного покрытия горячим цинком.

Компактность металлоконструкций особенно ценна при их транспортировке на объекты в малодоступных и отдаленных районах. Время возведения такого сооружения может быть в разы быстрее, чем аналогичных традиционных типовых мостов. Монтаж несложен — как правило, нет необходимости в применении тяжелой грузоподъемной техники, стыки устраиваются с помощью многоболтовых соединений.

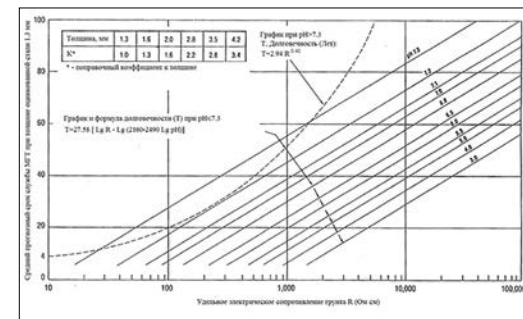
Наша компания на протяжении двух десятков лет занимается проектированием, изготовлением конструкций, возведением сооружений из МГК. Сотни таких объектов (мостов, путепроводов, экодюков, пешеходных переходов) построены и эксплуатируются по всей территории России, во всех климатических и сейсмических районах, как на автомобильных, так и на железных дорогах.

Долговечность арочных мостов из МГК определяется сроком службы самого недолговечного элемента, который не подлежит замене. В нашем случае это пролетное строение из оцинкованной гофрированной стали.

Основными агрессивными факторами являются коррозионная активность грунта (грунтовых вод) и кислотность воды, протекающей по сооружению. В случае электрификации добавляется агрессивное воздействие блуждающих токов.

Данные вопросы широко исследовались североамериканскими и европейскими учеными в конце XX века, результаты были использованы для адаптации и применения на территории нашей страны.

В настоящее время разработаны две методики прогнозирования срока службы пролетного строения МГК. Пер-



Долговечность МГК по «Steel drainage and highway construction products». — Canada, 2007 г.

вая — оценочная, основанная на статистических данных скорости коррозии отдельно цинка и стали в различных средах. Она широко применяется, например, в Республике Беларусь. Вторая — более точная методика, основанная на исследованиях скорости коррозии реальных образцов гофрированных элементов. В России она подтверждена натурными наблюдениями и отражена в нормах СП 268.1325800-2016.

Используя эти методики, можно скомбинировать проектные решения таким образом, чтобы долговечность моста была соразмерна долговечности отдельных элементов, но в то же время долговечность ни одной из конструкций не была избыточной по отношению к другим.

Наша компания в настоящее время продолжает исследовать эти вопросы с целью обеспечения проектных организаций достаточной нормативной основой для прогнозирования срока службы объекта.

Мы также обладаем уникальным опытом по усилению конструкций существующих сооружений под реконструируемыми железнодорожными путями и автомобильными дорогами методом гильзования, с применением МГК. Это касается как различных сводчатых мостов, так и проугольных сечений.

Техника усиления существующих сооружений при помощи гибких конструкций из гофрированных листов основана на введении внутрь усиливаемого объекта стальной оболочки из МГК с последующим заполнением пространства между конструкцией и оболочкой бетоном. Преимуществом данного метода является возможность выполнения работ практически без остановки движения или при его небольших ограничениях. Гильзование может быть связано с удлинением сооружения. Если в результате реконструкции кроме увеличения пропускной способности или ремонта поврежденного объекта существует необходимость расширения дороги, можно встроить под усиливаемый объект более длинную конструкцию, выступающую за его контур.

МГК для гильзования могут быть как замкнутого, так и незамкнутого очертания, опираться как на естественное основание, так и на существующие либо вновь возводимые конструкции фундаментов.

Одно из главных преимуществ малых мостовых сооружений из МГК — отсутствие деформационных швов и связанное с этим снятие конструктивных ограничений по устройству в плане, в продольном профиле и т.д.

Металлические гофрированные конструкции являются засыпными, не имеют жесткой связи с проезжей частью дороги, гибкая структура гофры нечувствительна к температурным деформациям в тех критериях, которые могут повлиять на целостность земляного полотна и дорожной одежды.

