



Мост через реку Западную Двину после реконструкции

МОСТ К БЕЗОПАСНОСТИ

Безопасную эксплуатацию мостовых сооружений удастся обеспечить благодаря применению нестандартных и инновационных решений. Однако необходимо пересмотреть практику строительства и содержания мостов, чтобы минимизировать риски обрушений.

НА ПЕРЕДОВОЙ

Согласно отчету Росстата за 2014 год, в стране насчитывалось 72 500 мостов, в том числе 42 000 автомобильных и 30 500 железнодорожных. Официальные данные по итогам прошлого года еще не опубликованы, между тем, если верить информации **исполнительного директора фонда «АМОСТ» – Ассоциации мостостроителей Сергея МОЗАЛЕВА**, представленной в декабре 2015 года в интервью отраслевому журналу «Строительство», в России насчитывалось около 100 000 мостов. Ввод в эксплуатацию новых переправ продолжается. При этом вопросы минимизации рисков при эксплуатации мостовых сооружений как для строящихся, так и для

действующих мостов все так же остаются актуальными, поскольку случаи разрушения мостовых конструкций в России все еще не редкость.

Только за первые месяцы 2016 года в Приморье обрушились четыре мостовых сооружения. В феврале текущего года не выдержала нагрузки одна из опор моста на трассе Владивосток – Находка. В апреле упала опора и просели дорожные плиты моста на трассе между поселками Кировский и Яковлевка. В марте схожая ситуация произошла близ села Яконовка Уссурийского городского округа. В том же месяце обрушился мост через реку Камелик в Саратовской области. В прошлом году обрушения произошли в Карелии, Магаданской, Тульской и Воронежской областях.

Согласно исследованию, проведенному **доцентом кафедры проектирования автомобильных дорог и мостов Воронежского опорного инженерного университета Алексеем КОЗЛОВЫМ**, в 33,8% случаев разрушения или провалы в мостовом полотне происходят вследствие снижения грузоподъемности из-за ненадлежащего содержания.

«Более 20,6% аварий случаются из-за гидрологических и геологических просчетов и неправильно рассчитанных паводковых нагрузок, – говорит специалист. – К ошибкам проектировщиков также относятся и превышение проектной грузоподъемности старых мостов, и просчеты при проектировании новых – соответственно по 5,9%. Столкновения тяжелых грузовиков с опорами или движение самосвалов с поднятым кузовом становятся причинами разрушений в 13,2%. Нарушения технологии производства работ или вообще нарушения ППР составляют 11,8%».

По мнению же специалистов фонда «АМОСТ», первопричиной аварий стала отмена института лицензирования в строительстве, позволившая случайным организациям участвовать в проектировании и строительстве мостов.

СТИХИЯМ ВОПРЕКИ

Между тем строительство новых переправ продолжается. За последнее десятилетие все же были достроены 16 так называемых внеклассных мостов индивидуального проектирования через крупные реки, возведение которых началось еще в советские годы. В их числе мостовые переходы в Ульяновске и Волгограде.

В сентябре 2014 года введен в эксплуатацию уникальный арочный мост в Новосибирске. Его арка держится за счет нестандартных сетчатых подвесок, а длина пролета в 380 м является мировым рекордом для такого типа конструкций. Оригинальные мосты украсили Москву и Петербург, Казань и Владивосток. Продолжается создание грандиозного мостового перехода через Керченский пролив.

Обезопасить эксплуатацию любого моста, безусловно, легче на стадии проектирования и строительства, нежели позже ликвидировать последствия аварии. Поэтому ведущие специалисты мостостроения уделили этой теме особое внимание в ходе Международного форума высотного и уникального строительства Forum Russia 100+ в Екатеринбурге.

