

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ (ОБСЛЕДОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ, МОНИТОРИНГ) И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ В НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТАХ

Александр Ильич Васильев

ЗАО «Институт ИМИДИС», директор по науке, д.т.н.

Мостовые сооружения находятся в более тяжелых условиях по сравнению со зданиями любого назначения. В основном отличия сводятся к следующим моментам.

- *Подвижной и динамический характер* полезных нагрузок (от транспортных средств и пешеходов) и их *значительная изменчивость*. Отсюда возникает многовариантность установки расчетных нагрузок на мосту, переменные и зачастую знакопеременные напряжения в сечениях конструктивных элементов, необходимость их проверки на выносливость. Покрытие моста испытывает сдвигающие усилия от нагрузок, истирание, возникает колейность, трещины, выбоины.

- Более *интенсивные* природные и техногенные воздействия, *всесезонный* режим работы. Все мостовые конструкции находятся на открытом воздухе и ощущают все воздействия погоды: перепады температуры, дожди, испарения, снег, наледи, переменные горизонты воды и т.д. Естественно, это не проходит бесследно. Появляются протечки, морозные разрушения и самый страшный враг, своего рода «онкология» мостов – коррозия, которая усугубляется обработкой поверхности проезжей части и тротуаров хлористыми солями, наносимыми для борьбы с наледями.

- Большая *протяженность* несущих конструкций и одновременно относительно небольшая их жесткость. Возникают значительные изгибающие и сдвигающие усилия в балочных конструкциях и, соответственно, высокие напряжения, что требует выполнения сложных расчетов и тщательного подбора сечений.

- *Многообразие* конструктивных элементов, взаимосвязанных, но в то же время несущих разную функциональную нагрузку. Это диктует необходимость как большого объема проектной работы, так и натуральных исследований с целью проверки соответствия выполненных конструкций проекту и нормативным требованиям.

Специфические функциональные потребительские свойства мостов:

- грузоподъемность;
- пропускная способность;
- безопасность и комфортность движения транспорта и пешеходов;
- долговечность.

1. Комплекс натуральных исследований мостов

Перечисленные выше особенности определяют специфику натуральных исследований мостов.

Целью натуральных исследований мостов является оценка их технического состояния и разработка рекомендаций по эксплуатации и, при необходимости, ремонту.

Техническое состояние мостовых сооружений определяется уровнем их функциональных потребительских свойств, а именно: грузоподъемности, пропускной способности, безопасности и комфорта движения и, естественно, долговечности. Задачи натуральных исследований заключаются в оценке уровня каждого из этих свойств. При этом разные элементы отвечают за разные потребительские свойства, и поэтому для их оценки может потребоваться разная информация.

Рассмотрим для примера состав исследований для оценки грузоподъемности мостовой конструкции.

Грузоподъемность моста – это характеристика, определяющая максимально допустимые весовые параметры транспортных средств и пешеходного движения, а также режимы их пропуска по этому мосту.

В таблица представлены виды таких исследований.

Вид исследования	Грузоподъемность
	Определяемые параметры
Обследование	
Сбор предварительной информации о сооружении	<ul style="list-style-type: none"> - Техническая документация (проектная, исполнительная и др.); - нормы проектирования; - нормы нагрузок; - данные по грунтам оснований; - данные предыдущих обследований и испытаний; - данные по ремонтам; - действующие ограничения по массе автомобилей, скорости движения и дистанции между ними.
Обмеры конструкций	<ul style="list-style-type: none"> - Размеры сечений несущих элементов и поперечника мостового полотна; - данные по толщине асфальтобетонного покрытия.
Визуальное освидетельствование, оценка повреждений	<ul style="list-style-type: none"> - Повреждения и деформации несущих элементов, влияющие на несущую способность: механические, силовые, коррозионные; - дефекты и повреждения сварных и болтовых соединений; - затруднения для предусмотренных проектом деформаций и перемещений пролетных строений и опор; - просадки и повороты опор.
Инструментальные исследования	<ul style="list-style-type: none"> - Прочность бетона; - карбонизация и насыщение хлоридами защитного слоя бетона; - силы предварительного натяжения арматуры; - класс стали; - хладноломкость металла; - качество сварных швов и болтовых соединений; - продольный профиль пролетных строений по нижнему поясу.
Испытания	
Статические испытания	<ul style="list-style-type: none"> - определение фактической пространственной работы (коэффициенты поперечного распределения, редуцированные коэффициенты); - определение прогибов от временной нагрузки; - определение конструктивных коэффициентов
Динамические испытания	<ul style="list-style-type: none"> - определение фактического динамического воздействия; - определение собственных периодов колебаний; - определение аэродинамических характеристик моста
Мониторинг	

