

ПРОБЛЕМЫ МАЛОГО МОСТОСТРОЕНИЯ РОССИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Данные, собранные к концу 2014 года, свидетельствовали о том, что в России насчитывается 42 тыс. автодорожных мостов (и путепроводов) общей протяженностью 2,1 млн м, а также 30,5 тыс. железнодорожных мостов и путепроводов суммарной протяженностью 993 тыс. м. В общей сложности - 72,5 тыс. автодорожных и железнодорожных мостов. В одном только Петербурге около 400 мостов!

По количеству мостовых сооружений самым богатым городом в мире считается Гамбург, в котором их более 2300. В Соединенных Штатах Америки насчитывается более 600 тыс. мостов, из которых около 100 тыс. железнодорожных.

Согласно справочнику по эстетике мостов, из этих 600 тыс. мостовых сооружений в США доля обычных балочных мостов, длина пролетов которых не превышает 100 м (то есть малых и средних мостов), составляет 98%! Можно полагать, что в России соотношение количества малых и средних мостов к количеству больших мостов такое же или даже больше.

Анализируя ситуацию с аварийностью мостов, отметим, что в подавляющем большинстве случаев аварии и разрушения происходят на малых и средних мостах. Причина понятна: такие мосты обычно эксплуатируются много лет при плохом содержании, многие имеют значительные повреждения, а современные реальные нагрузки на них давно уже превышают проектные.

Замена малых мостов (длиной до 25 м) в регионах России идет медленно, да и новые мосты имеют обычно ту же конструкцию, что и старые типовые, только пролетные строения в них усилены под новые нагрузки.

Поэтому сегодня перед мостовиками стоит задача большой сложности и важности: во-первых, восстановить парк малых мостовых

сооружений, а во-вторых, построить необходимое и достаточное количество новых мостовых сооружений современной конструкции. Сюда же можно отнести и проблему восстановления и постройки новых пешеходных мостов.

Заметим, что при наличии порядка 600 тыс. мостовых сооружений в США протекает только 250 тыс. рек, а в России при наличии 72,5 тыс. мостовых сооружений имеется 2,8 млн рек! Поэтому фронт работы, особенно применительно к малым мостовым сооружениям, в России огромен!

Системная проблема низкой долговечности малых мостов

В отечественном мостостроении четко обозначилась системная проблема низкой долговечности малых мостов. Срок их службы в 2-2,5 раза меньше, чем больших. Это связано с тем, что малые мосты имеют специфические особенности, которые в настоящее время не всегда учитываются.

Применяемые схемы и конструкции малых мостов приводят к относительно большему, чем на больших мостах, количеству опор и деформационных швов (ДШ). ДШ являются болевой точкой мостового сооружения. Если для больших мостов применяются отработанные конструкции ДШ, то для малых мостов нередко применяются доморощенные конструкции ДШ с гарантированным выходом их из строя в первые годы или даже месяцы эксплуатации. Разрушение ДШ предска-зуе-

мо ассоциируется с увеличением почти вдвое динамических воздействий на пролетное строение и на подходы, с попаданием воды с проезжей части на торцы балок, на опорные части и на опоры. А это, в свою очередь, оказывает непосредственное влияние на снижение долговечности мостового сооружения.

В 60-70-е годы прошлого столетия на дорогах общего пользования России было построено большое количество железобетонных балочных мостов с пролетными строениями по типовому проекту 56 выпуска Союздорпроекта. Уже к концу 1980-х и началу 1990-х годов большинство этих мостов находилось в неудовлетворительном состоянии. Причин такого положения дел несколько: низкое качество балок пролетных строений, выразившееся как в низком качестве бетона, так и в больших отклонениях в геометрических размерах балок пролетных строений. Качество выполнения работ при сооружении таких мостов также оставляло желать лучшего.

К основным дефектам при производстве строительно-монтажных работ относятся: некачественно выполненная гидроизоляция и применение на проезжей части мостов водопроницаемых слоев дорожной одежды, грубейшие отступления от проектов при объединении балок пролетных строений.

Например, в Саратовской области практически ни на одном мосту стыки Передерия не были выполнены в соответствии с требованиями проектов и норм, диафрагмы балок пролетных строений также не были объединены между собой, этому способствовало и то, что балки имели отклонения от требуемых размеров и диафрагмы не стыковывались между собой.

