

О РЕМОНТЕ, ЗАЩИТЕ И УСИЛЕНИИ МОСТОВ И ДРУГИХ БЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Мокин В.А., Закржевский М.В., Пархоменко А.Н., Кожушко В.В., Кожушко В.П.

В статье рассмотрены вопросы современной технологии защиты и усиления бетонных сооружений с учётом требований европейского стандарта EN 1504.

Постановка задачи в общем виде.

Улучшение состояния железобетонных мостов, бетонных сооружений – важная и актуальная проблема для нормального функционирования транспортного комплекса. Значительная часть из них, построенная в 70-е годы прошлого века, исчерпала свой эксплуатационный ресурс и находится практически в аварийном состоянии. Отрицательную роль в данном вопросе сыграло и повышение максимально допустимой нагрузки на ось автомобиля. Однако при всей сложности и остроте, данная проблема имеет вполне реальные пути решения.

Анализ последних достижений и изложение основного материала исследований. В последнее время в различных документах и публикациях всё чаще стал появляться термин «ремонтнепригодные мосты». Но с точки зрения современного уровня развития строительных технологий понятие «ремонтнепригодности» можно применять только к полностью разрушенным (включая опоры) мостовым сооружениям. Во всех остальных случаях мосты вполне подлежат ремонту, вопрос заключается только в правильном выборе материалов и технологий для их восстановления. Здесь можно пойти двумя путями: традиционным и инновационным.

Традиционный путь представляет собой проведение реконструкции аварийного искусственного сооружения с помощью имеющихся в наличии обычных материалов и

конструкций. При этом мост практически полностью демонтируется, в лучшем случае используются только существующие опоры, предварительно отремонтированные и усиленные, на которые затем укладывается новое пролётное строение. Этот путь является трудоёмким, затратным, как по финансовой составляющей, так и по времени. Закрытие движения по мосту в связи с его реконструкцией создаёт также большие проблемы с организацией транспортных потоков, а повышение интенсивности движения по соседним участкам дорог и расположенным на них искусственным сооружениям приводит к их преждевременному разрушению.

Инновационный путь предусматривает применение новейших материалов и технологий, позволяющих во многих случаях отремонтировать аварийный мост в кратчайшие сроки, причем даже без закрытия движения. Классическим примером такого подхода может служить ремонт моста через реку Протва на 110 километре федеральной автомобильной дороги М-3 «Украина» в 2003 году.

После обследования упомянутый мост был признан аварийным и не подлежащим ремонту. Предполагалось демонтировать его и рядом построить новый. Но был предложен альтернативный вариант - отремонтировать мост с применением современных материалов и технологий.

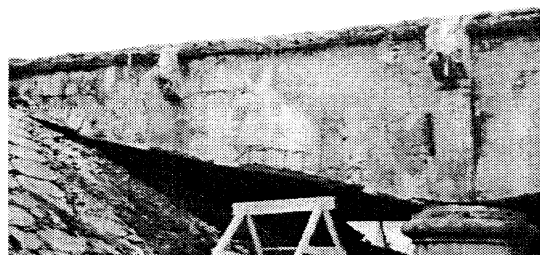
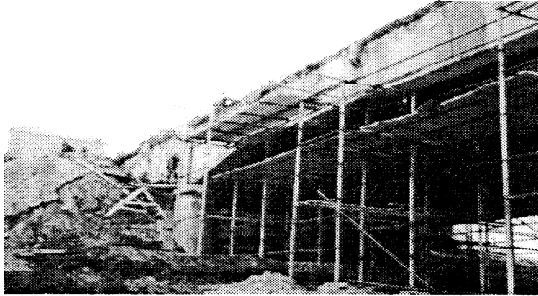


Рис. 1 Вид моста до ремонта.

