

Контроль качества работ при содержании, ремонте и реконструкции мостов

В.И. ШЕСТЕРИКОВ, д.т.н., ФГУП «РОСДОРНИИ»

Вопрос контроля качества дорожных сооружений и, в частности, мостовых сооружений, является частью общей отраслевой проблемы качества автомобильных дорог. Работы в рамках этой проблемы особенно активно ведутся последние 20 лет. Был создан фундамент, на котором мы можем сегодня развивать известные положения и подходы и создавать новые. Систему контроля качества невозможно отделить от системы эксплуатации, системы надзора, системы оценки состояния, системы проектирования и планирования.

Обеспечение качества мостовых сооружений подчиняется общеизвестным принципам системы управления качеством автомобильных дорог:

1. Комплексность — в едином комплексе рассматриваются процессы управления качеством на всех стадиях создания и функционирования сооружения (ТЭО, проектирование, строительство, содержание, ремонт, послеремонтная эксплуатация).

2. Системность — система управления качеством мостов в отрасли постоянно совершенствуется, сегодня она имеет официальное название «Система управления состоянием мостовых сооружений» — СУЭМ. В ней соблюдаются основные принципы системного подхода:

- увязка с системой эксплуатации и структурой работ, выполняемых на мосту,

- увязка с системой надзора через номенклатуру показателей качества (состояния),

- наличие постоянно обновляющейся и объективной информации об объекте управления, наличие обратной связи,

- систематический контроль качества и регулирование его уровня (регулирование состояния и финансов).

3. Иерархичность — существует строгое подчинение элементов низших рангов высшим подсистемам (например, от качества детали или участка элемента к качеству конструкции, системы конструкций и сооружения в целом).

4. Динамичность — предполагается, что формируемая в настоящее время отраслевая СУЭМ будет предусмат-

ривать непрерывный анализ изменения параметров подсистем и элементов, корректировку подходов или модернизацию подсистем. Например, автоматизированная база данных по мостам (БДМ), эксплуатирующаяся в настоящее время, является третьей базой за 35 лет (первая БДМ в России и в Европе была разработана в 1970–73 гг.). Намечается ее очередная модернизация, как и модернизация системы надзора, системы оценки состояния (качества), системы содержания и т.д.

5. Квалиметрический подход — только в настоящее время в процессе модернизации системы управления мостами представляется возможным в полной мере использовать количественную оценку качества на всех стадиях функционирования сооружения.

К сожалению, сегодня пока еще не все изложенные принципы реализуются в полной мере. Но процесс модернизации СУЭМ начался, и он включает много новшеств в части контроля качества (контроля состояния), направленных на сохранность наших сооружений и продление периода работоспособного состояния.

I. Контроль качества выполненной работы на разных этапах.

Обоснование инвестиций — начальный этап создания конструкций. Предполагается, что создаваемая СУЭМ будет затрагивать вопросы качества конструкций уже на стадии обоснования инвестиций. В первую очередь это будет касаться правильного определения эксплуатационных затрат будущего сооружения, которые зависят от правильности выбора модели старения бетона, металла и конструкции. Ранее

моделированием процесса старения несуществующего моста, то есть фактически на виртуальном уровне, мы никогда не занимались. Однако исследования последних 15 лет, направленные на определение закономерностей старения различных конструкций в различных климатических зонах, и получение огромного статистического материала сделали решение этой задачи вполне возможным.

На сегодня имеются «нормативные» графики старения для большого числа конструкций. Они разработаны в 2003 г. и предполагалось этот материал издать в виде ОДН «Нормы износа и срока службы мостовых конструкций», но с выходом закона «О техническом регулировании» работа ГП «РОСДОРНИИ» так и не утверждена Росавтодором, хотя и была принята.