Плохо выполненная гидроизоляция и водопроницаемая дорожная одежда привели к тому, что происходило выщелачивание бетона, которое при постоянном замачивании, особенно торцов балок и крайних балок, приводило к их разрушению. Все это усугублялось тем, что балки пролетных строений были не объединены между собой, наблюдалась так называемая «клавишность»: балки работали каждая отдельно, что приводило к увеличению прогибов, также способствовавших ускоренному разрушению бетона балок.

В конце 1980–1990-х годов с целью уменьшения разрушения балок пролетных строений мостов в Саратовской области была проведена работа по объединению диафрагм пролетных строений. Однако при осмотре отремонтированных мостов, проведенном через шесть месяцев после выполнения работ, выяснилось, что объединение диафрагм нарушено. Причем разрушение, как правило, происходило по схеме, согласно которой разрыв по объединению происходил между второй и третьей балками пролетного строения, то есть вместо пяти объединенных балок получалось, что отдельно работали две балки и отдельно три балки.

При обследовании мостов с балками выпуска 56 были вскрыты в основном следующие дефекты и повреждения:

1) у всех мостов диафрагмы соседних балок не совпадали в плоскости их соединения; несовпадение достигало 5–8 см, в связи с чем металлические элементы, соединяющие диафрагмы соседних балок, в отступление от проекта были изогнуты, а многие диафрагмы вообще не были объединены с диафрагмами соседних балок. Следствием указанных дефектов являлось то, что балки в пролетном строении работали каждая сама по себе («клавишность» работы), в результате:

- снижалась грузоподъемность пролетных строений;
- шло разрушение балок пролетных строений и соединений балок между собой.

2) предусмотренные проектом опорные части из рубероида во многих случаях не работали, вследствие чего происходило разрушение ригелей опор, а на некоторых мостах по этой причине произошло разрушение торцов балок пролетных строений.

3) у всех мостов происходило интенсивное разрушение крайних балок по причине постоянного замачивания их водой (в том числе содержащей соли после проведения мероприятий по борьбе с гололедом на мостах), поступающей с проезжей части и тротуаров моста.

4) практически отсутствовали деформационные швы между пролетными строениями, зазоры между пролетными строениями были заполнены мусором и заасфальтированы. В результате

статическая схема моста становится практически неразрезной, в отличие от предусмотренной проектом разрезной системы, температурные перемещения оказываются больше предусмотренных проектом, что приводит к таким негативным последствиям, как разрушение шкафной стенки устоя и другие.

В результате стало ясно, что дефект заложен в самом типовом проекте и решить вопрос объединения всех балок в одно целое можно, только внося изменения в проект. Такие изменения были разработаны кафедрой «Мосты и тоннели» Саратовского политехнического института. Было предложено объединять балки с помощью металлических конструкций.

Начиная с 1994 года началось сокращение финансирования дорожной отрасли, вследствие чего программа перестройки мостов с пролетными строениями 56 выпуска была сорвана. И только благодаря проделанной в начале 1990-х годов работе по ремонту железобетонных мостов 56 выпуска, и главным образом – за счет объединения балок пролетных строений для совместной их работы под нагрузкой, эти мосты до сих пор служат и обеспечивают пропуск движения по автодорогам даже с современными нагрузками.

Для устранения перечисленных дефектов и повреждений были



Рис. 1. Объединение балок пролетного строения и диафрагм



Рис. 2. Деталь объединения пролетных строений, обеспечивающего совместную работу балок



Рис. 3. Передача нагрузки от балок на дополнительные опоры и ригели



Рис. 4. Передача нагрузки на ригель от балок с поврежденными торцами

предусмотрены следующие мероприятия:

1) Для объединения балок пролетного строения было предусмотрено объединение при помощи металлических конструкций (рис. 1, 2), которое, как показал более чем 30-летний опыт эксплуатации этих конструкций, оказалось весьма эффективным: оно позволило остановить процесс разрушения балок пролетных строений, а также пропускать по мостам современные тяжелые транспортные средства.

