

ПРОБЛЕМЫ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

*Проф. ЛЯХЕВИЧ Г. Д.,
аспиранты МАКСИМЕНКО А. А., ПАСТУШКОВ В. Г., ГРЕЧУХИН В. А.*

Белорусский национальный технический университет

Результаты обследования мостов Республики Беларусь показали, что значительная их часть находится в плохом или неудовлетворительном состоянии. Основные проблемы низкой долговечности мостовых конструкций связаны с неблагоприятными экологическими условиями, а именно: повышенным содержанием CO_2 , SO_2 , хлоридов, превышающих допустимые нормы непосредственно на мосту; повышенной вибрационной нагрузкой в результате увеличения интенсивности движения. Опыт эксплуатации мостов и тоннелей (особенно расположенных в городской черте) показал, что наибольшее коррозионное воздействие на них оказывают хлориды металлов, которые входят в состав реагентов, используемых для обработки проезжей части улиц, дорог. Ежегодно в нашей стране для этой цели применяют более 750 тыс. т солевых композиций [1], главными составляющими которых являются: техническая соль и сильвинит (побочный продукт производства калийных удобрений ПО «Беларуськалий»). Основной компонент указанных материалов – хлористый натрий. Водные растворы этих материалов, а также разбавленные сернистая кислота и уголекислота проникают к мостовым конструкциям через покрытие проезжей части и подвергают их коррозионному разрушению. Это приводит к существенному сокращению сроков эксплуатации мостов. Ущерб от такого вида коррозии мостовых конструкций в Беларуси не подсчитывался, хотя он весьма существен не только для нашей республики, но и других стран. Так, в США ежегодные потери от коррозии бетонных мостовых конструкций составляют более 150 млн дол. [1]. Это свиде-

тельствует об актуальности проблемы защиты мостовых конструкций, работающих в условиях агрессивного действия окружающей среды.

Другой не менее значимой проблемой долговечности мостовых и тоннельных конструкций является то, что одновременно с негативным влиянием указанных выше веществ на конструкции действует вибрация от проезжающего автомобильного транспорта и пешеходов. То есть в течение суток и всего периода эксплуатации мостов и тоннелей соли и кислоты в условиях вибрационного воздействия интенсивно корродируют металл и бетон. Проблемой низкой долговечности мостов является и тот факт, что коррозия материалов усиливается с изменением температуры за счет природных факторов и в результате выброса отработавших газов. Серьезную проблему для долговечности представляет синергизм действия приведенных выше агрессивных веществ в твердой, жидкой и газовых фазах, положительных и отрицательных температур, повышенной влажности, осадков в виде дождя и снега, а также других факторов. Не менее важной проблемой существенного снижения долговечности бетонных и железобетонных конструкций представляет их неэффективная гидроизоляция, которая подвергается быстрому старению и разрушению.

В этой связи необходимо рассмотреть некоторые пути повышения долговечности мостов, работающих в неблагоприятных экологических условиях:

- повышение коррозионной стойкости каменных материалов и арматуры, используемых для изготовления мостовых конструкций;

- использование оптимального минералогического и полидисперсного состава цементного клинкера;

- понижение водоцементного отношения при условии использования эффективных пластифицирующих добавок;

- создание новых технологий приготовления бетонных смесей и созревания цементного камня с применением гидрофобизирующих, кольматирующих и антистарительных веществ;

- создание бетонов сверхплотной микро- и макроструктуры с минимальным количеством капилляров, пустот и других дефектов; при этом $R_6 > R_{ц.кам}$ и R_6 стремится к $R_{зап}$ (здесь R_6 , $R_{ц.кам}$, $R_{зап}$ – предел прочности на сжатие соответственно бетона, цементного камня, заполнителя). Необходимо обратить особое внимание на создание прочной структуры на границе цементный камень – заполнитель. Здесь хранится ключ к созданию сверхпрочного, и самое главное, долговечного бетона;

- создание новых конструкций из бетона и железобетона, исключающих попадание агрессивных средств на их поверхность;

- обработка поверхности конструкций различными антикоррозионными составами;

- вторичная защита мостовых конструкций новыми гидроизоляционными материалами (ГИМ) второго и третьего поколений.