Технико-экономическое сравнение различных конструкций моста на стадии ОИ позволяет определить основные характеристики сооружения, в первую очередь показатели долговечности (доремонтный период эксплуатации, межремонтные сроки, сроки службы), достижение которых возможно при минимальном (оптимальном) финансировании. То есть, откорректировав существующие требования к ОИ, мы имеем возможность предусмотреть конструкцию с лучшими показателями качества.

Проектирование — важнейший этап создания конструкции, в котором закладываются все плюсы и минусы будущего сооружения. Проверка качества проектирования — освоенный этап контроля, осуществляемый отраслевой и государственной экспертизой. Но объективно оценить качество проекта, как говорят «на 100%», все равно не получается, несмотря на наличие квалифицированных мостовиков-экспертов. Здесь две причины:

- отсутствие большого количества нормативных документов, определяющих требования к конструкциям;

- незнание некоторых положений самими экспертами, из-за чего пред-

почтение чаще всего отдается не экономически обоснованному варианту, а более удобному для подрядчика.

Вот некоторые примеры, подтверждающие первый случай:

- из-за отсутствия официальных отраслевых или государственных требований к гидроизоляции мостов применяют изоляционные материалы, непригодные для той или иной конструкции в реальных условиях эксплуатации;

- из-за отсутствия требований к деформационным швам применяют конструкции, не только не имеющие ТУ, согласованных с дорожной службой, но и не отвечающие условиям эксплуатации (не проверены на выносливость, имеют малый срок службы при заданной интенсивности, не совместимы с реальной конструкцией одежды на мосту и дороге и т.д., — см. *рис. 1 и 2*);

- из-за отсутствия документа, обязывающего проектировщиков использовать новые решения в части водоотвода (например, продольные и поперечные дренажи), до сих пор утверждаются проекты не только без дренажа, но и без продольного уклона, обязательного по СНиП;

- из-за отсутствия четких требований к защитным материалам, применяемым для ремонта железобетонных конструкций, проектировщик не выбирает защитные системы из каталогов, а включает в проекты «рекомендованные» подрядчиком материалы; в результате намечаемый бездефектный период эксплуатации бетонных поверхностей (8÷10) лет снижается на практике в два и более раза.

В подтверждение второго случая надо сказать, что наметились тенденции возврата к принципу «новое всегда лучше старого», из-за чего бывают случаи, когда экспертиза согласовывает замену «конструкций в молодом возрасте». Незнание работ по долговечности конструкций приводит к существенному перерасходу средств. Отсутствие в проектах раздела «Прогнозирование» и выполнение ТЭО без учета прогноза изменения состояния эксплуатируемых мостов затрудняет объективную оценку вариантов.

Желательно откорректировать требования к составу проектной документации, которые создавали бы условия реализации принципа экономической целесообразности, упомянутой в отраслевой Концепции улучшения качества мостов.

Строительство — второй по важности (с позиции качества) момент



Рис. 1. Конструкция деформационного шва, разрушенная через 2 года после установки на ремонтируемом мосту (интенсивность 2 тыс. автомобилей в сутки по полосе, в том числе 25% грузовых)



Рис. 2. Конструкция деформационного шва, разрушенная всего через 3 года эксплуатации (интенсивность 10 тыс. автомобилей в сутки по полосе)



Рис. 3. Трещины в плите построенного сталежелезобетонного пролетного строения возникли из-за неправильной технологии раскручивания

создания конструкций. В проектировании и строительстве заложены основные резервы в увеличении периода бездефектной эксплуатации и периода сохранения качества (работоспособного состояния) конструкции. Однако наличие существующего авторского надзора и технического надзора заказчика оказывается сегодня недостаточным для предупреждения нарушений требований проекта. Оценка уже построенного с недостатками сооружения помимо простой фиксации «ущербного» моста ничего не дает. Нужны упреждающие меры. Вот четыре примера.