Также организовывалась передача нагрузки от балок на дополнительные опоры и ригели, обеспечивающие совместную работу балок пролетного строения (рис. 3), а также передача нагрузки от балок с поврежденными торцами на ригель (рис. 4)

2) Для решения проблемы опорных частей применялись самодельные опорные части, изготовленные из автомобильных покрышек; 30-летний опыт эксплуатации таких опорных частей оказался положительным и снял проблемы, возникшие при использовании опорных частей из рубероида.

3) Проблемы разрушения крайних балок мостов оказалось возможным решать путем восстановления балок с использованием полимерного раствора с последую-

щей защитой поверхностей балок путем окраски их специальными красками (например, фирмы Steelpaint). Такое решение позволило защитить крайние балки пролетных строений от воздействия влаги и значительно продлить срок их службы.

4) На мостах с пролетными строениями из балок выпуска 56 предлагалось устраивать щебеночно-мастичные деформационные швы, которые не требуют никаких дополнительных работ в процессе эксплуатации мостов и имеют большой срок службы.

Указанные мероприятия были нацелены на продление срока службы мостов до семи лет, но известные события не позволили претворить в жизнь программу перестройки мостов, и срок службы отремонтированных указанными выше способами мостов приблизился к 30 годам вместо планировавшихся семи лет. Практика показала, что перечисленные мероприятия, которые были выполнены с минимальными финансовыми затратами, полностью себя оправдали: мосты прослужили после ремонта 30 лет, а сколько прослужат еще, можно только догадываться. Поэтому полагаем, что в настоящее время целесообразно проводить подобные работы с использованием современных

ремонтных материалов и технологий для продления срока службы старых малых железобетонных мостов, обеспечения безопасности движения по ним, в том числе и тяжелых транспортных средств.

На сегодняшний день в России 98% мостов имеют длину не более 100 м. И в условиях реализации национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» стоит подумать и разработать весьма важный и нужный именно сегодня федеральный проект «Малые мосты Российской Федерации» и решить, наконец, современные большие проблемы малого мостостроения.

Кадровая проблема

Эта проблема распадается на две подпроблемы, первая из них – подготовка кадров для отрасли транспортного строительства. В настоящее время техническое образование по старой схеме не позволяет эффективно готовить квалифицированных специалистов. Более эффективным в настоящее время является подход, согласно которому необходимо учитывать особенности и практические наработки прогрессивного и технологичного мира в образовательных программах вузов. Само же образование перестало быть конечной целью, а является только

определенным этапом в становлении специалиста.

Если говорить проще, то к настоящему времени осталось немного чисто мостовых кафедр в вузах, которые бы готовили квалифицированных специалистов-мостовиков. Это пока что кафедры в высших учебных заведениях Министерства транспорта (РУТ, СПбГУПС, УрГУПС, СибГУПС, ДвГУПС). В остальных вузах мостовые кафедры были объединены с другими кафедрами (автомобильных дорог, железных дорог, строительных конструкций, строительных и дорожных машин). Они приобрели статус кафедр под названием «Транспортное строительство». Эти объединенные кафедры редко возглавляются мостовиками, и потому возникает большая проблема с набором на мостовые специальности.

При этом следует отметить, что сейчас существует четыре возможные траектории получения мостового образования.

- а) специальность «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», профиль «Мосты» со сроком обучения пять лет;
- б) специальность «Строительство и техническое прикрытие автодорог, мостов и тоннелей», профиль «Мосты» со сроком обучения пять лет;
- в) специальность «Строительство уникальных зданий и сооружений» со сроком обучения шесть лет;
- г) двухуровневое образование: сначала бакалавриат «Мосты и тоннели» – четыре года, а затем магистратура направления «Строительство» с мостовым профилем – два года.

Общий недостаток этих траекторий заключается в подчинении программ обучения Министерству высшего образования и науки РФ, что приводит к отсутствию учета требований отрасли транспортного строительства при подготовке специалистов.

В последнее время с привлечением крупных мостовых проектных и строительных организаций стали

создаваться базовые кафедры мостового профиля. К ним относятся базовая кафедра Санкт-Петербургского политехнического университета «Дороги, мосты и транспортные тоннели» при Институте «Стройпроект» и базовая кафедра Тюменского индустриального университета при АО «Мостострой-11» в Тюмени. Опыта работы у этих кафедр еще мало, так что судить об их эффективности рано.