Мониторинг строительства	- Мониторинг напряженно-деформированного состояния несущих конструкций в процессе строительного-монтажных работ по специальной программе.
Мониторинг эксплуатации	- Мониторинг напряженно-деформированного состояния несущих конструкций в процессе эксплуатации по специальной программе; - мониторинг развития повреждений, влияющих на грузоподъемность; - мониторинг обслуживающих мост инженерных систем (система безопасности, АСУДД, энергоснабжение).
Анализ	
Расчеты и оценка	- Расчеты усилий с учетом фактического состояния конструкций от нормативной и испытательной нагрузок; - классификация несущих элементов пролетных строений, опор и фундаментов по грузоподъемности в схемах действующих нормативных нагрузок АК и НК.
Рекомендации	- По режиму пропуска по мосту автомобилей и автопоездов; - по ремонту или усилению несущих элементов.

2. Краткая характеристика этапов натурных исследований мостов

2.1. Обследования

В зависимости от поставленных целей есть разные виды обследований. Так, в ОДМ 218.3.014-2011 «Методика оценки технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах», разработанной МИИТом и принятой Росавтодором, перечислены 9 видов обследований.

Из всего разнообразия типов обследований с размытыми границами можно сосредоточиться на следующих:

- приемочные, после завершения строительства, реконструкции и капитального ремонта, плюс, если требуется, испытания;
- штатные, один раз в 5-10 лет, в зависимости от сложности конструкции и состояния моста;
- предпроектные;
- специальные.

Во всех случаях должен составляться научно-технический отчет с рекомендациями и технический паспорт моста.

2.1.1. Сбор и анализ имеющейся предварительной информации о сооружении, обмеры

Этот начальный этап обследования конструкций имеет очень большое значение, хотя, к сожалению, ему не всегда уделяется должное внимание.

В наиболее полном виде информация о мосте, полученная на этом этапе обследования, должна включать следующие основные моменты:

- *проектные характеристики сооружения* (год постройки, нормы проектирования, нагрузки, номера типовых проектов, основные размеры и т.п.). Особенно следует отметить сведения (или указать отсутствие таковых) о геологическом строении грунтов в створе моста. К сожалению, грунтовые условия являются, пожалуй, самым слабым местом в документации на мост и зачастую просто отсутствуют;
- *историю эксплуатации*, включающую описание различных форс-мажорных случаев (дорожно-транспортные происшествия с повреждением конструкции, стихийные явления и др.), время появления и степень развития технологических, силовых и коррозионных повреждений;
- *характеристики автомобильного и пешеходного движения* в пределах моста;

- *перспективы развития* участка автодороги, на котором находится исследуемый мост.

Чем полнее удастся собрать предварительные сведения о сооружении, тем более обоснованными будут оценки его функциональных потребительских свойств.

Недостающую информацию вследствие отсутствия или неполноты технической документации приходится восполнять путем *непосредственного обмера конструкций*.

2.1.2. Визуальное освидетельствование конструкции

Визуальное освидетельствование, безусловно, один из ключевых этапов натурального исследования мостов, который предполагает подробный осмотр всех элементов сооружения, выявление дефектов и повреждений, проверку качества соединений.

Осмотр следует проводить с максимально близкого расстояния. К сожалению, даже при наличии устроенных по проекту смотровых ходов, подобраться близко к несущим конструкциям далеко не всегда удается. В этом случае следует предусматривать визуальный осмотр конструкций с помощью бинокля, а еще лучше, видеокамеры с оптикой высокого разрешения. По результатам освидетельствования составляются ведомости неисправностей (дефектов и повреждений), а также кроки с расположением наиболее существенных из них, и выполняется анализ с выводами и рекомендациями по их учету и устранению.