Важной составляющей деятельности по защите искусственных сооружений является проведение испытаний, позволяющих точно рассчитать их конструктивные особенности. **Заместитель начальника отделения гидроаэродинамики ФГУП «Крыловский государственный научный центр» Сергей СОЛОВЬЕВ** рассказал о комплексном научном сопровождении проектирования мостового перехода через Керченский пролив. В докладе он представил основные результаты аэродинамических испытаний арок моста через судоходный канал, результаты ледовых нагрузок на опоры моста,

полученные в ледовом опытном бассейне, а также результаты моделирования навала судов на опоры моста при нештатной ситуации заклинка рулей судна. По его словам, Крыловский научный центр обладает обширной экспериментальной базой из 97 уникальных стендов, более половины которых не имеют аналогов в мире.

Недавно в Крыловском центре была введена в эксплуатацию Ландшафтная аэродинамическая труба – специализированная установка для испытаний большепролетных мостов. До ввода ее в эксплуатацию, отметил Сергей Соловьев, проектанты уникальных мостов были вынуждены проводить подобные испытания за рубежом, теперь их можно проводить в России, и Керченский мост – первый пример такого уникального сооружения.

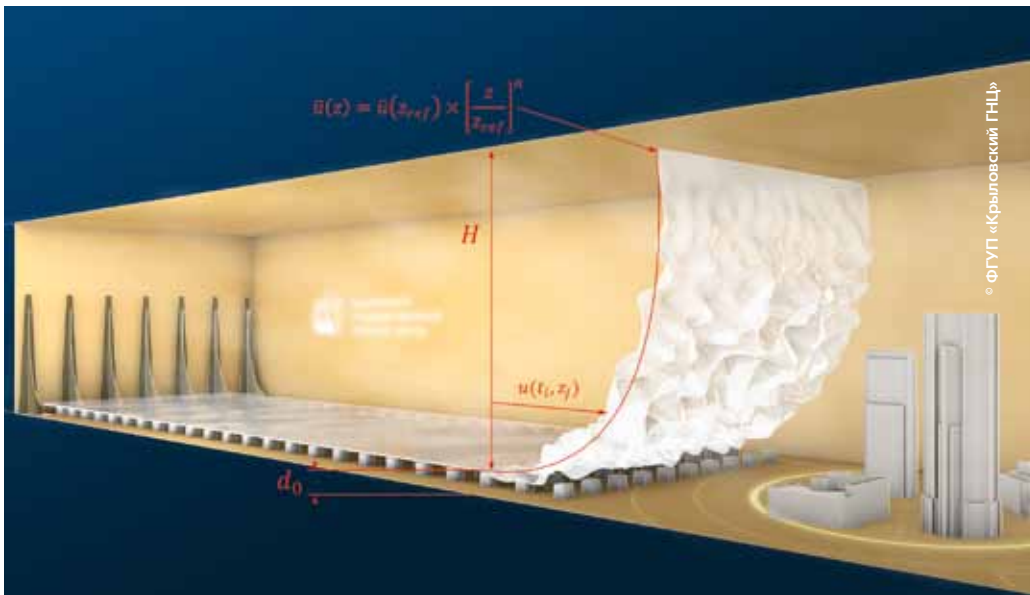
«Мосты с пролетом более ста метров могут быть подвержены аэроупругим колебаниям, – говорит Сергей Соловьев. – Чтобы понимать, появятся ли опасные колебания моста во время его эксплуатации, проводят модельные испытания в специализированных аэродинамических трубах. В России существует большое количество аэротруб самолетного типа, предназначенных для испытаний летательной техники, они не пригодны для испытаний ландшафтных объектов. Специализированные аэротрубы имеют закрытую рабочую часть длиной более 15 м для моделирования пограничного слоя атмосферы, при этом ширина рабочей части более 10 м – для испытания крупных макетов с хорошей детализацией. В процессе аэродинамических испытаний проводятся измерения максимальной амплитуды колебаний моста при различных направлениях и скоростях ветра, характерных для района строительства».