Учитывая ранее выполненные исследования [2...6], мы остановили свой выбор на наиболее универсальном пути повышения долговечности мостов, а именно вторичной защите их битумно-полимерными материалами с учетом неблагоприятных экологических условий. Так как в радикально изменившихся экологических условиях на долговечность гидроизоляции и мостовых конструкций влияют растворы углекислоты, сернистой кислоты, хлоридов калия, кальция и натрия, мы рассмотрели смачиваемость поверхности гидроизоляционного материала растворами малой концентрации этих веществ, которая определялась из выражения

$$\cos \varphi_{\text{ТП}}^{\text{ВРХВ}} = \frac{\sigma_{\text{ТП}}^{\text{ПГФ}} - \sigma_{\text{ТП}}^{\text{ВРХВ}}}{\sigma_{\text{ВРХВ}}^{\text{ПГФ}}},$$

где $\varphi_{\text{ТП}}^{\text{ВРХВ}}$ – краевой угол смачивания твердой поверхности водными растворами химических веществ; ВРХВ – водные растворы химических

веществ; ПГФ – парогазовая фаза; ТП – твердая поверхность (гидроизоляция); $\sigma_{\text{ТП}}^{\text{ПГФ}}$, $\sigma_{\text{ТП}}^{\text{ВРХВ}}$, $\sigma_{\text{ВРХВ}}^{\text{ПГФ}}$ – поверхностные натяжения на границе раздела соответственно: парогазовая фаза – твердая поверхность; водные растворы химических веществ – твердая поверхность; парогазовая фаза – водные растворы химических веществ.

В зависимости от природы твердой поверхности, концентрации водных растворов химических веществ, а также химического состава парогазовой фазы возможны следующие виды смачиваемости твердой поверхности:

а) не смачиваемая, краевой угол $\varphi_{\text{ТП}}^{\text{ВРХВ}} > 90^\circ$, а $\cos \varphi_{\text{ТП}}^{\text{ВРХВ}}$ имеет отрицательное значение;

б) смачиваемая, краевой угол $\varphi_{\text{ТП}}^{\text{ВРХВ}} < 90^\circ$, а $\cos \varphi_{\text{ТП}}^{\text{ВРХВ}} > 0$.

Поверхностные натяжения $\sigma_{\text{ТП}}^{\text{ПГФ}}$ и $\sigma_{\text{ВРХВ}}^{\text{ПГФ}}$ значительно меньше, чем поверхностное натяжение $\sigma_{\text{ТП}}^{\text{ВРХВ}}$. В неблагоприятных экологических условиях поверхностные натяжения $\sigma_{\text{ТП}}^{\text{ПГФ}}$ и $\sigma_{\text{ВРХВ}}^{\text{ПГФ}}$ стремятся к минимальным значениям. Поверхностное натяжение на границе раздела водные растворы химических веществ – твердая поверхность в неблагоприятных экологических условиях $\sigma_{\text{н.ТП}}^{\text{ВРХВ}}$ существенно снижается и $\sigma_{\text{н.ТП}}^{\text{ВРХВ}} \ll \sigma_{\text{ТП}}^{\text{ВРХВ}}$. Условием надежной и долговечной гидроизоляции является тот факт, что $\sigma_{\text{ТП}}^{\text{ВРХВ}}$ должно иметь максимальное значение, а $\sigma_{\text{н.ТП}}^{\text{ВРХВ}}$ – приближаться к $\sigma_{\text{ТП}}^{\text{ВРХВ}}$. (Здесь $\sigma_{\text{н.ТП}}^{\text{ВРХВ}}$ – поверхностное натяжение в неблагоприятных экологических условиях на границе раздела водные растворы химических веществ – твердая поверхность.) Так как $\sigma_{\text{ТП}}^{\text{ВРХВ}}$ имеет наибольшее значение для слабополярных твердых поверхностей, решение проблемы надежной и долговечной гидроизоляции сводится к выбору гидроизоляционного материала с наименьшей полярностью.

Для исследований нами получено битумно-полимерное вяжущее, которое может быть использовано для получения рулонных гидроизоляционных материалов (оклеечная гидроизоляция), а также для получения мастик (обмазоч-

ная гидроизоляция). Оно содержит 85 % нефтяного битума и 15 % олигомера натурального каучука. Характеристика его следующая: температура размягчения по КиШ составляла 92 °С; глубина проникания иглы (0,1 мм при 25 °С) – 37; температура вспышки – плюс 226 °С; температура хрупкости по Фраасу – минус 29 °С; интервал пластичности – 121 °С; адгезия к бетону – 1,24 МПа. В опытах использовался также нефтяной высокоплавкий битум с параметрами: температура размягчения по КиШ составляла 94 °С; глубина проникания иглы (0,1 мм при 25 °С) – 28; температура вспышки – плюс 224 °С; температура хрупкости по Фраасу – минус 3 °С; интервал пластичности – 97 °С; адгезия к бетону – 0,18 МПа.