Вторая подпроблема – подготовка и работа преподавателей, обучающихся студентов-мостовиков. Так, аспирантура, согласно закону «Об образовании в РФ», с 1 сентября 2013 года стала третьим (после бакалавриата и магистратуры) этапом удлинившейся цепочки высшего образования, а не формой подготовки кандидатов наук, ибо сейчас аспирантура, как и предыдущие ступени обучения, является формой передачи, но не получения новых знаний, как это было раньше. По окончании аспирантуры выдается диплом «преподаватель-исследователь», и на предприятиях часто не могут понять, что делать с обладателем такого диплома...

Период подготовки кадров высшей квалификации при этом удлинился практически на три года. И, как известно, сегодня аспиранты просто вынуждены подрабатывать, что отвлекает их от научной деятельности и еще более отдаляет получение искомой степени. Увы, но получается, что Министерство образования вместо улучшения ситуации, связанной с подготовкой высококвалифицированных кадров, только усугубило ее.

Штаты преподавателей кафедры раньше рассчитывались исходя из требуемой для реализации учебного процесса нагрузки, однако теперь расчет ведется по соотношению «количество студентов на одного преподавателя». А это значит, что на специальностях с малым количеством студентов (как раз сюда и относится мостостроение) загруженность преподавателей весьма большая – и при составлении учебных планов

и рабочих программ рекомендуют отказаться от выполнения курсовых проектов, работ, а все обучение свести к лекционным курсам. При этом в последнее время активно внедряется так называемое «проектное обучение», а те, кто его внедряет, понятия не имеют о том, что при подготовке мостовиков в вузах проектное обучение используется очень давно, и предложено оно было выдающимся российским мостовиком Г.П. Передерием.

Обучать студентов сложным инженерным наукам, имея годовую учебную нагрузку в 900 часов и более, очень сложно. Не случайно за рубежом нагрузка вузовского профессора составляет 200 часов в год при несравнимо более высокой оплате. Поэтому то и происходит отток квалифицированных преподавателей из вузов не в научно-исследовательские (их практически не осталось), а в проектные организации!

В результате уровень квалификации преподавательского состава на кафедрах оставляет желать лучшего, значительная часть преподавателей знакома с инновациями в мостостроении только по статьям из небольшого количества журналов и интернета. Попытки приглашать преподавателей с производства ни к чему не приводят, так как никто не согласен работать больше, а зарабатывать меньше.

Ситуация с учебниками, учебными и методическими разработками также весьма удручающая. У преподавателей нет времени и материальной заинтересованности на их подготовку, да и нет надежной информации об инновационных конструкциях и технологиях, которые надо бы описать.

Пути решения указанных выше проблем применительно к вузам, готовящим специалистов для отрасли транспортного строительства:

- Повышение квалификации преподавателей мостовых кафедр путем организации специальных курсов с экскурсиями на россий-

ские и зарубежные транспортные объекты; возможность участия в российских и зарубежных конференциях;

- Создание виртуальных кафедр для подготовки специалистов для отрасли транспортного строительства с оснащением этих кафедр комплектами учебной литературы, методической и нормативной документации, видеофильмов, презентаций;

- Подготовка кадров высшей квалификации для отрасли транспортного строительства и вузов через очную и заочную аспирантуру, для эффективной работы которой нужна дополнительная стипендия аспирантам от отрасли;

- Обучение студентов основам инженерной деятельности и изобретательству; проведение педагогических экспериментов по обучению инженерному делу, разработка рекомендаций по внедрению инноваций в высшем профессиональном образовании;

- Централизованное издание учебных пособий и методических материалов в бумажном и электронном виде с обеспечением авторских прав и финансирования этого вида деятельности;

- Обобщение опыта российских и зарубежных вузов в деле подготовки квалифицированных специалистов мостостроения, успешно внедряющих инновации;

- Создание современных, полноценных, полностью укомплектованных современными приборами, оборудованием и средствами автоматизированной обработки результатов испытаний учебно-научных лабораторий для проведения работ по испытанию материалов, изделий и конструкций в отрасли транспортного строительства. Обучение работе на современном испытательном оборудовании работников вузов;