Пример 1-й. Отсутствие контроля за технологией опускания сталежелезобетонного пролетного строения (снятие усилия выдомкрачивания с промежуточной опоры) привело к резкому изменению напряженного состояния, из-

за чего по всей плите появились снизу трещины. Мост так и был сдан в эксплуатацию с трещинами (*рис. 3*). Теперь строительную ошибку не исправить. Содержание такого объекта обойдется вдвое дороже.

Пример 2-й. Раннее снятие утепления после зимнего бетонирования привело к размораживанию на 2-й год эксплуатации монолитного бетона. Переделывать конструкции не стали, из-за чего сегодня встает вопрос о ремонте моста (в возрасте 5 лет!).

Пример 3-й. Из-за плохого качества крепления закладных деталей перед их установкой и бетонированием, при наезде на ограждение легкового автомобиля закладная деталь была выдернута с места (усилие удара 10% от расчетного). А что будет, если на этом мосту произойдет ДТП с наездом на ограждение грузового автомобиля? Исправление анкеровки закладных деталей под стойки обойдется теперь в половину стоимости ограждений.

Пример 4-й. Перед сдачей моста выяснилось, что под балки пролетных строений установлены не те, что нужно, резиновые опорные части. Подрядчик вынужден был поменять опорные части с привлечением специализированной организации и сложной технологии подъема (поднимались одновременно 12 балок пролетного строения). Опять лишние расходы!

Целесообразно повысить требования и узаконить (например, предусматривать в смете) технологический контроль заказчиком или независимой организацией. При сложности устранения уже сделанного брака было бы правильным компенсировать за счет подрядчика увеличение эксплуатационных расходов. Методическая основа для определения объема компенсации имеется.

Содержание — в намечаемых к переработке в 2006 г. «Методических рекомендациях по содержанию» будут предусмотрены работы по проверке состояния элементов сооружения после выполнения работ по профилактике и планово-предупредительных работ (ППР). Особенностью этого нововведения является полная взаимоувязка контроля качества выполненных работ при содержании с классификацией работ по содержанию и системой надзора. Последняя предусматривает:

- постоянные осмотры (1 раз в 10 дней), осуществляемые организацией, выполняющей по контракту работы по содержанию моста, и контролируемые

заказчиком (с использованием штрафных санкций);

- периодические осмотры, осуществляемые заказчиком 2 раза в год с контролем качества выполненных профилактических работ;

- выполняемую специализированной организацией 1 раз в 5 лет диагностику, которая одновременно должна дать оценку качества выполненных ППР.

Пока отсутствуют документы, расшифровывающие требования к дополнительным работам (по сравнению с обычными при диагностике), но в программе диагностики 2006 г. эти работы в порядке эксперимента уже были заложены. При положительном завершении экспериментальных работ по контролю ППР при диагностике, схема контроля качества содержания может считаться отработанной.

Оценка состояния сооружения — предложен новый подход к оценке состояния (оценке качества) сооружений. Основной особенностью этого нового подхода является его увязка с системой надзора и классификацией работ. Нормы 1981 г. (ВСН 4-81) предусматривали три категории состояния сооружений, обозначаемые оценочными баллами 4, 3 и 2. При изменении этого подхода было учтено, что, когда сооружение находится в нормальном состоянии и не имеет значительных повреждений, упрощается и оценка состояния. Поэтому оценка качества на этой стадии функционирования сооружения оставлена за заказчиком. И только при обнаружении значительных повреждений оценка состояния дается специализированной организацией, которую заказчик привлекает к диагностике.

Однако часто возникают случаи, когда и при диагностике не представляется возможным дать объективную оценку состояния. В этом случае проводят детальное инструментальное обследование. Но и оно иногда не может дать ответа на вопрос — каково качество сооружения и что с ним делать. Тогда, как это принято и во многих других странах, для объективной оценки состояния проводят мониторинг — исследование работы сооружения в течение продолжительного периода времени.