Наша продукция выпускается по СТО 05206539-001-2016 «Изделия строительные металлические из гофрированных листов для конструкций инженерных сооружений» и имеет сертификат соответствия № RU.МСС.012.011.00184.



Путепровод на ПК 4+45, Р-21 «Кола» на участке км 1378 — км 1381, Мурманская область

Николай КОМАРОВ,
директор ООО «Туборус» (ГК «Точинвест»):

— Современным альтернативным решением в области строительства, а также ремонта малых мостов и водопропускных сооружений является использование спиральновитых металлических гофрированных труб (СВМГТ).

Их применение и проектирование осуществляется в соответствии с ОДМ 218.2.087-2017 «Рекомендации по проектированию и строительству водопропускных сооружений из спиральновитых металлических гофрированных труб», проектом типовых конструкций труб 3.501.3-187.10. Параметры же самих изделий определены ГОСТ 58654-2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Трубы металлические гофрированные спиральновитые. Технические условия».

Также на основе СВМГТ разработана и внедряется такая перспективная технология, как ремонт водопропускных сооружений методом гильзования. Он давно известен и активно применяется в Европе. Для использования в условиях нашей страны технология переработана и оформлена в ОДМ 218.3.099-2017 «Рекомендации по капитальному ремонту водопропускных труб методом гильзования металлическими гофрированными спиральновитыми трубами».

СВМГТ несут в себе ряд преимуществ, которые позволяют разрешать сразу несколько ключевых проблем в области водопропускных сооружений и малых мостов: 1) низкая себестоимость конечного продукта, что позволяет говорить о существенной экономии бюджетов, например, в рамках крупных инфраструктурных проектов, таких как начавшееся строительство М-12 или обходы крупных городов;

2) сохранение достаточного временного ресурса в связи с отсутствием работ по сборке конструкций на объекте: осуществляется поставка уже готовой трубы, которая требует только подготовки площадки для укладки;

3) сохранение требуемой водопропускной способности в рамках конкретного проекта при использовании разных диаметров, а также двух-, трехчочковых технологий;

4) ремонт пришедших в ненормативное состояние водопропускных сооружений на основе бетона с минимальными затратами, а также без перекрытия автодороги и нарушения целостности дорожного полотна.

Стоит также отметить, что данные решения возможно применять на всей территории РФ при условии индивидуального подхода к каждому проекту и региональной конъюнктуре.

Владимир БАЖЕНОВ,
заместитель главного инженера по реализации
технической политики компании «ВТМ дорпроект»:

— Согласно распоряжению Минтранса № АК-177-р от 17.09.2020 с 1 января 2021 года подготовка проектной документации в отношении объектов транспортной инфраструктуры, строительство и реконструкция которых финансируются за счет средств федерального бюджета и внебюджетных источников, должна осуществляться с использованием технологии информационного моделирования. Это позволит обеспечить экономию бюджетных средств, а в долгосрочной перспективе сделает эксплуатацию мостовых сооружений безопасной и прогнозируемой.

Технологии информационного моделирования, предлагаемые компанией «ВТМ дорпроект», позволяют повысить качество и снизить стоимость работ на всем жизненном цикле малых мостов.



Юрий КРЫЛОВ,
заместитель главного
инженера по проектированию
металлических конструкций АО
«Институт «Стройпроект»



Сергей МАНАХОВ,
директор по маркетингу
ООО «Маурер»



Мария ЛЕДИНА,
руководитель
направления
«Дорожное хозяйство»
(Master Builders Solutions)
ООО «МБС Строительные
системы»



Александр СЕЛИВАНОВ,
заместитель директора
дирекции «Транспортное строи-
тельство» Научно-производ-
ственного холдинга «ВМП»



Михаил ЗАБОРОДИН,
бизнес-инженер Ductal®
ЛафаржХолсим Россия



Алексей ДАВЫДОВ,
технический директор
направления «Мосты и
спецокрытия» Корпорации
«ТемпСтройСистема»

Юрий КРЫЛОВ,
заместитель главного инженера по проектированию
металлических конструкций АО «Институт «Строй-
проект»:

— Что касается деформационных швов, то применение того или иного их типа зависит от диапазона перемещений, которые следует обеспечивать. А самое лучшее решение для комфортного проезда по деформационному шву — его отсутствие. Это допустимо при диапазоне температурных перемещений не более 10 мм. В таком случае длина пролета искусственного сооружения (мост или труба) не превышает 10 м и для устройства дорожной одежды применяется обычный асфальтобетон.