Ремонтные работы на мосту проводились в несколько этапов. Подготовительный этап включал в себя удаление ослабленного, карбонизированного бетона, очистку арматуры от продуктов коррозии и нанесение антикоррозионного состава Emaco Nanopcrete AP. Для усиления балок пролётного строения были установлены дополнительные арматурные каркасы. Затем была смонтирована герметичная опалубка.

Основной этап включал в себя проведение следующих видов работ:

- Восстановление несущей способности главных и второстепенных балок пролётного строения с применением ремонтного состава наливного типа EMACO® S 88.
- Ремонт площадок подвесных пролетов и тротуарных консолей.
- Восстановление защитного слоя бетона фасадных поверхностей ребер крайних балок, консольных свесов плит и поперечных диафрагм в районе деформационных швов тиксотропными ремонтными составами EMACO® S88C и EMACO® 90, и наливным составом

EMASO® S88.

- Ремонт локальных разрушений тиксотропными ремонтными составами EMASO® S88C и EMASO® 90

- Крепление анкеров раствором на основе цемента MACFLOW®.

Применение прогрессивных материалов и технологий позволило не только за несколько месяцев полностью восстановить аварийный мост, но и получить при этом значительный экономический эффект.

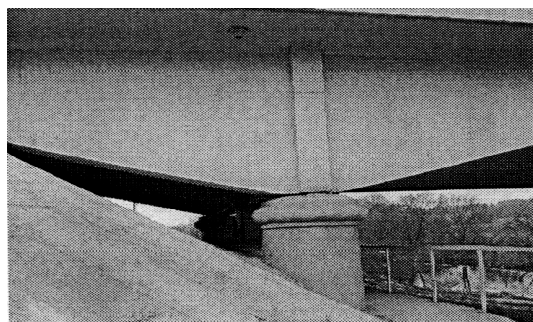
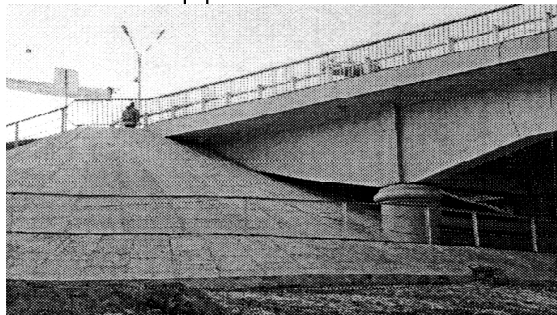


Рис. 2 Вид моста после ремонта (2003 год).

Мост на реке Протва был одним из первых восстановленных подобным образом мостов. С тех пор упомянутые материалы и технологии находят всё большее применение при восстановлении аварийных мостовых сооружений. Но показательным в отношении именно данного сооружения является тот факт, что проведённый в 2009 году визуальный осмотр в рамках программы мониторинга отремонтированных объектов показал, что за 6 лет непрерывной эксплуатации на мосту не появилось никаких видимых разрушений.

Еще одной подобной проблемой является усиление конструкций мостовых сооружений. Впервые технология усиления несущих конструкций путём закрепления стальных шин эпоксидным клеем на их растянутых поверхностях была применена в 1960-х годах прошлого века французским инженером Лермитом.

Данная технология, при всей своей прогрессивности, имела следующие недостатки:

- из-за большого веса стальных пластин при их устройстве требовалось производить много дополнительной работы, включая создание поддерживающего приспособления, необходимого в процессе полимеризации смолы, что обуславливало

высокую стоимость подрядных работ и большой срок их выполнения;

- возникающая со временем коррозия стали требовала дополнительных расходов на защиту и уход.