- Проведение научных и инженерных исследований в сфере транспортного строительства по заказам Росавтодора и дорожно-мостовых организаций, а также поисковых фундаментальных исследований;

- Создание доступного для всех желающих банка данных систематизированной информации по изобретениям в дорожно-мостовой

отрасли, а также банка идей, пригодных для реализации в отрасли транспортного строительства;

- Проведение конкурсов молодых инженеров, преподавателей, ученых для выявления их потенциала и поддержки наиболее активных. Организация конкурсов проектных разработок для выявления потенциально активных инженеров и исследователей;

- Помощь в оформлении заявок на патенты на изобретения и полезные модели молодым инженерам, студентам, другим работникам отрасли транспортного строительства;

- Учреждение наград для инженеров отрасли транспортного строительства, для молодых и продвинутых инженеров, студентов с целью поддержки их работы. Организация подготовки к сертификации на звание «Профессиональный инженер» и т. д.;

- Создание базы данных элитного корпуса профессиональных инженеров отрасли транспортного строительства России с указанием их заслуг, решаемых проблем, публикаций, разработок, опыта работы и так далее. Создание специального сайта по этому вопросу.

Проблема проведения научных исследований в мостовой отрасли

Анализ сайта РосдорНИИ, ведущей научно-исследовательской организации в дорожной отрасли, показал, что фундаментальным научным исследованиям по мостовой тематике здесь не уделяется должного внимания. Некоторые исследования проводятся в ряде вузов, но поскольку мостовые кафедры в основном есть в транспортных вузах, то и исследования (даже имеющие мостовую направленность) на этих кафедрах посвящены в основном железнодорожному направлению. Нередко исследования сводятся к «привязке» зарубежных разработок к российским условиям.

Проблема диагностики и оценки состояния и эксплуатации малых мостовых сооружений

Применительно к внеклассным мостам этой проблеме уделяется определенное внимание,

разрабатываются системы их мониторинга и проекты их эксплуатации. И хотя в нашей стране эти системы мониторинга в подавляющем большинстве или не устанавливаются, или не работают, попытки их разработать все-таки делаются! Для внеклассных мостов разрабатываются проекты их эксплуатации, реализация которых позволит увеличить срок их службы. Применительно же к малым мостам ничего такого сегодня не делается. Сейчас обостряется и еще одна весьма важная проблема – отсутствия квалифицированных специалистов по диагностике большого количества мостовых сооружений. Для ее решения следует разрабатывать специализированные экспертные системы, то есть компьютерные программы, позволяющие по результатам не всегда квалифицированной диагностики выполнить оценку состояния мостовых сооружений. В этом направлении работа только начинается.

Как было сказано выше, проблема организации правильной эксплуатации малых мостов осложнена тем, что большинство из них запроектировано по старым нормам, под старые нагрузки, а не под современные, гораздо большие. Поэтому следует провести оценку состояния и грузоподъемности всех малых и средних мостов, поставить перед ними знаки, указывающие их реальную грузоподъемность. Это позволит снизить количество аварий малых мостов по причине прохода по ним сверхнормативных нагрузок.

Проблема разработки конструкций новых малых мостов

Существует и проблема разработки новых современных конструкций малых мостов, соответствующих современным нагрузкам и использующих современные материалы и технологии. Заказчик в задании на проектирование должен отражать современный мировой уровень научно-технического развития. Для этого он должен быть знаком с современными научно-техническими решениями, отно-

сящимся к сфере его деятельности, заниматься патентным поиском и анализом – с целью включения в проектную документацию самых передовых научно-технических решений, что и должно быть отражено в задании на проектирование.

До тех пор, пока заказчику будет безразлично, какую ему выдают проектную документацию, борьба между проектными организациями и экспертизой всегда будет заканчиваться победой экспертизы. А решения, заложенные в проектах на строительство и ремонт, будут 30-летней (и более) давности – так спокойнее и надежнее и, главное, экспертиза выполнит свою задачу по снижению стоимости проектных решений на 30%!

Выходы из создавшейся ситуации

Для решения всех перечисленных проблем нужны подготовленные кадры, которые смогут работать в новых условиях, важно привести программы обучения в соответствие с требованиями закона «О техническом регулировании», а преподавателям следует изучить этот закон и перестроить свои курсы так, чтобы применять его в своей деятельности.