Если перемещения пролетного строения составляют до 25 мм, то устраивают деформационные швы закрытого типа (мастичные) типа Thorma joint, в которых вместо традиционного асфальтобетона в качестве вяжущего применяется специальная мастика типа VJ200 с малым модулем упругости, очень мало меняющимся при понижении температуры.

Если перемещения пролетного строения больше 25 мм, устраивают деформационные швы модульного типа. Наш Институт применяет, как правило, деформационные швы компании Maurer, некоторые типы которых производятся сегодня и в России. Они хорошо зарекомендовали себя за более чем 20-летнюю историю применения в нашей стране. Количество модулей для конкретного сооружения зависит от диапазона перемещений. Так, при их величине до 80 мм применяется шов D80, состоящий только из двух модулей (окаймлений) и резинового компенсатора между ними. Если перемещения больше 80 мм, выбирается шов, состоящий уже из трех профилей и обеспечивающий перемещения до 160 мм. Добавляя следующий модуль в конструкцию шва, увеличиваем диапазон перемещений с шагом 80 мм — 240, 320, 400, 480 и т.д.

Сергей МАНАХОВ,
директор по маркетингу ООО «Маурер»:



— На наш взгляд, одной из важнейших характеристик деформационного шва, помимо прочностных характеристик и срока службы, является герметичность. На сегодняшний день единственный способ получить герметичную конструкцию — использовать сочетание резинового непрерывного герметизирующего компенсатора и металлических окаймляющих элементов, объединяемых надежным замком.

В деформационных швах Maurer механизм закрепления резинового герметизирующего компенсатора в замке несущих элементов представляет собой конструкцию, аналогичную закреплению автомобильных покрышек на дисках колес. Данный механизм обеспечивает как полную герметизацию, так и восприятие силовых воздействий на герметизирующий профиль от мусора, грязи и разных мелких предметов, попадающих внутрь него. При этом конструкция позволяет осуществлять его простой и надежный монтаж, демонтаж и замену.

Стальные несущие профили деформационных швов Maurer представляют собой прокатно-сварные конструкции, изготавливаемые автоматизированным промышленным методом с применением уникальной технологии прокатки и сварки. Это позволяет обеспечить контролируемую высокую точность геометрических размеров замка, а в результате — полную герметичность, что существенно повышает долговечность всей конструкции.

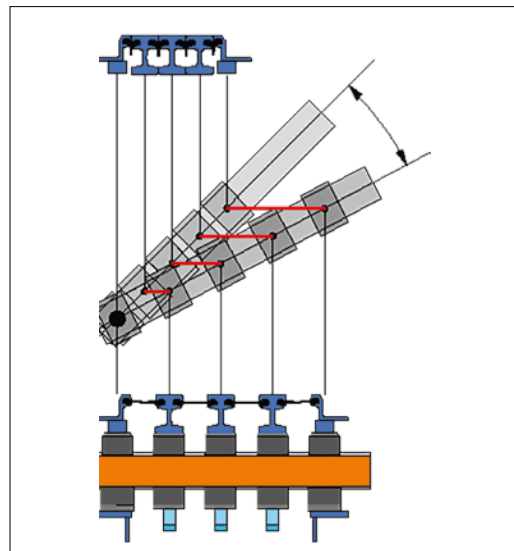
Так как деформационные швы являются одним из наиболее динамически нагруженных элементов мостового сооружения, непосредственно воспринимающим воздействие от автотранспорта, в изделиях Maurer отсутствуют болтовые соединения. Надежность конструкции и узлов крепления отдельных ее элементов является важнейшим фактором обеспечения функциональной долговечности и эксплуатационной безопасности. К недостаткам болтовых соединений, с точки зрения эксплуатации, можно отнести необходимость периодической подтяжки болтов и контроля их состояния, что увеличивает эксплуатационные расходы и существенно усложняет обслуживание объекта.

Для холодных регионов России и регионов с длительными периодами отрицательных температур важной характеристикой деформационных швов является стабильность работы без возникновения дополнительных реактивных усилий при раскрытии деформационного зазора. В изделиях Maurer это достигается применением кинематической схемы регулирования деформационного зазора.