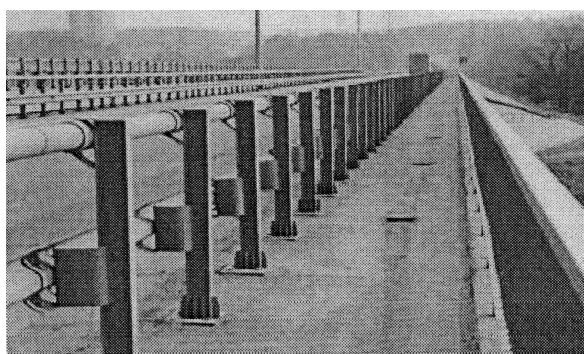
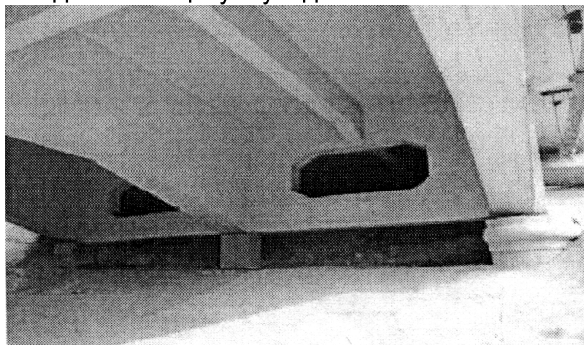


Рис. 3 Вид моста после 6 лет эксплуатации (2009 год).

В 90-х годах прошлого века эти проблемы легко решились с революционным развитием волоконных технологий благодаря предложению швейцарского профессора Майера использовать вместо стальных пластин фиброармированные полимеры, легкие по весу, эластичные, обладающие исключительными механическими характеристиками и отличной износостойкостью. В то же время была разработана технология изготовления высоконаполненным волокном композитных материалов с постоянной поперечной структурой.

Замена традиционной техники планировки стальными пластинами на усиление несущих конструкций системами на основе композитных материалов позволила:

- ускорить работы по ремонту и техобслуживанию и снизить их стоимость;

- повысить несущую способность конструкции, в том числе в сейсмически неблагоприятных условиях;

- уменьшить деформации от эксплуатационных нагрузок (повышение прочности);

- увеличить долговечность конструктивных элементов;

- ограничить распространение и/или заделать участки трещинообразования (увеличение срока службы).

Концерном BASF предложена система композитных материалов MBrace® для

усиления железобетонных конструкций, включает в себя следующие элементы:

- ламели-ленты, полученные по технологии пултрузии;
- холсты для перевязки («обертки») обжаты или гнуто-выпуклых элементов;
- стержни как полноценная замена стальной арматуры.

Элементы композитных материалов системы MBGrace® устанавливаются на клей на эпоксидной основе. В систему входят также грунтовка и выравнивающая шпатлёвка. Хотя все элементы системы MBGrace® устойчивы к воздействию окружающей среды, рекомендуется применить защитное покрытие Masterseal®, не в последнюю очередь из соображений эстетического восприятия конструкции после усиления.

Различие свойств композитных материалов заключается в разнообразии типов волокон, лежащих в их основе. Волокна могут быть углеродными, арамидными (торговой марки Kevlar), базальтовыми или стеклянными. Сочетание типа волокна и вида композитного материала на его основе создаёт для проектировщика обширное поле деятельности с возможностью выбора наиболее приемлемого для той или иной конструкции типа усиления. В помощь проектным организациям предоставляется программа расчёта для системы MBGrace®, дающая возможность наглядного сравнения результатов в формате 3D до и после усиления. Система MBGrace® является одним из наиболее прогрессивных решений вопроса усиления несущих конструкций различных, в том числе и мостовых, сооружений.

Существующие на настоящее время материалы и технологии концерна BASF позволяют восстановить практически любое мостовое сооружение на любой стадии разрушения, исключив, таким образом, понятие «ремонтнепригодности». А использование системы MBGrace® создает широкие возможности для усиления мостов, имеющих ограничения по грузоподъемности, и приведения их в нормативное состояние. Тем самым создаются предпосылки для продления срока службы мостовых сооружений, построенных в 60-70 годы прошлого века и даже раньше, без проведения их масштабной реконструкции, используя в каждом конкретном случае оптимальную технологию ремонта или усиления.