Нужно срочно провести переподготовку специалистов по этому направлению. Заказчику необходимо нацелиться на проектные работы, а службы заказчика

должны разрабатывать технические задания с учетом требований закона «О техническом регулировании» (применение технических решений, соответствующих современному уровню научно-технического развития), для чего следует изучить новейшие достижения (в том числе провести и патентный поиск), и в заданиях на проектирование ставить эти задачи.

Необходимо проводить повышение квалификации сотрудников экспертизы по инновационным решениям и технологиям, а не только по финансовым направлениям. Сейчас в экспертизе большая нехватка специалистов-мостовиков, поэтому заключения экспертизы по мостовым проблемам нередко грешат инженерной безграмотностью.

Несколько лет тому назад мы обращали внимание на то, что нужно найти такие узлы (болевые точки) транспортных сооружений, стоимость которых в общей стоимости сооружений невелика, но их влияние на потребительские свойства сооружений огромно.

К болевым точкам сооружений мы относили (см. выше) квалификацию специалистов (знание ими инновационных технологий); дорожную одежду мостового полотна, гидроизоляцию и водоотвод, деформационные швы, опорные части, антикоррозион-

ную защиту, сопряжение мостов с подходящими насыпями, мониторинг транспортных сооружений, проекты эксплуатации, конструкции малых мостовых сооружений на дорогах.

Заметим, что внедрение инновационных решений в мостостроительной индустрии, достижения в теории мостостроительных конструкций, технический прогресс в сфере оборудования для строительства мостов, а также улучшение прочностных и других показателей новых строительных материалов продолжают играть свою роль в развитии технологии мостостроения.

Строительство современных мостов во многом стало возможным благодаря совершенствованию строительных материалов. Человек по своей природе стремится к внедрению все новых инновационных решений во всех сферах деятельности. Мостостроение не является исключением – каждый новый полученный и ставший доступным строительный материал инженеры стараются применять в строительстве мостовых сооружений. Основные материалы, которые использовались и продолжают использоваться при строительстве мостов, – это дерево, камень, бетон и сталь. В последнее время появились и начинают пока осторожно, но постепенно все более активно применяться для сооружения мостов полимерные композитные материалы.



