

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МОСТОСТРОЕНИЯ

Новые тенденции в мостостроении

В последние годы мостостроение во всем мире, в том числе и в России, находится на подъеме. Это относится и к возросшему объему строительства, и к его качественному наполнению.

Новые тенденции проявились в значительном расширении спектра конструктивных и архитектурных форм мостовых сооружений, появлении новых строительных материалов и технологий, значительно сокращающих сроки строительства. Большую роль сыграло и использование компьютерной техники для контроля и управления технологическими процессами.

Эти тенденции обусловили возникновение новых проблем в мостовой отрасли, а именно: в нормировании, проектировании, в использовании новых материалов и технологий в строительстве, контроле качества на всех этапах жизненного цикла мостового сооружения.

Остановимся на упомянутых новациях и связанных с ними проблемах.

Новые конструктивные формы и технологии

Прежде всего, следует говорить о вантовых и висячих мостах, перекрывающих сверхбольшие пролеты. Отметим для примера мосты, построенные в Китае, Японии, Норвегии.

В ряду этих уникальных мостов, безусловно, находятся и недавно построенные ван-

товые мосты во Владивостоке: на остров Русский, с рекордным на сегодняшний день вантовым пролетом 1104 м (проект ОАО «Мостовик» и ОАО «Гипрострой-мост», Санкт-Петербург), и через бухту Золотой Рог, пролетом 737 м (проект ОАО «Гипростроймост», Санкт-Петербург).

Целесообразность строительства такого рода гигантских сооружений возникла, с одной стороны, в связи с дальнейшим развитием и совершенствованием транспортной инфраструктуры в больших городах, что связано с резким ростом автомобильного движения, а также архитектурными соображениями, и, с другой стороны, с продвижением транспортной сети на вновь осваиваемые территории.

При этом область экономически рациональных пролетов значительно сместилась в сторону увеличения их длины. В то же время появились новые материалы, технологии, возможности расчетов и проектирования в целом, позволяющие успешно реализовать такие проекты. В частности, значительно ускорила строительство технология продольной надвигки пролетных строений.

Важной и не решенной до сих пор проблемой, скорее экономической, чем технической, является отсутствие у нас конкурентоспособного производства высокопрочных канатов для вант.

При строительстве сверхбольших вантовых мостов мы используем за-

рубежные вантовые системы и сопутствующие технологии – например, фирм Freyssinet (Франция) и VSL (Швейцария). В принципе, освоение этих технологий не представляет собой неразрешимой задачи, но возникает зависимость от зарубежных партнеров в плане поставок материалов, оборудования, комплектующих изделий, специальной измерительной техники, и избавиться нас от этой зависимости иностранцы отнюдь не спешат.

Кроме того, возрастает роль технологической и производственной дисциплины и, соответственно, цена ошибки или небрежности. Например, при строительстве моста на остров Русский, которым мы справедливо гордимся, во время бетонирования одной из опор случился пожар. Сгорела технологическая оснастка, был поврежден бетон, и заменить его стоило большого труда и потерь времени.

Следует отметить также еще два вида мостов с гибкими несущими элементами, а именно: арки с гибкими подвесками («сетчатые арки») и так называемые экстрадозные мосты.

Арки с гибкими подвесками позволяют перекрывать до сих пор недостижимые для арочных систем пролеты в несколько сотен метров. Так, в Новосибирске завершается строительство моста через реку Обь с арочным пролетом 380 м (проект ЗАО «Строй-



Мост через бухту Золотой Рог во Владивостоке



Мост через реку Обь в Новосибирске, проект



Китай, мост Циндао Хайван, длина моста 42,5 км



Япония, мост Акаси-Кайке, подвесной пролет 1991 м

проект»). На этом мосту применяется очень непростая технология монтажа арочных элементов.