Предполагается переход на семибалльную оценку, при которой элементы и все сооружение относятся к 7 категориям состояния. Они определяют семь видов работ при эксплуатации (от ухода до реконструкции), и в системе надзора будет предусмотрено семь видов осмотра — постоянный осмотр, периоди-

ческий осмотр, диагностика, обследование, предпроектное обследование и мониторинг. При каждом из них выставляется оценка, то есть оценивается и качество конструкций.

Схематическое изображение рекомендуемого подхода к оценке качества через классификацию состояния приведено на *рис. 4*, на котором представлен условный график накопления повреждений конструкции из-за различных причин. Оценивая состояние эксплуатируемого сооружения, например, по показателю износа, можно не только определить категорию состояния и дать оценку числом (качество сохранено при оценке 5 и 4, качество не сохранено при оценке 2 и 1), но и установить вид воздействия, обеспечивающего перевод сооружения из некачественного в качественное.

Ремонт — на этапе планирования и подготовки ремонта контрольные функции осуществляются трижды:

- при проведении диагностики, в процессе которой будет установлено, что мост имеет такой показатель качества (состояния), при котором необходимо выполнять именно ремонт;

- при проведении предпроектного обследования, когда оценка не только уточняется, но и дается прогноз ее изменения (перехода сооружения в другое состояние);

- после проектирования (экспертиза проекта), когда возможны проблемы, упомянутые в начале статьи.

На завершающем этапе осуществляют оценку качества уже отремонтированного объекта, не вскрывая погрешностей, допущенных на отдельных операциях. О недостатках использования только этого вида контроля уже говорилось. А о путях преодоления этих недостатков речь пойдет дальше.

II. Контроль качества работ в процессе их выполнения.

Самая эффективная мера — осуществление постоянного пооперационного контроля, которое в России получило название «техническое сопровождение». Эффективность сопровождения можно увидеть из анализа первого опыта осуществления подобных работ, полученного в рамках реализации Программы ремонта с использованием средств кредита Международного банка реконструкции и развития (1998–1999 гг.). Из таблицы, приведенной ниже, видно, что при отсутствии сопровождения количество мостов с оценкой состояния «хорошо» после ремонта практически не увеличивается, а 25% плохих мостов (состояние «неуд.» и «аварийно») не переводится в другую — лучшую категорию состояния.

В то же время при наличии сопровождения, то есть постоянного контроля выполнения ремонтных работ, почти все сооружения, имевшие оценки «неуд.» и «аварийно», после ремонта получили оценку «хорошо». Думаю, что эти официальные цифры являются очень убедительным аргументом в пользу работ по постоянному сопровождению. Они могут проводиться как при проектировании, так и непосредственно при строительных работах.

Сопровождение при проектировании ремонта или реконструкции мостовых сооружений заключается в оказании помощи проектировщикам в:

- прогнозировании состояния конструкций,

- назначении для сравнения стратегий эксплуатации, включающих как «нулевую» стратегию (без капитальных вложений), так и «рабочие» стратегии с использованием в различной комбинации ППР, ремонта, капитального ремонта, реконструкции;

Таблица 1.
Результаты работ по сопровождению ремонта (кредит МБРР)

Состояние мостов	Количество сооружений, шт.	
	до ремонта	после ремонта
А. Без сопровождения		
Общий объем выборки	33	33
В том числе с оценкой:		
• хорошо	0	2
• удовлетворительно	11	26
• неудовлетворительно	18	5
• аварийно	4	0
Б. С сопровождением		
Общий объем выборки	62	62
В том числе с оценкой:		
• хорошо	0	45
• удовлетворительно	14	17
• неудовлетворительно	43	0
• аварийно	5	0



Рис. 5. Некондиционная балка в новом сооружении

● экономическом обосновании наиболее эффективной стратегии на основании технико-экономических расчетов;

● применении новых технологий, конструкций, материалов.

При проектировании могут быть проанализированы и варианты по конструктивному исполнению ремонта или усиления.