Такая схема не подвержена влиянию температуры, не имеет ограничений по возможностям перемещений (как в продольном, так и в поперечном направлении) и не имеет в своем составе болтовых соединений, что обеспечивает максимальную долговечность конструкции.

К числу передовых технических решений, разработанных и предложенных Maurer, относится применение материала скольжения MSM® в конструкции опорных частей. Более низкий по сравнению с фторопластом коэффициент трения и возможность передачи значительных вертикальных и горизонтальных нагрузок без увеличения размера опорной части позволяют оптимизировать конструкцию опор и добиваться значительной экономии материала. Помимо этого, MSM® в разы превосходит аналоги по долговечности, за счет чего удается достичь экономии средств и сокращения эксплуатационных затрат.

Применение фирменного запатентованного материала MSA (Maurer Sliding Alloy) для сферического элемента опорной части позволяет безотказно эксплуатировать



опорные части в условиях агрессивной среды. В сочетании с использованием MSM и антикоррозионного покрытия посредством газотермического напыления цинка это позволяет избежать замены и ремонта изделия в течение всего жизненного цикла объекта.

Качество конструкций и материалов имеет огромную важность для надежности и безотказности работы опорных частей и деформационных швов. Выход их из строя в процессе эксплуатации влечет за собой значительные материальные расходы по ремонту и замене, не сравнимые со стоимостью самих изделий, значительно перекрывая положительный эффект от первоначальной экономии «дешевых» решений.

Опорные части и деформационные швы Maurer успешно применены на многих ключевых и значимых объектах дорожного строительства в России. В их числе мосты на остров Русский и через бухту Золотой Рог во Владивостоке, совмещенная трасса Адлер — «Альпика-Сервис», Дублер Курортного проспекта в Сочи, Западный скоростной диаметр в Санкт-Петербурге, КАД Санкт-Петербурга, МКАД, СПАД, мост через Енисей в Красноярске, Бугринский мост в Новосибирске.

Мария ЛЕДИНА,
руководитель направления «Дорожное хозяйство» (Master Builders Solutions) ООО «МБС Строительные системы»:

— По нашему мнению, наиболее удобными для монтажа и последующей эксплуатации на современных мостовых сооружениях в любых регионах России являются швы типа Maurer. Существует множество их различных модификаций, от больших многопрофильных до небольших супертонких, и в каждом конкретном случае всегда можно подобрать наиболее подходящую конструкцию, причем не только на современных сооружениях, но и при ремонте и реконструкции старых мостов. Это также актуально в свете реализации национальной программы по восстановлению аварийных и предаварийных сооружений, которые наверняка отличаются по своим конструктивным решениям.

В настоящее время при проектировании деформационных швов, однако, совершается очень много ошибок. Например:

1. Гидроизоляция (рулонная или мембранная) заводится на всю ширину переходной зоны, при этом адгезию материала переходной зоны (бетон, полиуретан и др.) к материалу гидроизоляции никто не определял, а ее практически не будет, то есть переходная зона окажется незакрепленной по нижней грани;
2. При устройстве деформационных швов на устоях переходная зона достаточно широко заводится на переходную плиту. При наличии у плиты вертикальных перемещений, так как она обычно жестко не закрепляется, переходная зона шва может быстро разрушиться;
3. На супертонких швах типа Maurer устраивается переходная зона из полиуретана. Сама их конструкция не позволяет делать ее достаточной толщины (не менее 50 мм), а более тонкий слой полиуретана не выдерживает нагрузок и быстро разрушается. Данный тип швов лучше всего омоноличивать фибросодержащими бетонными составами до верхней отметки дорожной одежды, то есть с одновременным устройством переходной зоны из цементобетона.
4. Переходная зона устраивается такой ширины, что располагается не только в зоне омоноличивания шва, но и заходит на асфальтобетон. Таким образом, имеет место неравнопрочное основание под переходной зоной. Так как прочность на сжатие цементобетона и асфальтобетона значительно отличается, она начинает работать как консоль и тоже быстро разрушается.

5. Довольно часто применяется проектное решение, когда на затвердевший выравнивающий слой наплавляется битумная рулонная гидроизоляция, а сверху заливается защитный слой бетона. При этом на сайтах производителей есть информация, что она должна наплавляться на цементобетон, а сверху укладывается горячий асфальтобетон. При заливке цементобетона на слой гидроизоляции, скорее всего, не будет обеспечена адгезия между ними.