В экстрадозных мостах полая вантовая система представляет собой по существу шпренгели, что дает возможность увеличивать пролеты неразрезных мостов или уменьшать сечения пролетных строений. Вместе с тем, эта система, как говорят математики, «плохо обусловлена» и весьма чувствительна к точности натяжения вант.

В городах, и прежде всего в мегаполисах, достойное место занимают сегодня многоуровневые транспортные развязки с разнообразными очертаниями в плане, призванные решить проблемы городского автомобильного транспорта, связанные, как уже было сказано, с революционным ростом числа автомобилей в городах.

Еще одной особенностью современных городских мостовых сооружений является смещение акцента на модернистские архитектурные формы, принимающие порой весьма экзотический вид, и, видимо, вписывающиеся в новый этап развития архитектуры, на котором торжествует неканоническое мышление.

Основной проблемой строительства городских мостовых сооружений являются стесненные условия для размещения стройплощадки. Здесь остроумным выходом может оказаться предварительная сборка пролетного строения, ориентированного вдоль берега, с последующим его разворотом на специальном поворотном устройстве, как, например, поступили в Москве при строительстве пешеходного моста через реку Москву возле храма Христа Спасителя.

Много хлопот доставляет проектировщикам и строителям работа по переносу коммуникаций. Следует сказать, что коммуникации – это «головная боль» любого города: и мегаполиса, и районного центра. Они зачастую находятся в очень плохом состоянии, порой просто бесхозные, и их перенос при строительстве или реконструкции моста превращается в трудновыполнимую задачу. Представляется, что вопросы упорядочения прокладки и эксплуатации всех видов коммуникаций должны решаться в рамках специальных региональных или даже федеральных программ.

Хочется отметить еще одну наметившуюся тенденцию в мостостроении, которую можно назвать новым этапом индустриализации. Речь идет о сборно-монокрипных конструкциях. Действительно, железобетонные пролетные строения, включающие сборные балки прямоугольного или трапециевидного сечения и монокрипную железобетонную плиту проезжей части, сохраняют преимущества монтажа сборных конструкций и одновременно обеспечивают более качественную бесшовную плиту проезжей части. Причем опалубка для плиты монтируется на этих балках.

Новые строительные материалы

Быстрыми темпами расширяется номенклатура строительных материалов: высокопрочные бетоны, стали, полимеры и т.п.

Остановлюсь на двух видах материалов, играющих важную роль в развитии мостостроения.

Высокопрочные бетоны

Как показала экономическая оценка эффективности применения для транс-

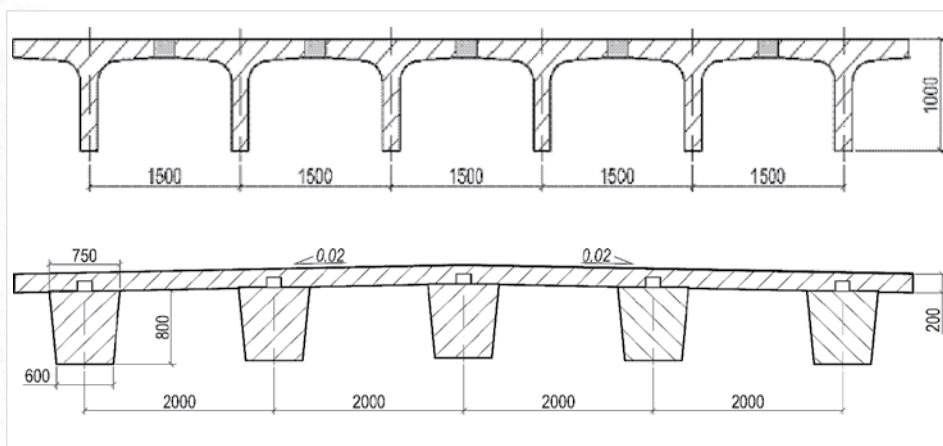
портного строительства высокопрочных бетонов, проведенная в 1990-х годах ЦНИИСом в рамках разработки высокоактивных (марка 1000) вяжущих низкой водопотребности (ВНВ), область их использования достаточно невелика (в СП 35.13330.2011 нормируется класс бетона на сжатие не выше В60). Эта область применения связана, в основном, с возведением пилонов и столбчатых опор мостов, то есть элементов, которые работают на внецентренное сжатие.