Каждую характерную группу дефектов и повреждений необходимо рассматривать с пяти позиций:

- *описание дефекта и повреждения*, с указанием адреса, размеров, повторяемости по длине или поверхности элементов;
- *причины возникновения*;
- *прогноз развития*;
- *влияние на потребительские свойства моста*;
- *рекомендации по устранению или консервации*.

Только такой подход позволяет достаточно полно оценить физическое состояние моста и выработать эффективные рекомендации по лечению его болезней.

Отметим, что такого рода анализ носит универсальный характер и применим для осмысления и поиска решения как глобальных проблем, так и частных задач.

2.1.3. Инструментальные исследования

Целью инструментальных исследований является оценка состояния материалов конструкции, а также выявление и уточнение размеров неисправностей, обнаруженных при осмотре конструкций.

Инструментальные исследования играют все более заметную роль в обследовании и оценке потребительских свойств мостовых сооружений. Их перечень расширяется, многие из них, совсем недавно считавшиеся факультативными, сегодня являются совершенно необходимыми. Это вызвано, с одной стороны, требованиями более глубокого знания состояния стареющего мостового хозяйства с целью его эффективного содержания, а с другой – резко возросшими техническими возможностями, в том числе, появлением современной электронной измерительной аппаратуры, и прежде всего, с применением компьютеров, что позволяет широко применять системный анализ результатов исследований.

Приведем здесь перечень конкретных измерений, которые в полном объеме или частично выполняются при обследовании мостов:

- измерения, определяющие *конфигурацию* сооружения и подмостового пространства (в основном, с применением геодезических инструментов);
- измерения *размеров неисправностей*;
- исследования *свойств и состояния материалов* мостовых конструкций;
- исследование *напряженного состояния* мостовых конструкций.

Очень важное значение имеет исследование начального напряженного состояния. В процессе эксплуатации моста могут происходить изменения напряженно-деформированного состояния конструкций. Это случается, когда при строительстве имело место регулирование усилий (предварительное напряжение обжатием, подъем или опускание пролетного строения на опорах, натяжение вант, применение временных шпренгелей и т.п.), а в дальнейшем эффект регулирования усилий снизился. Кроме того, во время эксплуатации могли измениться упругие свойства материалов (например, вследствие ползучести и усадки бетона, релаксации напряжений в металле). В этих случаях определить несущую способность становится затруднительно.

Например, на мосту через р. Дон у г. Аксая, имевшему балочную неразрезную систему, по проекту предусматривалось регулирование усилий в этой системе на стадии строительства. Однако осуществить это не удалось. Строители запутались в многочисленных этапах регулирования, и намечаемое начальное напряжение не было создано.

Поэтому определение начального, т. е. фактического напряженно-деформированного состояния конструкций от постоянных нагрузок, представляет собой актуальную задачу. Однако решить эту задачу очень непросто.

Известен инструментальный способ измерения начальных напряжений в конструкциях, так называемый *метод разгрузки*. Он заключается в том, что по датчику, установленному в некоторой точке (например, по тензорезистору, наклеенному на поверхность), берутся «нулевые» отсчеты напряжений. Затем место установки датчика окружается надрезами, чтобы снять в нем напряженное состояние, после чего берется повторный отсчет. Разница между отсчетами и позволяет вычислить напряжение в этой точке. Следует отметить, что для получения надежных результатов при этом способе, который не является неразрушающим, необходимо выполнить довольно много таких трудоемких измерений. Это сложно, дорого и повреждает конструкцию.

В ИМИДИСе кандидатом технических наук М. Л. Хазановым разработан способ так называемой *частичной разгрузки*, который сводит к минимуму вмешательство в тело элемента.

2.2. Испытания

2.2.1. Статические испытания

Испытания мостовых конструкций занимают ключевое место в системе натурных исследований, поскольку создают уникальную возможность одновременно проверить качество расчета, проектирования, изготовления и монтажа конструкций, оценить фактическую грузоподъемность и жесткость сооружения, а также влияние на эти характеристики всех видов неисправностей. Таким образом, испытания представляют собой, пожалуй, наиболее информативный элемент системы контроля качества законченного сооружения.

По целям, объемам и методам проведения испытания мостов можно подразделить на два основных вида:

- приемочные испытания новых или реконструированных сооружений;
- испытания эксплуатируемых сооружений.