Долговечность работы деформационных швов во многом зависит не только от выбранной конструкции, но и от учета многочисленных факторов, только часть которых описана выше.

Следующий вопрос — как обеспечить защищенность элементов мостовых конструкций в условиях любых регионов России. Среди многих проектировщиков и строителей бытует мнение, что для продолжительного срока службы вполне достаточно первичной защиты, то есть собственных, внутренних свойств железобетона, изначально заложенных при подборе его состава. Однако практика показывает, что при высокой степени агрессивности среды необходима вторичная защита. При этом следует учитывать множество факторов. В их числе — эластичность или жесткость материала (первый наносится на балки, второй — на опоры), паропроницаемость, стойкость к воздействию ультрафиолета, антигололедных реагентов, CO₂ и т.д. Универсального решения для вторичной защиты не может быть. Подбор материала строго индивидуален в зависимости от региона и условий эксплуатации.

Самым простым и экономичным способом является локальное применение вторичной защиты, то есть нанесение защитных материалов не на весь мост, а хотя бы на торцевые участки балок пролетного строения и ригели, то есть в зоне расположения деформационных швов. Кроме этих элементов от воздействия антигололедных реагентов очень страдают тротуарные консоли и бетонные блоки барьерного ограждения. И если балки, ригели и тротуарные консоли подвергаются воздействию воды и антигололедных реагентов, то на блоки барьерного ограждения воздействует еще и дорожная техника (щетки), которая может содрать слой защитного покрытия и спровоцировать разрушение железобетона. Поэтому при выборе защитного покрытия следует руководствоваться его стойкостью не только к химическим, но и к механическим факторам.

Применение специально подобранных материалов для вторичной защиты торцов балок пролетного строения, ригелей, тротуарных консолей и блоков барьерного ограждения позволит предотвратить множество проблем при эксплуатации мостовых сооружений и значительно увеличить их срок службы.

Александр СЕЛИВАНОВ,
заместитель директора дирекции «Транспортное
строительство» Научно-производственного хол-
динга «ВМП»:

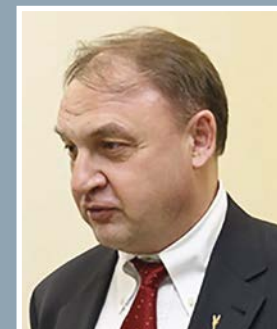
— Ни один современный мост не обходится без антикоррозионного покрытия, обеспечивающего долговременную защиту металлических и бетонных конструкций от негативного влияния внешней среды. Холдинг ВМП выпускает для объектов транспортного строительства более 10 типовых систем на полиуретановой и эпоксидной основе. Нароботан уже большой опыт их применения как в заводских, так и в полевых условиях. Окрашено более 350 транспортных сооружений общей площадью более 7 млн м².

Материалы ВМП технологичны, устойчивы к воздействиям агрессивной атмосферы, климатических факторов, динамических нагрузок. Применяются при повышенной влажности или отрицательной температуре.

ВМП производит грунтовки с ингибиторами коррозии, толстослойные грунт-эмали, пенетрирующие грунтовки.



Андрей КОЗУЛОВ,
главный специалист
технической службы
ООО «Институт
«Проектмостореконструкция»



Андрей УШАКОВ,
генеральный директор
ООО НПП «АпАТЭК»

Особое место занимают цинконаполненные материалы, которые изготавливаются на основе цинкового порошка собственного производства. Такой тип грунтовок обеспечивает максимальную и наиболее надежную защиту. Срок службы систем на их основе — более 30 лет.

Системы покрытий ВМП одобрены и рекомендованы к применению специализированными испытательными центрами России, Германии, Польши и включены во все нормативные отраслевые документы РФ.

Качество, свойства наших систем и прогнозируемый срок их практической эксплуатации соответствуют современным международным стандартам, в частности последней редакции серии ISO 12944.

На надежность и долговечность антикоррозионной защиты влияют особенности эксплуатации конструкции и воздействующие на нее климатические факторы, качество применяемых материалов, подготовки поверхности перед окрашиванием, условия проведения окрасочных работ и многое другое. Поэтому только комплексный подход к защите объекта способен обеспечить требуемую проектом долговечность антикоррозионного покрытия. И мы можем подтвердить это на практике.