Для транспортного строительства изготовление высокопрочных бетонов с применением бездобавочных портландцементов может быть осуществлено как с использованием вышеупомянутых цементов типа ВНВ на основе рекомендаций ЦНИИС, так и с применением жестких смесей, а также гиперпластифицирующих добавок.

Вместе с тем следует отметить, что бетоны транспортных сооружений на территории нашей страны должны обладать повышенной морозостойкостью, которая обеспечивается за счет пористости бетона. А такая пористость приводит к снижению прочности бетона. Эта дилемма не является безнадежно неразрешимой, но требует дополнительного контроля или применения соответствующих мер, например, нанесения специальных покрытий и т. п.

Композитные материалы

В последние годы все большее применение в строительстве и ремонте мостовых сооружений получают стеклопластики и углепластики. Преимущественно речь идет о пролетных строениях пешеходных мостов, хотя предпринимаются и попытки создания композитных автодорожных мостов.



Поперечное сечение сборно-моноконтинного пролетного строения

В связи с их «молодостью», такие конструкции мостов имеют весь комплекс проблем, связанных с проектированием, строительством, испытаниями и созданием взаимоувязанной базы нормативных документов.

В настоящее время в нашей стране изготовлено и построено около тридцати пешеходных мостов с композитными пролетными строениями пролетами до 38 м в виде ферм, элементы которых выполнены из стеклопластиковых профилей методом протяжки (уголки, швеллеры, прямоугольные трубы и т. д.).

Вместе с тем сегодня практически отсутствуют сведения о долговечности, затратах на эксплуатацию, а также взаимоувязанные нормативы на композитные материалы, проектирование, строительство и испытания мостов из таких материалов.

Неожиданной проблемой композитных пешеходных пролетных строений путепроводов оказалось их динамическое поведение в условиях интенсивного автомобильного движения под ними.

Благодаря высоким скоростям большегрузных автомобилей, движущихся под путепроводом, происходят непрерывные удары воздушных масс (подобные поршневному эффекту в тоннеле) по его пролетному строению.

Такие воздействия из-за малой жесткости композитных пролетных строений приводят к образованию их непрерывных знакопеременных деформаций, что, в свою очередь, приводит к преждевременной усталости материала. Для оценки этого фактора необходим мониторинг с непрерывной

записью данных измерений деформаций и последующей математической обработкой, с разделением фактических деформаций от нагрузки на путепровод от пешеходов и колебаний пролетного строения от проходящих под ним автомобилей.

В связи с этим требуется методика расчета стеклопластиковых пролетных строений на выносливость, которая в СП 35.13330.2011 пока не регламентирована.

Представляется целесообразным еще раз исследовать существующий критерий максимальных деформаций для таких пролетных строений.

Ремонт и реконструкция мостов

Основная цель, которая ставится при ремонте или реконструкции мостов, – это восстановление их потребительских свойств или даже повышение их уровня. Отсюда следуют задачи усиления несущих элементов и увеличения габарита. Как правило, работы следует вести без остановки движения.

В ряде случаев имеется счастливая возможность построить параллельно новый мост, перевести на него движение и затем отремонтировать существующий. Другой, более тяжелый вариант заключается в поочередном проведении работ по половинам моста с сужением габарита и ограничением пропускной способности вплоть до организации реверсивного движения. В принципе, оба эти варианта достаточно хорошо освоены.