Сопровождение при ремонте, строительстве (реконструкции)

предусматривает постоянную технологическую проверку, в которой можно выделить следующие конкретные работы:

● контроль поступающих на стройку материалов и конструкций (бетонная смесь, арматура, железобетонные конструкции, изоляция, стальные конструкции, опорные части, деформационные швы и др.) как по показателю «качество», так и по наличию соответствующих документов, в том числе сертификатов;

● проверка условий хранения материалов;

● контроль правильности установки или укладки конструкций или материалов;

● проверка последовательности выполнения работ и соответствия существующим предписаниям и технологическим картам;

● оценка изменений или отступлений от проекта, неизбежных при любом строительстве, с позиции качества.

Наличие упомянутых работ по обеспечению качества позволит исключить случаи применения некондиционных конструкций и материалов (на рис. 5 приведен пример установки в пролетное строение некондиционной железобетонной балки, которая еще до монтажа требовала ремонта), а также технологических нарушений, резко

ухудшающих показатели долговечности конструкций. А ведь общеизвестно, что повышение долговечности мостов — это прямая экономия средств на их эксплуатацию.

В определенных случаях вполне допустим выборочный контроль технологии с учетом наличия авторского надзора проектной организацией (эпизодические выезды на мост, в основном для согласования изменений), внутреннего технического контроля у подрядчика и периодического посещения объекта заказчиком с контрольными функциями. Однако пока, к сожалению, отсутствует документ, в котором была бы проведена граница между постоянным и выборочным контролем.

Опыт работы ГП «РОСДОРНИИ» по обследованию, проектированию, прогнозированию, надзору за качеством ремонтных работ дает мне возможность сформулировать условия, при которых необходим постоянный технологический контроль при ремонте (реконструкции). Прежде всего, это касается внеклассных мостов (длина ≥ 500 м) с пролетами более 33 м в железобетонном исполнении и более 63 м для сталежелезобетонных пролетных строений. Постоянный надзор следует выполнять и на мостах с пролетными строениями, перекрывающими пролеты свыше 100 м, а также по пролетным строениям со стальной ортотропной плитой, независимо от длины сооружения.

Оправданным был бы постоянный надзор и для опытных или экспериментальных сооружений, где используются новые технологии и материалы. В качестве примера хочу сослаться на ремонт моста с балочно-подвесными железобетонными пролетными строениями (постройки 1938 г.), восстановление которого осуществлено в 2003 г. взамен

первоначального решения о его замене на новый со стальными пролетными строениями. На этом мосту (мост через р. Протву на а/д М-3 «Украина» — рис. 6) осуществлялся надзор за следующими новыми технологиями:

● замена слабого бетона защитного слоя на новый с усилением его холстами на базальтовой основе;

● трехстадийная система очистки старой арматуры от ржавчины;

● замена бетона в растянутой зоне и разрушенных участках сжатой зоны полимербетоном;

● двухстадийное бетонирование плиты проезжей части, обеспечившее более равномерную загрузку несущих конструкций;

● применение новых деформационных швов и ограждений;

● технология усиления «столиков» с регулированием опорных реакций и усилением концевых участков лентами.

Использование новых технологий при постоянном контроле позволило отодвинуть теоретический момент замены сооружения на новое минимум на 45 лет, а время до очередного ремонта — на 25-30 лет. Строительные затраты сокращены примерно на 40 млн. рублей.

Требования к выборочному технологическому контролю также сегодня известны, но и они пока нигде документально не оформлены. В частности, неполный перечень работ, качество которых обязательно следует проверять в течение всего периода их выполнения, может быть представлен в следующем виде:

● уплотнение земляного полотна в сопряжении с мостом (включая конуса);

● устройство деформационных швов;

● устройство дорожной одежды на всех мостах, включая тщательный контроль материалов;

● процесс подготовки арматуры и вязки каркасов, включая установку закладных деталей;

● монолитные бетонные работы, включая бетонирование при отрицательных температурах, с обязательной проверкой качества смеси, доставляемой на стройку каждой машиной;

● усиление несущих конструкций.