Например, в июле 2020 года под руководством ФКУ Упрдор «Черноморье» (ФДА) группа наших технических специалистов приняла участие в практическом комиссионном освидетельствовании около 700 тыс. м² площадей, окрашенных материалами ВМП на 11 мостах и транспортных развязках в Сочи. Срок эксплуатации систем на момент проведения обследования на различных объектах составил от 8 до 11 лет. В результате было установлено, что полиуретановые покрытия ВМП находятся в хорошем состоянии, сохраняют защитные и декоративные функции, что полностью соответствует ранее сделанным по результатам стандартных лабораторных испытаний прогнозам.

Для усиления прочностных характеристик мостовых сооружений ВМП предлагает фрикционное покрытие ЦВЭС. Эта цинконаполненная композиция применяется в качестве фрикционного грунта, который обеспечивает высокие значения коэффициента трения ($\mu=0,58$) контактных поверхностей фрикционных соединений на высокопрочных болтах. Применение материала позволяет облегчить монтаж конструкций на строительной площадке, так как пескоструйную обработку элементов соединений с последующим нанесением ЦВЭС можно выполнять на заводах, исключив эту сложную и трудоемкую операцию при монтаже. Материал включен в СТО 483-2010 (фрикционные покрытия).

Необходимо отметить, что ведущие проектные институты страны выбирают ЦВЭС для применения на крупных объектах, при сооружении пешеходных, автомобильных и железнодорожных мостовых переходов. За последнее десятилетие запроектировано и введено в эксплуатацию более двух десятков таких объектов.

Один из новых материалов ВМП — эпоксидная грунтовка ИЗОЛЭП-про для защиты бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в атмосфере, в контакте с жидкими средами, в зонах полного погружения и переменного уровня. Хорошо впитывается, укрепляет поверхностный слой бетона. Применяется в качестве самостоятельного покрытия для обеспыливания бетонной поверхности или в качестве грунтовоочного слоя в системах покрытий. Система ИЗОЛЭП-про + ИЗОЛЭП-mastic + ПОЛИТОН-УР(УФ) прошла климатические испытания, получила заключение ЦНИИС и рекомендована для окраски наружных поверхностей бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатируемых в промышленной зоне с макроклиматическим районом, характеризующимся холодным и умеренным холодным климатом. Прогнозируемый срок службы покрытия — не менее 20 лет.

Михаил ЗАБРОДИН,
бизнес-инженер Ductal® ЛафаржХолсим Россия:



— ЛафаржХолсим Россия имеет в своей линейке продукции современный инновационный материал Ductal®. Он относится к классу сверхпрочных фибробетонов (по международной классификации UHPFRC — Ultra high performance fiber reinforced concrete). Отличительные особенности материала — прочность на сжатие не менее 150 МПа, остаточная прочность на растяжение (то есть после начала трещинообразования) — в среднем 8–12 МПа. Ductal® равномерно проармирован высокопрочной стальной фиброй в объеме 2–3,5%.

Одним из наиболее эффективных применений материала в мостостроительной практике является так называемый добавленный слой, предназначенный для усиления, а также увеличения долговечности конструкций. Это касается прежде всего железобетонных сооружений, однако имеется успешный опыт и на стальных.

Для железобетонных конструкций решение используется в основном на плитах проезжей части. В этом случае устраивается добавленный слой толщиной 25–80 мм. При больших толщинах он может быть армирован и стержневой арматурой. Такой слой может обеспечивать усиление не только самой плиты проезжей части, но и пролетного строения в целом как на положительный, так и на отрицательный изгибающий момент, а также поперечную силу и другие факторы.

Добавленный слой работает совместно с подстилающей конструкцией благодаря высокой адгезии Ductal® к бетону, что связано с мелкозернистой структурой материала.

Кроме того, сверхпрочный фибробетон обладает высокими характеристиками долговечности. Материал имеет очень плотную структуру и обладает высокой морозостойкостью и износостойкостью. Имея также высокую влагонепроницаемость, он способен сохранять это качество в нагруженном состоянии, даже при значительных растягивающих напряжениях. Это позволяет использовать материал в качестве надежного влагостойкого слоя и применять его в плите проезжей части взамен выравнивающего слоя и даже гидроизоляции, а в некоторых случаях — и без устройства по нему асфальтобетонного покрытия.