Упомянутые выше углепластики в виде холстов или жестких ламелей, благодаря их высоким прочностным свойствам, являются весьма эффективным мате-

риалом для усиления мостовых конструкций. В этом нетрудно убедиться, ознакомившись с физико-механическими характеристиками углепластиков:

- прочность на растяжение – 500–900 МПа;
- прочность на изгиб – 800–1200 МПа;
- модуль упругости – 0,65–0,85×10⁵ МПа;
- коэффициент температурного расширения – 0,5×10⁻⁶.

При усилении изгибаемых элементов можно применять как холсты, так и ламели, приклеивая углепластик к поверхности элемента. Углепластик, таким образом, используется в качестве внешнего армирования. В случае усиления железобетонных конструкций возникает опасность отрыва бетона защитного слоя от арматуры. Поэтому углепластик следует приклеивать только к неповрежденному бетону на хорошо обработанную поверхность. При этом в расчетах следует учитывать разницу в величинах коэффициентов температурного расширения углепластика и стали или бетона.

При усилении углепластиком сжатых элементов (например, поврежденных стоек опор) их обматывают холстами углепластика.

При необходимости срочного ремонта железобетонных конструкций с минимальным перерывом в движении транспорта следует применять быстротвердеющие безусадочные полимербетонные составы, например, марки «Эмако». Такое решение позволило быстро справиться с ремонтом локального разрушения железобетонной плиты проезжей части сталежелезобетонного моста через реку Волгу на обходе Твери по трассе Москва – Санкт-Петербург.

Проблемы нормирования

Современный этап в развитии мостостроения, естественно, должен найти отражение в нормах.

Стратегической целью нормирования дорожных сооружений является создание системы нормативных документов, которая регламентировала бы требования к проектированию, строительству и эксплуатации этих сооружений: конструктивные, технологические, организационные, финансовые, правовые положения, обеспечивающие все виды

их безопасности в соответствии с Техническим регламентом «О безопасности зданий и сооружений» (ФЗ №384 от 30.12.2009).

Представляется, что на пути к этой цели необходимо решить три животрепещущие и взаимосвязанные проблемы:

- актуализация СНиПов в связи с новой, введенной Законом о техническом регулировании (№ 184-ФЗ от 27.12.2002) системой нормативных документов;
- разработка единых стандартов для стран Таможенного союза;
- гармонизация отечественных норм с зарубежными аналогами, и прежде всего с европейскими;
- необходимость расширения номенклатуры нормативных документов в дополнение к перечисленным в Техническом регламенте «О безопасности зданий и сооружений», в том числе территориальных, с тем чтобы избежать разработки многочисленных специальных технических условий (СТУ) для проектирования конкретных объектов по вопросам, не отраженным в действующих нормативных документах.

Рассмотрим перечисленные проблемы более подробно.

Актуализация

ЦНИИСом при участии ведущих специалистов других организаций была выполнена большая работа по актуализации трех основных нормативных документов по проектированию и строительству мостов, а именно:

- СП 35.13330.2011 – актуализированный СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы», регламентирующий нормы проектирования мостовых сооружений;
- СП 46.13330.2012 – актуализированный СНиП 3.06.04-91 «Мосты и трубы», содержащий технологические требования и ограничения;
- СП 79.13330.2012 – актуализированный СНиП 3.06.07-86 «Мосты и трубы». Правила обследований и испытаний».

Актуализация указанных СНиПов дала возможность апробировать в нормах ряд инноваций последних лет.

Остановлюсь на основных изменениях, которые были внесены в первый из перечисленных документов:

- повышение нормативных нагрузок на мосты от автотранспортных средств

(А14 и Н14 вместо А11 и НК-80) и изменение структуры расчетных коэффициентов к ним;

- расширение номенклатуры мостов, для которых необходимо проводить проверку на аэродинамическую устойчивость;
- введение норм предельных относительных деформаций бетона и арматуры;
- расширение номенклатуры разрешенных к использованию в мостостроении сталей;
- требования по учету изменения конструктивно-технологических характеристик сталежелезобетонных пролетных строений в процессе их монтажа;
- внесение в СНиП определений и функций авторского контроля, научно-технического сопровождения и мониторинга технического и напряженно-деформированного состояния конструкций.
- требования по предотвращению прогрессирующего разрушения моста при повреждении отдельного элемента.