Для моделирования ситуации, максимально приближенной к особенностям региона строительства, при проведении испытаний учитываются многие факторы. Так, если мост находится в Москве или Петербурге, то моделируются особенности этого ветрового района с характерным для

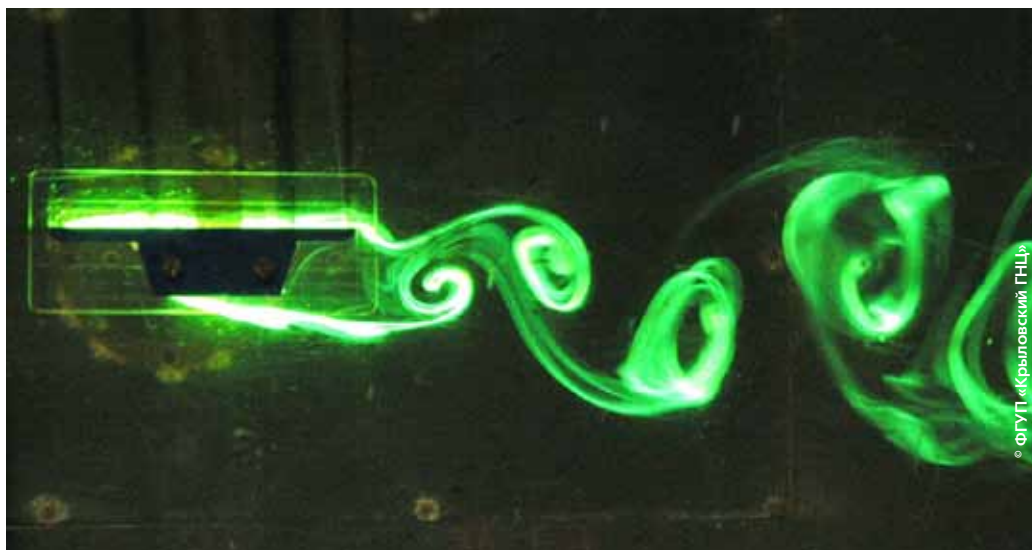
«**Первопричиной аварий стала отмена института лицензирования в строительстве, позволившая случайным организациям участвовать в проектировании и строительстве мостов**



Моделирование пограничного слоя в ландшафтной аэродинамической трубе



Визуализация вихрей, которые вызвали колебания Волгоградского моста



него профилем ветра и параметрами турбулентности. За последние два года в Крыловском центре помимо Керченского моста в аэродинамической трубе были испытаны несколько менее известных балочных и вантовых мостов.

В частности, мост через реку Белую. «При испытаниях балочных мостов особое внимание уделяется явлению «вихревой резонанс», так как все балочные мосты ему подвержены – такова природа. Здесь главное – точно определить максимальную амплитуду колебаний пролета при вихревом резонансе, так как она сильно зависит от параметров конструкции. Например, амплитуды у моста через реку Белую были меньше, чем амплитуды от воздействия едущего грузовика, поэтому в отличие от известного всем Волгоградского моста никаких специальных мер по уменьшению колебаний применять не нужно», – комментирует Сергей Соловьев.

Некоторые вантовые мосты склонны к изгибно-крутильному флаттеру. Эксперт напомнил о печальном случае с Такомским мостом в США, который разрушился именно по этой причине.

Вантовый мост, имеющий пилон, также следует испытывать на определенные виды неустойчивости, например галопирование пилона или бафтинг. «Иногда в зависимости от конструкции проверяют на бафтинг – это колебания, вызванные сходом вихрей с конструкции, которая находится с наветренной стороны. Такая ситуация возможна, если рядом расположены два моста и вихри сходят с одного и попадают на второй, вызывая колебания», – дополняет Сергей Соловьев.

Следует отметить, что обычно испытывается конечный вариант конструкции. Но если речь идет об уникальном строении, его испытывают, моделируя отдельные стадии монтажа.

Как правило, во время испытаний в аэродинамической трубе моделируют автодорожный или железнодорожный трафик, поскольку в некоторых случаях он вызывает повышенные колебания. В том числе на устойчивость моста влияют и снеговые заносы.