Добавленным слоем могут быть отремонтированы и усилены железобетонные опоры. Возможно усилить и ортотропные плиты стальных мостов, а также (локально)



их другие конструкции. В этом случае для обеспечения совместности работы могут потребоваться специальные мероприятия.

Все аспекты использования Ductal® в мостостроении, в том числе для усиления эксплуатируемых конструкций, в настоящее время прорабатываются и адаптируются для российских условий. Ведутся комплексные НИОКР, в результате которых будут выпущены нормативные документы, а также разработаны проектные решения для опытного применения.

Первые проекты с Ductal® в качестве добавленного слоя будут реализованы в первом полугодии 2021 года в Москве и других регионах.

Алексей ДАВЫДОВ,
технический директор направления «Мосты и спецпокрытия» Корпорации «ТемпСтройСистема»:

— Корпорация «ТемпСтройСистема» с 1998 года применяет полимерные дорожные покрытия, являясь, можно сказать, первопроходцем среди отечественных компаний, работающих сегодня с подобными материалами. Система Matacryl® на основе полиметилметакрилата (ПММА) была впервые предложена нами в России в 2005 году. В 2009 году совместно с АО «ЦНИИС» был разработан государственный стандарт на ее устройство (ГОСТ Р 53627-2009). Система Matacryl® применяется в качестве финишного покрытия на пешеходных и автомобильных мостах. Сотрудники направления «Мосты и спецпокрытия» являются признанными экспертами в этой области. За более чем двадцатилетний период работы в данной сфере накоплен значительный опыт разработки и применения индивидуальных технических решений. Наши сотрудники периодически производят обследования эксплуатируемых объектов, на которых применена система, поэтому мы знаем все ее достоинства и особенности.

Покрытие Matacryl® обладает уникальными физико-механическими свойствами, позволяющими воспринимать нормативные нагрузки от пешеходного, автомобильного, а также гусеничного транспорта. При проработке решения учитывается ряд факторов, таких как тип нагрузки, интенсивность движения, особенности конструкции, материал основания и т.д. В зависимости от этого рассчитывается количество слоев износа и подбирается минеральный наполнитель. Система Matacryl® имеет толщину в диапазоне от 5 до 15 мм для пешеходной нагрузки и от 15 до 20 мм для автомобильного транспорта и состоит из нескольких основных слоев, выполняющих каждый свою функцию:

- грунтовоочный слой Matacryl® Primer — обеспечивает сцепление вышележащих слоев с металлическим или бетонным основанием;
- гидроизолирующий (демпфирующий) слой Matacryl® Manual;
- износостойкий слой Matacryl® WL — в зависимости от назначения покрытия и для обеспечения шероховатости и износостойкости используется минеральный наполнитель кварц, бокситы или корунд;
- финишный лак STC.

Из назначения слоев понятно, что система одновременно выполняет сразу две функции, являясь и гидроизоляцией, и износостойким покрытием.

Также необходимо отметить следующие свойства:

- небольшой вес (1,5–2,5 т/м³), в зависимости от применяемых наполнителей;
- высокая адгезия к металлическому и бетонному основанию (более 5 МПа);
- нанесение в диапазоне температур от –20 до +35 °С;
- высокая износостойкость;
- стойкость к динамическим нагрузкам, нагрузкам, свя-

занными с температурными и механическими деформациями пролетного строения;

- стойкость к антигололедным реагентам;
- высокая химическая стойкость;
- стойкость к ультрафиолетовому излучению;
- ремонтпригодность (возможность восстановления износостойкого слоя в зонах наката);
- высокая скорость полимеризации.

У системы имеются особенности, которые требуется учитывать при проектировании и монтаже. При устройстве покрытие повторяет геометрию плоскости основания. При нанесении используется технология наливного пола, поэтому Matacryl® обладает способностью частичного самонивелирования. При проектировании тонкослойного покрытия необходимо исключить попадание влаги в его основание. Для этого требуется обеспечить сплошность ковра покрытия по всей поверхности пролетного строения и хорошую герметизацию узлов сопряжения с деформационными швами, цокольными и барьерными блоками.