Из битумно-олигомерного материала и нефтяного битума готовили образцы 100×100×5 мм,

которые помещали в водные растворы 0,5 % NaCl; 0,15 % H₂CO₃; 0,5 % H₂SO₃ и выдерживали при 20 °С в течение фиксированного времени: 1, 2, 3, 4, 5, 6 месяцев, а затем определяли диэлектрическую проницаемость E_{800} . Анализ данных (рис. 1, 2) показал, что с увеличением продолжительности контактирования водных растворов химических веществ с твердой поверхностью гидроизоляционного материала диэлектрическая проницаемость последнего повышается, а это способствует снижению гидрофобности поверхности гидроизоляции, т. е. повышению ее смачиваемости. Как и следовало ожидать, наименьшее изменение диэлектрической проницаемости отмечено при контактировании образцов ГИМ с дистиллированной водой, а наибольшее – с 0,5%-м раствором NaCl. Например, для ГИМ, контактирую-

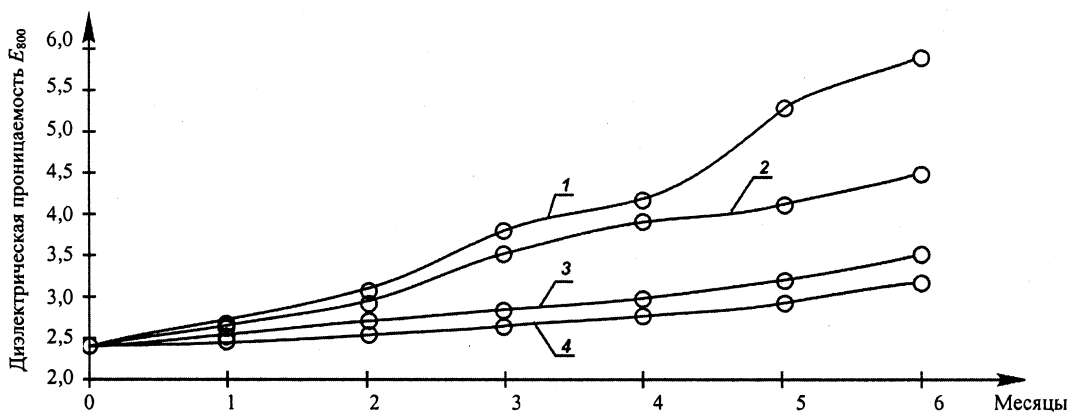


Рис. 1. Изменение диэлектрической проницаемости в зависимости от контакта гидроизоляционного материала с водными растворами химических веществ: 1 – 0,5%-м раствором NaCl; 2 – 0,5%-м раствором H₂SO₃; 3 – 0,15%-м раствором H₂CO₃; 4 – дистиллированной водой

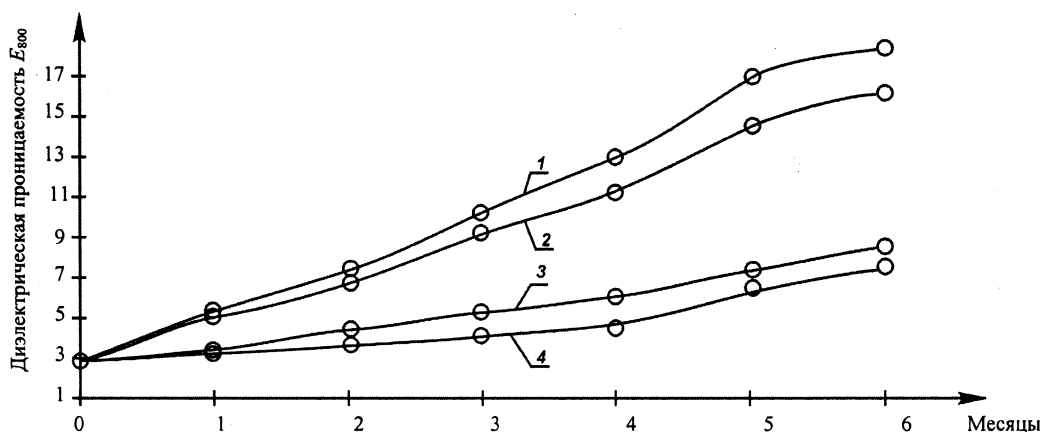


Рис. 2. Изменение диэлектрической проницаемости высокоплавкого битума в зависимости от продолжительности его контакта с водными растворами химических веществ: 1 – 0,5%-м раствором NaCl; 2 – 0,5%-м раствором H₂SO₃; 3 – 0,15%-м раствором H₂CO₃; 4 – дистиллированной водой