Целью *приемочных испытаний* является оценка возможности введения моста в эксплуатацию под проектные нагрузки, то есть проверка грузоподъемности и жесткости мостовых конструкций.

Такая оценка может быть получена при сопоставлении результатов измерений напряженно-деформированного состояния конструкций при загрузке его испытательной нагрузкой с соответствующими значениями, определенными расчетным путем. Естественно, что сами испытания во всех случаях должны предваряться обследованием, проводимым в полном объеме, включая изучение технической документации и освидетельствование конструкций.

В соответствии с действующими нормами СП 79.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 06.07-86 п. 4.5), испытаниям при приемке в эксплуатацию должны подвергаться:

- мосты с опытными и впервые применяемыми конструкциями, технологиями и материалами;
- вантовые, висячие, совмещенные и разводные мосты;
- стальные мосты с пролетами свыше 100 м, сталежелезобетонные мосты с пролетами свыше 80 м, железобетонные мосты с пролетами свыше 50 м;
- пешеходные мосты.

Наиболее чувствительными к воздействию нагрузок от автотранспортных средств и пешеходов являются пролетные строения. Поэтому, как правило, изучение напряженно-деформированного состояния проводится в отношении несущих элементов пролетных строений. Для каждого конкретного случая исполнителем испытаний (специализированной организацией, имеющей соответствующий допуск) составляется программа, которая должна быть согласована заказчиком и проектной организацией.

Как показывает опыт, для оценки соответствия работы сооружения принятым в проекте расчетным предпосылкам достаточно при испытаниях получить в характерных сечениях элементов эпюры нормальных напряжений по высоте сечения и измерить прогибы. При этом большое значение имеет рациональный выбор мест измерений и расположения испытательной нагрузки.

Испытательная нагрузка должна подбираться таким образом, чтобы в соответствии с СП 79.13330.2012 усилия от нее в любых элементах составляли для металлических мостов не более 90% и не менее 60%, а для железобетонных мостов – не более 80% и не менее 60%, от соответствующих усилий, вызываемых нормативной подвижной нагрузкой АК, взятой с динамическим коэффициентом.

Максимальный предел установлен из условия недопущения повреждений конструкций от испытательной нагрузки. Действительно, нормативная нагрузка должна охватывать с высокой степенью надежности (порядка 0,999) воздействия на сооружение всех реальных нагрузок в течение всего его срока службы – естественно, в нормальных условиях эксплуатации, т.е. без перегрузок, пробок и т.п. Превышение установленного максимального предела испытательной нагрузки чревато нанесением сооружению серьезных повреждений или даже аварией. К сожалению, имели место случаи обрушения мостов при испытаниях от перегрузки, например, моста в Литве в районе Игналинской АЭС в 1980-е годы, когда погибло несколько человек.

С другой стороны, для определения пространственной работы конструкций, которая почти всегда соответствует упругой стадии их напряженно-деформированного состояния, достаточно обеспечить минимальный предел испытательной нагрузки. Так, для железобетонных мостов чем выше испытательная нагрузка, тем вероятнее появление в результате испытаний трещин в бетоне, которые при эксплуатации могли бы и не появиться. Исходя из этого, целесообразно подбирать испытательную нагрузку в пределах 70% от нормативной.

Минимальный предел устанавливается для выявления скрытых дефектов, которые трудно или невозможно зафиксировать при осмотре.

Испытательная нагрузка формируется в виде колонн по возможности однотипных автомобилей, одинаково нагруженных. Чаще других используются автосамосвалы КамАЗ-55111 полной массой 20–25 т. Автомобили должны быть взвешены.

Оценка результатов статических испытаний получается путем сопоставления результатов измерений с соответствующими значениями, полученными расчетным путем.

Главным критерием этой оценки являются конструктивные коэффициенты k , определяемые как отношение измеренных ($S_{изм}$) и полученных расчетным путем ($S_{теор.}$) значений прогибов или напряжений

$$k = \frac{S_{изм}}{S_{теор.}}$$

Если $k < 1$, это означает, что конструкция работает в пределах, установленных проектом. Чем меньше величина k , тем больше запас прочности конструкции. Как правило, эти запасы имеют две составляющие:

- запасы вследствие неполного использования несущей способности конструкции;
- так называемые конструктивные запасы, вызванные включением в работу несущих элементов других конструкций, в расчетах не учитываемых (например, покрытие проезжей части, ограждения, перила и т.п.).