Продолжая тему ремонта, хочется отметить, что есть документы, которые предъявляют требования к ремонтным материалам, но практически ни один из них не рассматривает вопросы совместимости в отношении композитной системы «Ремонтный материал - контактный слой - ремонтируемое основание». Все это приводит к тому, что процент неудовлетворённости заказчиков, подрядчиков и

проектировщиков качеством ремонтных материалов постоянно возрастает. Но это не всегда говорит о недостатках ремонтного материала. В большей степени это говорит об отсутствии соответствующих требований проектировщиков не только к ремонтному материалу, но и к долговечности отремонтированной конструкции.

Если посмотреть статистику удовлетворенности результатами ремонта в Европейских странах, то картина схожая: «25% владельцев конструкций не удовлетворены эффективностью ремонта и защитными материалами в период 5-ти лет после восстановления; 75% не удовлетворены в период 10 лет» (Congretnet, Ноябрь 2004 год). Весь этот негатив и «неудовлетворенность» привели к тому, что в Европе с 1 января 2009 года введен в действие Европейский стандарт EN 1504 «Продукты и системы для защиты и восстановления бетонных конструкций - определения, требования, контроль качества и оценка соответствия», в котором рассматриваются все аспекты процесса ремонта и защиты.

Так, например, в части 3 «Конструкционный и неконструкционный ремонт бетонных сооружений» данного стандарта предъявляются требования к материалам для ремонта бетона с учетом обеспечения совместимости. Некоторые требования указаны в таблице 1.

Европейский стандарт определяет 4 класса ремонтных смесей – R4, R3, R2, R1. Эти классы затем подразделяются на конструкционный и неконструкционный ремонт, то есть такие способы применения, где в проекте должна рассматриваться передача нагрузки или наоборот, только восстановление защитной функции бетона.

Известно, что традиционные методы лабораторных испытаний направлены на определение физико-механических характеристик самого материала, а в стандарте EN 1504 впервые прописаны требования к композитной системе, состоящей из ремонтного материала, ремонтируемой поверхности и контактного слоя. Основным нормируемым показателем прочности данной системы является сохранение адгезии. Впервые в реальных условиях ремонта бетона можно сравнить технические характеристики материала, поскольку данный стандарт не только устанавливает минимальные требования к рабочим характеристикам, но определяет и стандартизирует методы испытаний. Требования, приведенные в таблице 1, позволяют сделать вывод: сами по себе высокие физико-механические характеристики ремонтного материала не являются гарантией качественного ремонта. Только сохранение композитной системы во времени может служить основой долговечности отремонтированной конструкции.

Требования к ремонтным материалам на цементной основе для конструкционного и неконструкционного ремонта

Рабочие характеристики	Метод испытания	Требования			
		конструкционный		неконструкционный	
		Класс R4	Класс R3	Класс R2	Класс R1
Прочность на сжатие	EN 12190	≥ 45 МПа	≥ 25 МПа	≥ 15 МПа	≥ 10 МПа
Содержание ионов хлорида	EN 1015-17	≤ 0,05%		≤ 0,05%	
Адгезионное сцепление	EN 1542	≥ 2 МПа	≥ 1,5 МПа	≥ 0,8 МПа	
Ограниченное сжатие/расширение	EN 12617-4	Адгезия			Нет требований
		≥ 2 МПа	≥ 1,5 МПа	≥ 0,8 МПа	
Стойкость к карбонизации	EN 13295	d _k ≤ контрольного бетона		Нет требований	
Совместимость тепловых свойств заморозание/оттаивание	EN 12617-4	Сила сцепления после 50 циклов			Визуальный контроль
		≥ 2 МПа	≥ 1,5 МПа	≥ 0,8 МПа	
Стойкость после удара «грозового дождя»	EN 12617-4	Сила сцепления после 30 циклов			Визуальный контроль
		≥ 2 МПа	≥ 1,5 МПа	≥ 0,8 МПа	
Совместимость тепловых свойств/циклы работы в сухом состоянии	EN 12617-4	Сила сцепления после 30 циклов			Визуальный контроль
		≥ 2 МПа	≥ 1,5 МПа	≥ 0,8 МПа	
Модуль упругости	EN 13412	≥ 20 ГПа	≥ 15 ГПа	Нет требований	
Стойкость к скольжению	EN 13036-4	Класс I: > 40 ед. измерения при испытании в мокром состоянии Класс II: > 40 ед. измерения при испытании в сухом состоянии Класс III: > 55 ед. измерения при испытании в мокром состоянии		Класс I: > 40 ед. измерения при испытании в мокром состоянии Класс II: > 40 ед. измерения при испытании в сухом состоянии Класс III: > 55 ед. измерения при испытании в мокром состоянии	
Капиллярная абсорбция	EN 13057	≤ 0,5 кг/м ² ч ^{0,5}		≤ 0,5 кг/м ² ч ^{0,5}	Нет требований