Малый вес системы при реконструкции мостовых сооружений дает возможность, например, повысить значение временной нагрузки за счет снижения постоянной вследствие замены асфальтобетона на полимерное тонкослойное износостойкое покрытие Matacryl®. В каких-то случаях не требуется производить замены пролетных строений, рассчитанных на «старую» нагрузку.

Андрей КОЗУЛЕВ,
главный специалист технической службы
ООО «Институт «Проектмостореконструкция»:

— Институт «Проектмостореконструкция» на протяжении 33 лет занимается диагностикой, обследованием, испытанием мостовых сооружений с дальнейшим составлением проектно-сметной документации на их ремонт, капитальный ремонт или реконструкцию. Такая работа начинается с поиска, изучения и анализа имеющейся технической документации. Используя полученную информацию, составляем программу обследования сооружения.

В соответствии со списком приборов и инструментов, являющимся неотъемлемой частью программы, комплектуется автомобиль выездной мостовой лаборатории.

В полевых условиях на объекте выполняются следующие основные работы по обследованию:

- обмер конструкций сооружения с использованием рулеток, лазерных дальномеров, курвиметров, лестниц, средств страховки;
- осмотр конструкций с фиксацией дефектов и повреждений с использованием лестниц, видеоперископов, квадрокоптеров;
- фото- и видеосъемка обнаруженных дефектов и повреждений конструкций;
- на водоемах с использованием ультразвуковых эхолотов измеряется их глубина, в т.ч. для фиксации размывов дна;
- вскрытие слоев мостового полотна и арматуры железобетонных конструкций (при необходимости) с использованием электрических отбойных молотков, перфораторов и т.п.;
- геодезические измерения на сооружении с использованием электронных тахеометров, угломеров и уровней;
- определение глубины заложения фундаментов (при необходимости) с использованием комплекта геофизической аппаратуры;
- оценка состояния бетона с определением его прочности неразрушающими методами упругого отскока, пластической деформации, ультразвуковым;

- измерение толщины защитного слоя бетона, диаметра арматуры, ее положения с использованием ультразвуковых тестеров, детекторов арматуры;
- определение величины раскрытия трещин в бетонных и железобетонных конструкциях;
- экспресс-тестирование на карбонизацию бетона методом индикации;
- отбор проб бетона из железобетонных конструкций для проведения лабораторных исследований с целью определения содержания хлоридов методом прямой потенциометрии и определения водородного показателя pH;
- определение влажности бетона с использованием влагомеров;
- определение толщины деталей металлоконструкций ультразвуковыми толщиномерами, в т.ч. с учетом ослабления металла коррозией.

По результатам обработки данных полевых работ определяется фактическая грузоподъемность, проводится оценка технического состояния, рекомендуется режим эксплуатации существующего сооружения, а также выдаются предложения по его дальнейшему ремонту, капитальному ремонту или реконструкции.

**Андрей УШАКОВ, генеральный директор
НПП «АпАТЭК», д. т. н., профессор:**

ООО НПП «АпАТЭК» имеет наибольший в России опыт проектирования, изготовления и эксплуатации пешеходных мостов из полимерных композиционных материалов (ПКМ) через автомобильные и железные дороги, водные преграды и т.п., первый из которых был установлен в 2004 году в Москве около железнодорожной платформы Чертаново.

Наше предприятие готово предложить типовые решения пролетных строений, настилов, лестничных и пандусных спусков и других конструкций для мостов.

На сегодняшний день на 47 мостах уставлены конструкции из ПКМ, в том числе на 30 — цельнокомпозитные пролеты и сходы и на 17 — отдельные элементы

из ПКМ. Существует опыт изготовления балочных, ферменных и арочных пролетов с диапазоном их длин от 5,0 до 40,2 м, как открытых, так и закрытых, капитального и временного (сборно-разборного) типа; 16-летний опыт эксплуатации положительный. Имеется необходимый пакет нормативной документации. Сегодняшняя ценовая конъюнктура на конструкции из ПКМ и из традиционных материалов (сталь, железобетон) определяет практически одинаковые затраты на строительство, а высокая эксплуатационная стойкость ПКМ, срок службы и обслуживаемость конструкций обеспечивает экономию затрат в течение жизненного цикла до 30-40%.