Обычно конструктивные коэффициенты составляют $0,6 \div 0,9$ для напряжений и $0,7 \div 0,9$ для деформаций (прогибов).

Если $k > 1$, это свидетельствует о несоответствии работы сооружения проектным предпосылкам и требует тщательного анализа и выявления причин такой ситуации. Последняя может быть связана с ненормальностями работы конструкций и требует в этом случае принятия специальных мер безопасности. Однако возможны и неточности в расчетах, когда потребуется их корректировка.

Следует отметить, что конструктивные коэффициенты в каждом случае надо определять только для наиболее нагруженных элементов при самом неблагоприятном для данного элемента расположении нагрузки. Для слабо нагруженных элементов значения конструктивного коэффициента могут значительно отличаться от единицы в обе стороны. Это обстоятельство, однако, никак не влияет на оценку грузоподъемности элемента.

2.2.2. Динамические испытания

Основная цель динамических испытаний при приемке новых или реконструированных мостов – проверка соответствия фактических значений динамических характеристик требованиям норм.

На протяжении многих десятилетий и до настоящего времени нормативными документами регламентируются следующие динамические характеристики пролетных строений:

- динамический коэффициент, учитывающий возможное превышение динамического воздействия подвижных нагрузок по сравнению с их статическим воздействием;
- периоды собственных колебаний пролетных строений;
- характеристики скорости затухания собственных колебаний пролетных строений (логарифмический декремент колебаний).

Как правило, динамические испытания заключаются в пропуске по мосту со скоростями от 10 до 50 км/ч одного или расположенных в шеренгу двух груженых автомобилей. Для имитации неровностей часть проездов осуществляется через порожек в виде досок высотой от 25 мм до 50 мм, положенных поперек моста, как правило, в среднем сечении пролета. В этом же сечении желательно установить приборы, регистрирующие колебания пролетного строения.

При проезде по мосту автомобиля и некоторое время после съезда его с моста записываются диаграммы прогибов или напряжений в его несущих элементах. Нельзя использовать диаграммы колебаний элементов связей, проезжей части, поскольку эти колебания носят местный характер и отличаются от аналогичных диаграмм для пролетного строения в целом.

Динамический коэффициент определяется как отношение максимальной ординаты прогибов (напряжений) с учетом амплитуды колебаний к статической составляющей измеряемого параметра. При помощи программ спектральной обработки определяется наибольшее значение статической составляющей $D_{ст.}$. Далее по диаграмме необходимо определить максимальную измеренную ординату $D_{макс}$ и вычислить динамический коэф-

фициент. Как правило, для определения периода собственных колебаний оказывается достаточно эксперимента, проведенного при измерении динамического коэффициента. Программы спектрального анализа позволяют из полученной записи выделить спектр форм собственных колебаний пролетного строения.

Логарифмический декремент колебаний d характеризует скорость затухания колебаний, то есть уменьшения их амплитуды. По определенным в результате динамических испытаний значениям периода и логарифмического декремента колебаний пролетного строения, а также по его геометрическим и упругим характеристикам можно оценить его аэродинамическую устойчивость. В частности, можно определить скорость поперечного по отношению к фасаду моста ветрового потока, при которой возникает опасность резонансных колебаний вследствие так называемого *вихревого срыва*. Такие расчеты были использованы при анализе раскачивания моста через Волгу в Волгограде.

3.3. Мониторинг

Применительно к отслеживанию во времени физического и напряженно-деформированного состояния конструкций мостовых сооружений термин «мониторинг» вошел в употребление относительно недавно, хотя на самом деле этот вид натуральных исследований имеет достаточно длинную историю.

Например, метромост через реку Москву в Лужниках. Сразу после окончания строительства в 1958 г. в железобетонных элементах этого моста, изготовленных с добавками хлористых солей, проявились признаки коррозии арматуры и разрушения защитного слоя бетона. Лаборатория испытания мостов Института транспортного строительства (ЦНИИС), начиная с 1959 г. вплоть до завершения реконструкции моста в 2002 г., практически непрерывно осуществляла контроль физического состояния балок и опор автопроезда, напряженного состояния арок. За это время трижды проводились испытания конструкций автопроезда. Физическое состояние элементов оценивалось по специально разработанной шкале. По результатам этих исследований проводилось усиление балок и стоек опор и в конце концов было принято решение о начале реконструкции моста.