По словам специалиста, зачастую после механизированной расчистки снегом заносятся перильные ограждения, что приводит к увеличению «эффективной» высоты балки жесткости, от этого изменяется аэродинамика моста. В западных нормах по проектированию этому вопросу уделяют отдельное внимание.

Также в Крыловском центре исследуются и разрабатываются решения, позволяющие минимизировать последствия при столкновении судов с опорами мостов. «Если под мостом проходит судоходный канал, то всегда есть риск столкновения судна с опорой, – рассказывает Сергей Соловьев. – Чтобы защитить опору от таких воздействий, специально проектируются оградительные сооружения, выполненные в виде каменной насыпки или палов, эффективность которых также необходимо оценивать». При решении задачи навала судна рассматриваются различные сценарии заклинивания руля судна, вычисляются скорость и угол судна в момент удара об опору. Эти значения необходимы для оценки силы удара. Исходными данными для решения этой задачи являются: сила и направление ветра, волнения, течения, характерные для места строительства моста, а также параметры судов.

Помимо этого при проектировании отдельных мостов необходимо проводить моделирование ледовых нагрузок на опоры моста. Поскольку в большинстве российских рек и заливов образуется слой льда, то не исключен навал ледовых глыб на опоры во время ледохода. Для проекта

«
При
реконструкции
моста
в Велиже
было
реализовано
15 инноваций»

Керченского моста в ледовом бассейне Крыловского центра были получены нагрузки на опоры моста для различных ледовых условий: ровный лед, битый лед, торосы.

«Примером могут служить мосты через реку Лену, где толщина льда достигает 2 м, а во время ледохода образуются торосы глубиной до 12 м и размером 500–800 м. Такие ледовые острова могут снести любую опору. Для предотвращения подобных разрушений необходимо знать точные значения вероятной ледовой нагрузки. Для уточнения силы воздействия льда проводят испытания опор в специальном ледовом бассейне нашего центра. Экспериментальные данные в этом случае ближе к действительности, чем значения из СНиПов, так как в эксперименте воспроизводится конкретная геометрия опоры и физико-механические свойства льда, характерные для места строительства», – уточняет ученый.

Таким образом, в Крыловском центре проводятся комплексные исследования мостов по аэродинамике, навалу судов на опоры и определению ледовой нагрузки. По их результатам исследователи выдают не только отчет, в котором указаны полученные характеристики, но и готовят рекомендации, как обезопасить конструкции от разрушений. «У нас был мост, испытания которого показали достаточно высокие амплитуды колебания. В качестве

рекомендаций мы предложили обтекатель на пролетное строение, который полностью убирал все колебания», – поясняет Сергей Соловьев.

На примере моста через бухту Золотой Рог, соединяющую Владивосток и остров Русский, можно проследить, насколько важно закладывать параметры безопасности на стадии создания проекта. «Это знаковый объект, идея которого возникла еще в 1956 году, когда советские чиновники увидели мост в Сан-Франциско, – рассказывает **начальник расчетного отдела АО «Институт Гипростроймост», к. т. н. Роман ГУЗЕЕВ.** – Мост проектировался с учетом жестких условий городской застройки, во внимание принимались и такие параметры, как воздействие ветра и возможность землетрясения. Отличительной чертой вантового моста является использование V-образного пилона. Выбор формы неслучаен. Конструкция пилона уравновешена собственным весом и усилиями от вант. Угол наклона стоек пилона и расположение узлов крепления вант выбраны таким образом, чтобы обеспечить равновесие конструкции без применения распорок.

Также специалист дополняет, что минимизировать ветровую нагрузку позволяют такие решения, как обтекаемая форма стальной коробки балки жесткости в качестве



Ландшафтная аэродинамическая труба

Аэродинамические испытания:

- Большепролетных мостов.
- Высотных зданий.
- Аэропортов и морских портов.

Единственная в России установка, способная моделировать приземный слой атмосферы и испытывать модели габаритом более 10 метров.