шего в течение пяти месяцев с дистиллированной водой, диэлектрическая проницаемость E_{800}^{BO} составила 2,7. При контактировании этого же материала с 0,5%-м раствором NaCl диэлектрическая проницаемость E_{800}^{BO} составила 7,2, т. е. в течение одного и того же времени диэлектрическая проницаемость E_{800}^{BO} увеличилась в 2,7 раза. Следовательно, изменение экологии на мостах ведет к существенному увеличению смачиваемости поверхности гидроизоляции и, как результат, к уменьшению ее надежности и долговечности, даже если она выполнена из самых современных гидроизоляционных материалов. При контактировании битумных вяжущих в различных средах в течение пяти месяцев установлено (рис. 2), что диэлектрическая проницаемость битума E_{800}^B в 2,8...4,2 раза больше, чем диэлектрическая проницаемость битумно-олигомерного вяжущего E_{800}^{BO} . Таким образом, создание битумно-олигомерного вяжущего более чем в 2 раза улучшило гидроизолирующие свойства гидроизоляции, а это позволит существенно повысить долговечность ее и мостовой конструкции.

ВЫВОДЫ

1. Низкая долговечность мостовых конструкций связана с неблагоприятными экологическими условиями и, прежде всего, с агрессивным воздействием при постоянной вибрации водных растворов хлорида натрия, двуокиси серы и углерода, с синергизмом действия этих растворов, а также положительными и отрицательными температурами, повышенной влажностью и другими параметрами.

2. Наиболее универсальный путь повышения долговечности мостов – вторичная защита

битумно-полимерными материалами. Разработка современных гидроизоляционных материалов в значительной степени решает проблему долговечной и надежной защиты мостовых конструкций. Необходимо также существенно доработать конструкцию гидроизоляции, технологию профилактики и условия ее эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минин А. В. Защита мостовых конструкций, работающих в условиях агрессивного действия хлоридов // Материалы 54-й науч.-техн. конф. БГПА. – Мн., 2000. – Ч. 8. – С. 98.
2. Ляхевич Г. Д. Теоретический анализ структуры и надежности битумно-полимерных материалов, применяемых для гидроизоляции мостовых и тоннельных конструкций // Диагностика эксплуатационного состояния автомобильных дорог, новые технологии их ремонта и содержания: Докл. междунар. науч.-техн. конф. – Мн., 1998. – С. 73–78.
3. Проблемы эксплуатации мостовых конструкций в неблагоприятных экологических условиях / Г. Д. Ляхевич, А. Л. Максименко, В. Г. Пастушков, В. А. Гречухин // Наука – образованию, производству, экономике: Реф. докл. междунар. науч.-техн. конф. – Мн., 2003. – С. 19.
4. Ляхевич Г. Д. Рентгеноскопическое, электронно-скопическое и дериватографическое исследование твердой фазы вяжущих на основе полимерных материалов // Проблемы развития сети и улучшения эксплуатационных качеств автомобильных дорог местного назначения и внутрихозяйственных дорог колхозов и совхозов: Материалы респ. науч.-техн. конф. – Мн., 1984. – С. 141–145.
5. Ляхевич Г. Д., Максименко А. Л., Гречухин В. А. Теоретическое обоснование выбора гидроизоляции для мостов, подверженных вибрационному воздействию // Наука – образованию, производству, экономике: Реф. докл. междунар. науч.-техн. конф. – Мн., 2003. – С. 19.
6. Ляхевич Г. Д., Максименко А. Л., Пастушков В. Г. Теоретические аспекты и экспериментальные исследования адгезионного взаимодействия полидисперсной системы «битумно-полимерное вяжущее – цементобетонная поверхность» // Вестник БНТУ. – 2003. – № 2. – С. 13–17.