Мониторинг является весьма дорогим мероприятием, поэтому решение о его проведении и программа должны быть тщательно обоснованы и содержать только самые необходимые компоненты.

Мониторинг мостов необходимо организовывать в следующих случаях:

- при строительстве и эксплуатации внеклассных и сложных по конструкции мостов;
- для металлических и железобетонных конструкций, в которых с целью повышения грузоподъемности по первой группе предельных состояний применено их дополнительное предварительное напряжение (регулирование усилий);
- для мостов с внешне статически неопределимыми конструкциями, в которых возможно появление дополнительных усилий и деформаций из-за геологических, гидрологических, оползневых и сейсмических явлений;
- для железобетонных конструкций, в которых возможна большая неопределенность длительных процессов, связанных с ползучестью, усадкой и температурными деформациями (разные возрасты бетона, сочетание сборных и монолитных конструкций и т.п.).

Кроме того, мониторинг часто бывает необходим при появлении серьезных повреждений в конструкциях транспортных сооружений вплоть до их устранения.

Для вантовых и висячих мостов, а также в других случаях, определяемых в заданиях на проектирование, следует составлять динамический паспорт моста, т.е. ведомость собственных частот колебаний несущих элементов с последующим мониторингом этих характеристик в период эксплуатации.

В общем случае мониторинг включает в себя следующие этапы:

- периодические натурные исследования (обследования, испытания);

- регулярные инструментальные измерения отдельных физических характеристик (напряжения, усилия в элементах, их прогибы, раскрытие трещин и т.п.) в течение длительного промежутка времени;
- анализ результатов с целью принятия управленческих решений.

Различают два основных вида мониторинга: *в процессе строительства* и *в эксплуатационный период*.

При строительстве целью мониторинга является контроль деформаций и напряжений в элементах сооружения в процессе его возведения. Заметим, что наиболее нагруженные элементы в этом случае могут не совпадать с таковыми в эксплуатационный период. При этом контроль должен осуществляться синхронно с этапами строительства.

Рассмотрим несколько характерных случаев из практики.

В настоящее время при монтаже пролетных строений мостов широко используется способ *тыловой сборки и продольной надвижки конструкций*.

Важнейшая задача при этом – контролировать деформации моста, и в первую очередь, отклонение верха опор при надвижке. Действительно, увеличение силы трения между пролетным строением и накаточными устройствами вследствие каких-либо непредвиденных обстоятельств чревато повреждением или даже обрушением опоры и пролетного строения.

В последние годы на ответственных мостовых переходах, играющих важную роль в транспортной инфраструктуре, на законодательном уровне закреплено требование мониторинга функционирования всей системы эксплуатации. Такой мониторинг должен включать не только контроль напряженно-деформированного состояния, но и режима движения (АСУДД), инженерных систем эксплуатации, а также отслеживание дорожно-транспортных происшествий и их последствий, воздействий внешней среды, систем охраны от вандализма и террористических актов. Естественно, при этом должны решаться вопросы сбора, передачи и обработки всей информации в едином центре управления эксплуатацией объектом.

Подобные системы мониторинга действуют на ряде крупнейших зарубежных мостах. В какой-то степени они реализованы и в нашей стране, в частности на известных мостах во Владивостоке, на мостах через реку Волгу в Твери и Волгограде.

Таким образом, мониторинг является важным, а в ряде случаев главным этапом натурных исследований, цель которых – оценка технического состояния сооружения.

4. Результаты исследований

4.1. Паспорт моста

Представляется, что паспорт моста должен выполнять две основные функции.

Во-первых, он должен содержать общие интегральные сведения о сооружении, позволяющие на уровне руководства дороги или регионального управления автодорог оценивать мост в ряду других транспортных объектов с позиций пропуска транспортного потока, организации маршрутов, планирования средств на содержание и ремонт, принимать стратегические решения. В этом плане он является как бы аналогом нашего гражданского паспорта и трудовой книжки.