Далее, если говорить о вторичной защите железобетона, то здесь примерно та же ситуация.

Отсутствие современных требований к материалам для вторичной защиты часто приводит к негативным последствиям, в том числе даже к снижению долговечности защищенной конструкции по сравнению с незащищенной. Примером может являться применение паронепроницаемых покрытий для защиты конструкций (блоков «Нью-Джерси»), работающих под воздействием агрессивных веществ. Основными разрушающими воздействиями при эксплуатации являются воздействия воды и антигололедных реагентов (см, фото 1).

Защита данной конструкции проведена со всех сторон, за исключением нижней поверхности.

Через эту нижнюю площадку и происходит насыщение бетона водой с солью, а выходу влаги как раз и противостоит паронепроницаемое покрытие, которое нанесено на блок.

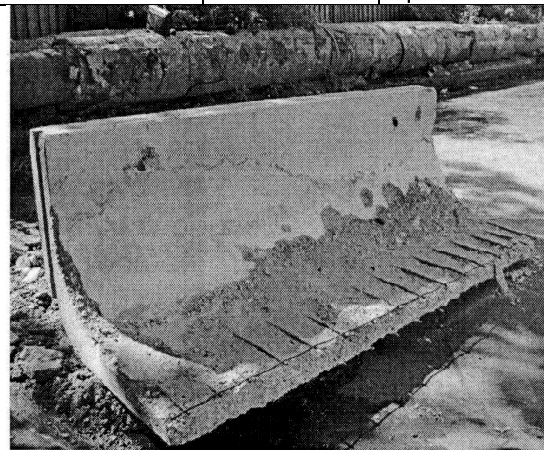


Рис 1. Шелушение бетона блока «Нью-Джерси» - результат применения паронепроницаемого покрытия.

Зачастую при проведении ремонта железобетонных конструкций не уделяется внимания вопросам вторичной защиты. В качестве «защитного» покрытия применяются обычные фасадные краски, которые выполняют минимальную защитную функцию, а в основном – декоративную.

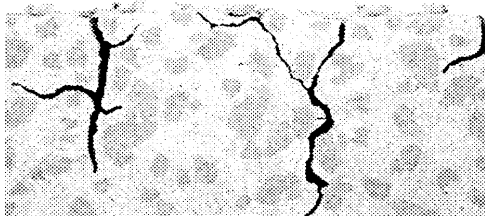


Рис 2. Рулѐжная дорожка а/п Пулково через 10 лет после ремонта.