Рис. 5. Мост с пролетным строением из полимерного композитного материала



Рис. 6. Арочный мост из полимерного композитного материала

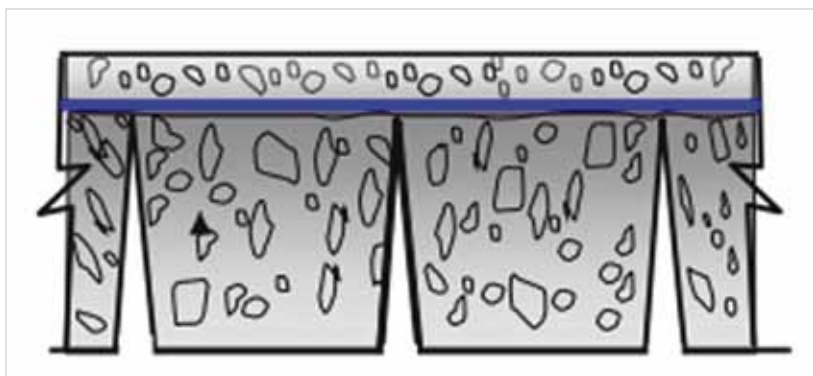


Рис. 7. Схема устройства пролетного строения по технологии FlexiArch



Рис. 8. Изгиб пролетного строения в арочную форму при подъеме



Рис. 9. Монтаж арочного пролетного строения FlexiArch

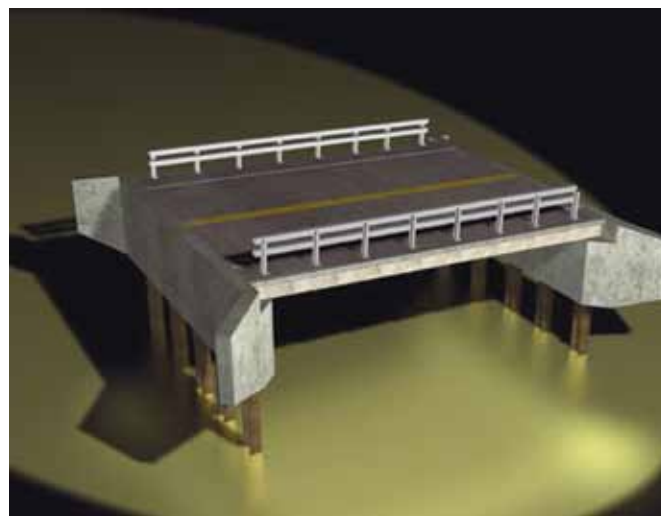


Рис. 10. Мост с интегральными опорами

Для успешной реализации предлагаемого федерального проекта «Малые мосты России» он должен быть включен важной составной частью в национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги». Для этого необходимо привлечь к участию в проекте Курганскую область как субъект Федерации (Указ Президента от 7.05.2018, п. 8), вовлечь в проект крупное предприятие базовой несырьевой отрасли экономики – ЗАО «Курганстальмост» (п. 8 Указа).

Ключевым моментом в подготовке научных и инженерных кадров для выполнения федерального проекта «Малые мосты России» в составе нацпроекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» является научно-образовательная структура. Такой структурой в г. Курган может стать нынешний неперспективный Курганский институт железнодорожного транспорта (КИЖТ) (который готовит маловос-

требуемых техников для железных дорог). Для этого необходимо перепрофилировать КИЖТ, ввести его в состав Курганского Госуниверситета на правах института инновационных мостов (п. 1 Указа).

При этом структура такого института должна быть аналогичной структуре Научно-образовательного центра (НОЦ). На наш взгляд, структура, подобная НОЦ – это наиболее приемлемая форма организации подготовки молодых специалистов, специалистов высшей квалификации в области инновационных конструкций малых мостов и их материалов, фундаментальных и прикладных исследований, коммерциализации их результатов, разработки новых программ и методов, развивающих и объединяющих фундаментальные научные исследования и учебный процесс, направленные на долгосрочную перспективу замены всех устаревших малых (и средних) мостов в России.

Применительно к проблеме малых мостов здесь можно отметить следующие пути их развития, а именно:

1) Малые мосты из полимерных композитных материалов

В этом направлении в России имеются определенные подвижки. Здесь можно отметить изготовление целых пролетных строений из полимерных композитных материалов, или же применение армобетонных конструкций с арматурой из неметаллических материалов. Ниже на рис. 5 и 6 показаны примеры мостов из полимерного композитного материала.

Представляет интерес применение гибкой полимерной композитной арматуры в арочных малых мостах по технологии Flexi Arch (рис. 7, 8, 9).

2) Малые мосты с интегральными устоями или малые интегральные мосты



Рис. 11. Грунтозасыпной арочный мост с несущим металлическим гофрированным сводом



Рис. 12. Малый грунтозасыпной мост с трубобетонными арочными несущими элементами с оболочкой из полимерного композитного материала



Рис. 13. Процесс строительства этого моста с трубобетонными несущими арками



Рис. 14. Малый мост из старогодных труб на автодороге Казань – Киров

При этом под интегральным устоем понимается конструкция концевой опоры, объединенная с пролетным строением и представляющая собой железобетонную стенку на всю ширину пролетного строения, опирающуюся на гибкие стальные однорядные сваи (рис. 10). Переходная железобетонная плита объединяется с телом устоя с помощью арматуры при сохранении зазора между торцом переходной плиты и телом устоя. Затраты на содержание мостов и путепроводов с интегральными устоями ниже, чем для мостов балочной и рамной систем из-за отсутствия деформационных швов и опорных частей. В России проблему мостов с интегральными устоями разрабатывает профессор В.И. Попов с учениками, а также Б.А. Дробышевский.

3) Грунтозасыпные мосты с несущим металлическим гофрированным арочным сводом (рис. 11) Такая конструкция обеспечивает высокую скорость монтажа при

минимизации трудозатрат, а также можно выбирать тип поперечного сечения свода в зависимости от гидрологических особенностей местности. Может эффективно использоваться при ремонте старых мостов: гофрированный свод устанавливают под существующим мостом и производят засыпку пазух. Затем убираются опоры существующего моста и производится досыпка грунта до нужного уровня. При этом в процессе ремонта можно либо вообще не останавливать, либо только ограничивать транспортный поток.