Во-вторых, паспорт должен в компактном виде содержать материалы, позволяющие эксплуатационной организации осуществлять мониторинг состояния моста, а специализированным организациям – правильно оценивать его ресурс и определять необходимые оптимальные меры по режиму эксплуатации, ремонту, реконструкции. В нем должны быть зафиксированы результаты всех обследований и испытаний данного сооружения, первоначальные и измененные версии паспортов. Если сравнить техническое состояние сооружений со здоровьем человека, то паспорт моста следует рассматривать и как своеобразную «историю болезни». Это позволит проследить эволюцию потребительских свойств и составить обоснованные прогнозы его долговечности.

4.2. Критерии обеспеченности потребительских свойств

В свете перечисленных выше видов износа, для каждого потребительского свойства следует рассматривать три критерия, определяющие степень обеспеченности его потребительских свойств:

- *проектный критерий*, отражающий уровень потребительского свойства, предусмотренный при проектировании сооружения, по сравнению с нормативными требованиями. Как правило, этот уровень несколько выше требуемого по нормам, что обусловлено конструктивными причинами. Например, при подборе сечений несущих элементов толщины стальных листов, номера фигурного проката, диаметр арматуры выбирают из стандартных сортаментов, аппроксимируя требуемые сечения сверху. Иначе говоря, эпюра материалов должна быть объемлющей по отношению к эпюре усилий;
- *критерий по моральному износу*, отражающий соотношение проектного уровня с требованиями к данному потребительскому свойству, действующими в текущий период эксплуатации моста. Действительно, темпы возрастания параметров автомобильного или железнодорожного движения в целом по стране или на отдельных направлениях могут оказаться выше, чем было предусмотрено при нормировании. В этом случае еще до истечения срока службы мосты окажутся не в состоянии пропускать транспортные потоки без ограничений, т.е. имеет место их моральный износ;
- *критерий по физическому износу*, показывающий предельную степень потери исследуемого потребительского свойства на данный момент вследствие физического износа. Например, разрушение защитного слоя в стойках опор, работающих на сжатие, снижает их грузоподъемность, коррозия элементов перил отражается на безопасности движения пешеходов и так далее.

4.3. Рекомендации по дальнейшей эксплуатации моста

Рекомендации должны содержать перечень срочных мер, необходимых для продолжения безопасной эксплуатации моста, и соображения по общей стратегии содержания на длительный период времени.

К срочным мерам относятся: восстановление разрушенных ограждений и перил, если эти разрушения имеют характер, опасный для автотранспорта и пешеходов; заделка проломов и глубоких выбоин в покрытии проезжей части и тротуаров; ограничение движения по массе, скорости транспортных средств и интервалам между ними в той мере, которая обеспечит безопасность движения по мосту.

Стратегия эксплуатации на длительный период должна строиться на технико-экономической основе, исходя из оптимизации затрат на текущее содержание моста и дополнительных капиталовложений на его ремонты или реконструкцию.

В общем случае рассматриваются следующие альтернативные стратегии:

1) *«нулевой вариант»* – никаких ремонтных мероприятий не проводится в течение 3-5 лет до следующего обследования и принятия нового решения;

2) *«косметический»* ремонт, устраняющий мелкие дефекты и повреждения с целью обеспечения эксплуатации на короткий срок до предполагаемого более серьезного ремонта;

3) *ремонт или капитальный ремонт*, с целью восстановления проектного уровня функциональных потребительских свойств и продления срока службы на достаточно большой период (до 25 лет);

4) *реконструкция или полная перестройка* сооружения с целью достижения соответствия уровня функциональных потребительских свойств современным требованиям и продления полного срока службы моста до нормативной величины (для пролетных строений – 100 лет).

Следует отметить, что выбор стратегии содержания конкретного моста не всегда определяется указанными критериями, рассчитанными для данного объекта. Если ставит-

ся цель реконструкции транспортного маршрута, эти критерии определяются по всей группе мостовых сооружений, находящихся на этом маршруте.

5. Нормативные документы

В настоящее время основным нормативным документом, регламентирующим натурные исследования мостов, является СП 79.13330.2012 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний» (актуализированная редакция СНиП 06.07-86). Кроме того, существует ряд отраслевых дорожных документов по организации обследований и оценки их результатов. Сегодня ЗАО «Институт ИМИДИС» вместе с ЦНИИСом готовит предложения по расширению СП 79.13330.2012 в части обследований, динамических испытаний, испытаний, не принятых в эксплуатацию сооружений и ряд других.