Вместе с тем остались вне свода правил некоторые важные вопросы.

Во-первых, это нормирование сроков службы и межремонтных сроков мостовых конструкций. Практически во всех развитых странах нормативный срок службы мостов составляет 100 лет. В России еще в 2000 году доктором технических наук В.И. Шестериковым совместно с автором статьи были подготовлены экономически обоснованные предложения по срокам службы различных частей мостовых сооружений. По несущим конструкциям они близки к общепринятым 100 годам. Для элементов мостового полотна эти сроки находятся в диапазоне от 20 до 40 лет.

Эти предложения не были включены в актуализированные нормы по субъективным соображениям эксперта от Минрегиона, что я считаю большой ошибкой. Действительно, нормативы сроков службы стимулируют повышение качества и долговечности мостов.

Далее, в СП 35.13330 отсутствуют критерии расчетной проверки на предотвращение прогрессирующего разрушения всего моста вследствие разрушения какого-либо из несущих элементов.

Отметим, что такое требование со-держится в новой редакции ГОСТ Р

54257-2010 «Национальный стандарт Российской Федерации. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования».

Это прежде всего относится к мостам с гибкими несущими элементами. Нарботки по этому вопросу имеются и у нас, и за рубежом. В частности, в СТУ на проектирование моста через Обь в Новосибирске было внесено требование о проверке целостности арочного пролетного строения при обрыве двух подвесок.

И третье. На мой взгляд, требует ревизии содержащаяся в нормах процедура расчета конструкций автодорожных мостов на выносливость. Представляется, что проверка на выносливость должна проводиться в виде определения срока службы элемента по признаку усталости на базе статистического анализа эксплуатационных нагрузок с учетом перспективы.

Разработка стандартов Таможенного союза

Этот этап нормативной деятельности позволяет модифицировать действующие нормы в направлении повышения надежности мостовых сооружений в странах Таможенного союза.

Гармонизация норм

Гармонизация – это процесс сближения отечественных норм с зарубежными, в первую очередь с Еврокодами, с целью интеграции экономического и коммуникационного пространства.

При этом важно выдержать разумный взвешенный подход к этой проблеме. Нельзя бросаться в крайности, как это можно наблюдать в дискуссии по нормативным автомобильным нагрузкам на мосты.

Первая из этих крайностей – безоговорочное заимствование Еврокодов без учета нашего собственного опыта, традиций, специфики природных и экономических условий.

Вторая – отрицание по существу основной идеи методики предельных состояний, то есть учета статистической природы эксплуатационных нагрузок и прочности материалов и оптимизации нормативных значений этих характеристик на основе экономико-статистического подхода.

На самом деле, основными объектами гармонизации должны быть:

- требования к функциональным потребительским свойствам транспортных сооружений, а именно:

- грузоподъемности,
- пропускной способности,
- безопасности и комфорту движения,
- экологической и пожарной безопасности.

- ликвидация или значительное сокращение пробелов в наших нормах проектирования;

- технологические регламенты, стандарты на изделия, испытания материалов, процедуры сертификации.

Естественно, актуализация нормативных документов и разработка стандартов Таможенного союза должны решать и вопросы гармонизации.

Проблемы проектирования

Мне представляется, что проектировщики сегодня сталкиваются с тремя главными проблемами.

Первая из них – приятная. В настоящее время намного расширились условия для инженерного творчества. Современные конструктивные формы требуют от проектировщиков большего воображения и технического интеллекта. И, что радует, у многих получается. При этом я не считаю зазорным заимствование отдельных конструкторских идей и решений из-за рубежа.