Обобщая все сказанное о контроле качества работ при эксплуатации мостового сооружения, подчеркнем: бесспорно, эта работа может обеспечить существенное повышение срока службы сооружения. Этот вывод хорошо иллюстрируется графиками накопления повреждений (изменения каче-

а) Восстановление «столиков» и концевого участка подвесного пролета.



б) Механическая очистка арматуры игольчатым прибором. Обработка металла и подготовка конструкций к бетонированию



Рис. 6. Работы, выполняемые под постоянным контролем, при ремонте моста через р. Пахру

ства элементов и конструкций), приведенными на рис. 7. В частности:

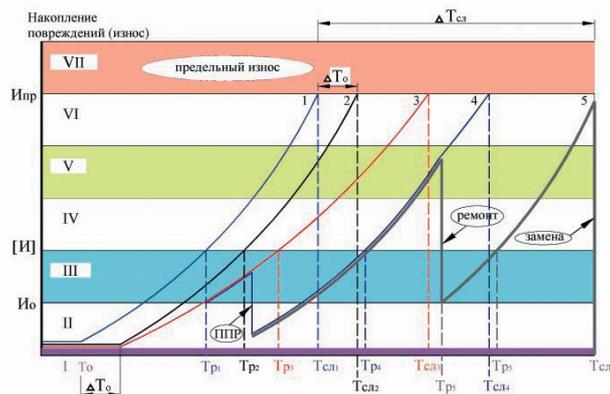
а) осуществление контроля качества за проектированием и строительством дает возможность продлить период бездефектной эксплуатации на величину ΔT_0 (графики 1 и 2 на рис. 7);

б) дополнительное снижение темпов накопления повреждений (темпов износа) дает увеличение срока службы — в основном благодаря контролю своевременности и качества работ по уходу и профилактике (график 3 на рис. 7);

в) дополнительные работы по содержанию (ППР) и контроль за их выполнением отодвигают время неизбежного ремонта (график 4 на рис. 7);

г) проведение ремонта в обоснованное при проектировании время и без нарушения технологий способствует достижению большей продолжитель-

Рис. 7. График накопления повреждений в конструкциях при различных стратегиях эксплуатации: 1–5 — стратегии эксплуатации, I–VII — категории состояния



ности послеремонтной эксплуатации (график 5 на рис. 7);

Таким образом, отделить систему контроля качества от системы эксплуатации, системы надзора, системы оценки состояния, системы проектирования и планирования, а в целом — от Системы управления эксплуатацией мостов (СУЭМ) невозможно.

Необходимость совершенствования системы управления обеспечения качества мостовых конструкций очевидна. Для реализации этой важной для дорожного хозяйства задачи имеются проекты первоочередных методических отраслевых документов, которые уже долгое время ждут рассмотрения и утверждения в Росавтодоре.

Автор статьи отдает себе отчет в том, что создание Системы управления эксплуатацией мостов, включая Систему обеспечения их качества, потребует дополнительных финансовых средств. Однако увеличение финансирования на эти цели (от 1 до 5% средств, выделяемых на строительство, содержание, ремонт и реконструкцию мостовых сооружений) значительно ниже выгоды, которую можно получить от повышения качества конструкций. Основная часть этой выгоды будет следствием повышения долговечности конструкций — подсчитано, что увеличение показателей долговечности всего на 1 год сокращает затраты на эксплуатацию и потери на транспорте на величину не менее 30 руб. с 1 м² площади моста.

Если нам удастся исключить многочисленные случаи необоснованного принятия решения заказчиком, проектировщиком или экспертизой об условиях эксплуатации сооружений, в частности, об их перестройке без достаточного технико-экономического обоснования, учитывающего состояние сооружения и прогноз его изменения, станет вполне реальным увеличение количества качественных сооружений за 5–8 лет вдвое (с 25 до 50%) и увеличение срока их службы не менее чем на 15 лет.