 **Крыловский государственный научный центр**

Россия, 196158, Санкт-Петербург
Московское шоссе, д. 44
www.krylov-center.ru

конструктива центральной части и применение современных гидравлических устройств, позволяющих передавать сейсмическую и ветровую нагрузку от балки жесткости к пилону.

Обеспечить безопасную эксплуатацию мостовых сооружений, по мнению **директора немецкой компании Peter Maier Leichtbau Франк ГРОССА**, можно в том числе за счет применения новых материалов. По его словам, долговечными и надежными являются мосты, в которых наряду с традиционной сталью применяется алюминий. Пешеходные мосты из этого материала все чаще возводятся в Европе, Китае и Южной Корее.

«Прочностные характеристики алюминиевых сооружений подтверждены различными тестами, – рассказывает Франк Гросс. – Их способность выдерживать высокие нагрузки соответствует международным стандартам. Кроме того, эти мосты быстровозводимые, а также их при необходимости можно быстро перемещать в другое место».

Однако отечественные специалисты скептически отнеслись к заявленному в 100 лет долговечности конструкций из алюминия, считая, что, как и любой другой металл, он также подвержен эффекту накопления усталости. Кроме того, в России не проводились комплексные испытания подобных мостовых сооружений, поэтому у нас алюминий можно использовать лишь в ограждениях мостовых конструкций.

ОПЫТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Обрушение моста всегда сопряжено с решением комплекса проблем: транспортной доступности территории, транзита грузов

и пассажиров, восстановлением или строительством новой переправы, что дорого и небыстро.

Осенью 2014 года региональным и федеральным властям пришлось экстренно решать эти проблемы, когда произошла деформация моста через реку Западную Двину на автомобильной дороге Ольша – Велиж – Усвяты – Невель в Велижском районе Смоленской области. Этот переход является частью кратчайшего пути из Санкт-Петербурга на юг.

Прежде всего мост был закрыт для транспорта и пешеходов. Сразу же началось возведение понтонной переправы через реку, а на обходе города – строительство временного автодорожного разборного моста.

По мнению некоторых специалистов, мост не подлежал ремонту. Реанимировать его удалось, по словам **начальника областного департамента по транспорту и дорожному хозяйству Владимира ШУКАЛОВА**, благодаря компании-подрядчику ООО «НПП СК МОСТ».

«Нижний пояс продавило и разорвало, а конструкция пролета держалась на верхней арматуре, – рассказывает **генеральный директор ООО «НПП СК МОСТ» Вильгельм КАЗАРЯН**. – Прогиб моста достигал 51 см, пролет раскрутило по всем осям. Изучив исполнительную документацию за 45 лет его эксплуатации, мы смогли выяснить, как устроены несущие конструкции. В верхнем поясе было 11 несанкционированных пучков арматуры, что и спасло мост от полного разрушения».

Изначально речь шла о демонтаже и разборе всего пролетного строения, но за счет нестандартного решения, предложенного компанией-подрядчиком, а также уникальной технологии, которую применили специалисты, переправу удалось воссоздать.

«При реконструкции мы внедрили пятнадцать инновационных решений. Наши специалисты разработали проект, произвели подъем пролетного строения и выполнили обустройство. Сначала мы сделали два пояса из высокопрочной стали слева и справа, шпоночными соединениями закрепили все коробчатые конструкции. Затем мы усилили бетоном стенку по всей протяженности моста и подняли домкратами просевшую конструкцию, сделав две П-образные рамы и пропустив два пучка по 19 стальных прядей и два – по 12. Также применили новую, разработанную специально для данного объекта систему преднапряжения. Благодаря этому удалось восстановить мост, который не потерял былой несущей способности», – вспоминает Вильгельм Казарян.

Опыт, полученный на восстановлении моста под Смоленском, компания планирует применить и на других объектах. ■

33,8%
разрушений
мостов
происходят
из-за
ненадлежащего
содержания



Реконструкция моста через реку Западную Двину

Любовь Ежелева