Шелушение неотремонтированного бетона – результат отсутствия вторичной защиты на неотремонтированных участках. Ведь у многих существует мнение, что если мы выбрали материал для ремонта железобетонной конструкции с учетом обеспечения совместимости, значит, конструкция восстановлена полностью и надолго. К сожалению, это заблуждение. Результатом применения «совместимого» ремонтного материала EMACO®, но отсутствия мероприятий по вторичной защите всего сооружения, является цементбетонное покрытие рулѐжной дорожки в аэропорту Пулково (см. фото 2). Примерно ту же ситуацию мы можем видеть на опорах и балках пролетного строения мостов, где ремонт выполнен локально, но вторичная защита не предусмотрена. Обычно уже через 2 года начинается процесс шелушения неотремонтированных участков бетона.

В Европейском стандарте EN 1504 часть 2 «Системы защиты поверхности бетона» четко даны требования к материалам для вторичной защиты в зависимости от стадий состояния железобетонных конструкций и видов воздействий, оказываемых на рассматриваемую конструкцию. И здесь также, как и в части 3, рассматривается не сам материал вторичной защиты, а именно система «Защитный состав - контактный слой - основание», или свойства обработанного бетона. Системы защиты поверхности в зависимости от механизма действия и области применения подразделяются на три группы:

1. Гидрофобизация.

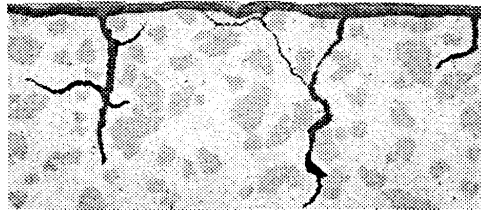


- обработка бетона эмульсиями и растворами для получения водонепроницаемой поверхности;
- поры и капилляры покрываются гидрофобным слоем изнутри, но не заполняются;
- на поверхности бетона отсутствует пленка;

- вид бетона не изменяется или имеются небольшие изменения;

- защита от атмосферных воздействий.

2. Пропитка.



- обработка бетона для упрочнения и уплотнения поверхностного слоя;

- поры и капилляры частично или полностью заполняются;

- после обработка образуется

прерывистая тонкая пленка на поверхности;

- связующими растворами могут быть, например, органические полимеры.

3. Покрытие.



- обработка для получения сплошного защитного слоя на поверхности бетона;

- толщина слоя обычно составляет от 0,1 до 5,0 мм

- связующими растворами могут быть, например, органические полимеры, органические полимеры с цементом в качестве заполнителя или с гидравлическим цементом, модифицированным дисперсией полимеров.

Помимо требований к материалам, в стандарте приводятся принципы и методы защиты бетона в зависимости от назначения конструкции, режима ее эксплуатации, вида и механизма агрессивного воздействия на бетон. К примеру, цель защиты бетона блоков «Нью-Джерси» - регулировка и поддержание влажности в бетоне в заданных пределах, защита от проникновения агрессивных соединений. Этим целям соответствуют Правило 1 (защита от проникновения) и Правило 2 (контроль влажности) EN 1504-9. Исходя из правил, стандарт предлагает метод - применение защитного покрытия. Основные требования к системе «защитное покрытие - бетон», исходя из выбранных правил: коэффициент проникновения $CO_2 S_d > 50$ м, паропроницаемость покрытия на бетоне, выраженная коэффициентом S_d , должна быть меньше 5 м, коэффициент капиллярного переноса воды $w < 0,1 \text{ кг/м}^2 \text{ ч}^{0,5}$, адгезия покрытия к бетону не менее 0,8 МПа. В данном случае, когда покрытие на бетоне может отслоиться в результате повышения давления паров в контактной зоне, главным требованием является паропроницаемость, которая должна быть эквивалентна (определяется по EN ISO 7783-1)

паропроницаемости защищаемого бетона - класс 1 $S_d < 5$ м. Такие результаты невозможно получить для покрытий на основе ЛКМ, эпоксидных или полиуретановых составах на органических растворителях. Целесообразно использовать вододисперсионные составы на полимерной или полимерцементной основе.