В качестве хорошего примера творческого отношения к проектированию можно назвать решение пилона моста через бухту Золотой Рог. Ветви пилона этого моста имеют наклон от оси и таким образом как бы создают дополнительное предварительное напряжение ваннами балки жесткости.

Вторую проблему условно можно назвать образовательной. Обновление нормативных требований, в том числе изменение структуры расчетных коэффициентов, появление новых версий расчетных программ, феномен танцующего моста в Волгограде, разного рода композитные конструкции – все это стимулирует увеличение аналитической составляющей проектной работы и требует повышения квалификации проектировщиков. Кроме того, возникла необходимость моди-

фикации ряда вспомогательных проектных программ к ЭВМ.

Третья, наиболее тяжелая проблема – взаимоотношения с органами экспертизы. Представляется, что главными задачами экспертизы являются не снижение стоимости проекта любой ценой, в том числе за счет надежности мостового сооружения, и не формальная трактовка СНиП 2.05.03-84*, сводящаяся к тому, что если в этом документе что-то не записано, то, значит, это запрещено, – важно способствовать внедрению действительно инновационных конструктивно-технологических решений, обеспечивающих необходимый уровень потребительских свойств мостов.

Было бы полезно использовать опыт экспертных процедур в Европе и США. Например, в Америке эксперты сопровождают процесс проектирования, поэтому их оценки являются вполне объективными. Наш же институт экспертов, в котором собраны опытные специалисты, используется редко и хаотично.

Научно-техническое сопровождение строительства

На данном этапе развития мостостроения повышается роль научно-технического сопровождения строительства. Это сопровождение преследует две цели.

Первая из них – обеспечение внедрения инновационных материалов, конструкций, технологий. Это достигается путем разработки специальных регламентов, контроля за их исполнением, непосредственного участия разработчиков в производственном процессе.

Важным звеном в этом деле должен служить авторский контроль. Приходится с грустью констатировать, что сегодня институт авторского контроля полностью дискредитирован. Дело доходит до абсурда, когда на исполнение этой функции объявляются торги, и их выигрывают организации, к авторству не имеющие никакого отношения.

Авторский контроль, безусловно, должен осуществлять организация – автор проекта, и финансироваться он должен из сметы строительства.

Еще одной функцией научно-технического сопровождения является обеспечение безопасности строительства за счет мониторинга напряженно-деформированного состояния наиболее нагруженных элементов на всех стадиях строительно-монтажных работ. Мониторинг должен проводиться обязательно с использованием компьютерных измерительных систем в режиме непрерывных или кусочно-непрерывных измерений в реальном времени. В настоящий момент имеются возможности получать результаты мониторинга по интернету на расстоянии.

Заключительным аккордом научно-технического сопровождения строительства моста являются его приемочные испытания, по результатам которых сооружению дается путевка в жизнь и разрабатываются рекомендации по его эксплуатации.

Организационные, правовые и кадровые проблемы

Практика показывает, что для эффективного комплексного решения стоящих перед мостостроением проблем необходим компетентный общественный координационный орган по мостам – типа СРО с секциями, с финансированием, который имел бы право аттестации мостовых научных, проектных и строительных организаций. Такой орган можно было бы создать, например, на базе Ассоциации мостостроителей или МАДИ.

Конечно, необходимо преодолеть порочную практику торгов на основе закона 94-ФЗ, при которой выиграть торги может любая абсолютно непрофессиональная фирма. Это абсурд, когда квалификация оценивается в объеме 20%, а цена – 80%.

И, наконец, последнее – подготовка инженеров-мостовиков. Не вдаваясь в общую оценку новой системы высшего образования, хочу сказать, что студенты должны получать больше знаний по своей специальности.

А.И. Васильев,

д-р техн. наук, проф.,
директор по науке
ЗАО «Институт ИМИДИС»,
проф. кафедры мостов
и транспортных тоннелей МАДИ (ГТУ)