Для ограничения процесса шелушения неотреставрированных участков бетона в зонах ремонта цементобетонного покрытия рулежной дорожки в аэропорту Пулково по стандарту EN 1504-9 рекомендуется использовать правило 2 (контроль влажности), на основании которого выбирается метод защиты бетона посредством гидрофобизации. Основные требования к обработанному бетону – снижение водопоглощения обработанного бетона (менее 7,5% по сравнению с необработанным образцом), потеря массы после циклов замораживания-оттаивания в солях (потеря массы поверхности пропитанного образца должна происходить, по крайней мере, на 20 циклов позднее, чем для непропитанного образца).

Помимо всего вышеперечисленного необходимо отметить, что ремонт железобетонных конструкций и их вторичная защита начинается только тогда, когда мы видим на мостовой конструкции трещины, вызванные коррозией арматуры, а зачастую, когда на конструкции уже отсутствует защитный слой бетона и идет уменьшение сечения арматурных стержней. Например, в Европе и в США при обследовании мостов большое внимание уделяется контролю наличия и глубины карбонизации бетона, а также содержания хлоридов в железобетонных конструкциях, их при избыточном содержании производится вторичная защита методом пропитки материалами на основе силанов с активными ингибиторами коррозии, например Protectosil СІТ. Данная группа материалов позволяет предотвратить или погасить начавшийся процесс коррозии и продлить срок службы мостовой конструкции минимум на 7 лет (исследования проведены в США) без проведения работ по ремонту, что позволяет значительно экономить финансовые средства.

Вывод. Сейчас на рынке Украины совсем

УДК 624.04

НЕСЪМНАЯ ОПАЛУБКА В МОНОЛИТНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

Мукосеев В.Н, Бричко А.М.

В статье проводится анализ существующих опалубочных систем в монолитном домостроении, способов возведения стен с использованием несъемной опалубки, преимуществ несъемных опалубок на основании сравнения технико-экономических показателей.

Постановка проблемы в общем виде. Современное монолитное домостроение, широко распространенное в результате потери в 90-е годы индустрии крупнопанельного строительства, основано на использовании парка опалубки, разработанного зарубежными фирмами [1-6] для

не много компаний-производителей материалов для комплексного ремонта железобетонных конструкций, готовых в полной мере предоставить систему материалов, отвечающих требованиям EN 1504. Но все же таковые есть, - концерн BASF Construction Chemicals, который в процессе производства материалов производит их контроль согласно Европейскому стандарту EN 1504. Это касается как ремонтных составов EMACO®, так и материалов для вторичной защиты и гидроизоляции MASTERSEAL®.

Линейка безупрочных составов для ремонта бетона EMACO® на данный момент насчитывает 23 позиции. Они предназначены для конструкционного и неконструкционного ремонта бетона, в том числе при отрицательных температурах, монтажа металлоконструкций. Для вторичной защиты и гидроизоляции имеется 15 наименований материалов, которые согласно EN 1504 подразделяются на гидрофобизаторы, пропиточные составы и покрытия. Система усиления строительных конструкций композитными материалами MBrace® является комплексной и включает в себя все необходимые компоненты для проведения полного цикла работ по усилению, в т.ч. и программное обеспечение для проведения расчетов.

Нашли материалы концерна BASF Construction Chemicals свое место и в Украине: на сегодняшний день – это виадук на участке железной дороги Львов-Чоп, Южный мост в г. Киеве, Дарницкий мост в г. Киеве, ремонт парпетного ограждения типа «Нью-Джерси» на трассе Киев-Одесса и многие другие.

Официальным дилером концерна BASF Construction Chemicals в Украине является компания ООО «Аскей» (г. Киев), которая осуществляет поставку материалов серии EMACO®, Masterseal®, Masterflow®, MBrace®.

У профессионалов, связанных с мостовой тематикой и в целом с работами по содержанию бетонных сооружений, компания ООО «Аскей» ассоциируется как инжиниринговая компания. Сотрудники компании разрабатывают технические решения, осуществляют сопровождение на объектах в процессе применения материалов.