4) Малые грунтозасыпные мосты с трубобетонными арочными несущими элементами с оболочкой из полимерных композитных материалов (рис. 12, 13) Достоинства таких мостов: легкие арочные трубчатые оболочки могут монтироваться без применения крановой техники; низкая потребность в бетоне и других привозных материалах, нада-

рочное строение может быть выполнено из местных материалов; композитные оболочки несущих элементов могут быть изготовлены прямо на месте, вакуумная инфузия не требует тяжелого и сложного оборудования.

5) Малые мосты из старогодных труб (рис. 14, 15)

Анализ конструктивных решений с использованием старогодных труб показал, что, с одной стороны, экономятся дефицитные двутавровые балки и покрывается потребность в мостах, однако применение труб приводит к значительному перерасходу металла из-за неэффективного его использования при работе конструкций пролетных строений на изгиб. Кроме того, развитая поверхность контакта с эксплуатационной средой и отсутствие эффективных мер противокоррозионной защиты влекут за собой значительные коррозионные потери в пролетных строениях из труб. Все это приводит к сниже-



Рис. 15. Малый мост с трубчатым пролетным строением, усиленным уголками



Рис. 17. Пешеходный мост Tor Vergata

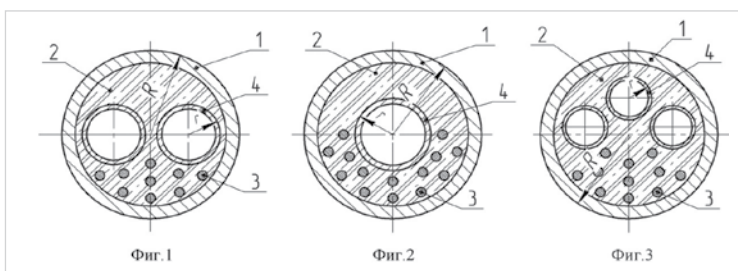


Рис. 16. Сечение трубобетонной балки с предварительно напряженной арматурой



Рис. 18. Мост «Мир» по проекту Калатравы



Рис. 19. Ночное освещение моста Мира в Тбилиси



Рис. 20. Змеевидный мост в Мельбурне

нию долговечности конструкции, поэтому следует применять меры противокоррозионной защиты.

Кроме того, оказалось, что сечения балок пролетных строений обычно подбираются без учета совместной работы с железобетонными плитами проезжей части. Превращение этих конструкций в сталежелезобетонные существенно повысит их прочность, жесткость и долговечность, что может существенно улучшить техническое состояние мостов.

Следовательно, имеется интересная и важная задача по разработке конструктивных решений пролетных строений с использованием

старогодных труб, а также задача обеспечения их эффективной защиты от агрессивного воздействия окружающей среды.

6) Малые балочные мосты с трубобетонными пролетными строениями

Область применения и новых, и старогодных труб в малом мостостроении может быть значительно расширена путем их использования в качестве и опалубки, и несущей конструкции при заполнении их полости бетоном специальной консистенции. Однако обычные трубобетонные балки в пролетных строениях мостов использовать практически невозможно, так как в нижней

части балок бетонное ядро работает на растяжение и в нем довольно быстро образуются трещины. Для реализации потенциальных грузоподъемных свойств прямых трубобетонных балок в них надо создать неравномерное распределение предварительно созданных сжимающих напряжений. На рис. 16 представлены возможные схемы расположения армирующих элементов в трубобетонной балке.

Очевидно, что для облегчения заполнения полости трубы бетоном при бетонировании эти элементы надо располагать или под углом, или вертикально, причем вполне можно применять и самоуплотняющийся бетон. Напряженное



Рис. 21. Арочный пешеходный мост-бабочка в Англии



Рис. 22. Двухэтажный пешеходно-велосипедный мост с разделным движением в Нидерландах



Рис. 23. Проект надувного моста-батута в Париже



Рис. 24. Пешеходный мост-пружина в Германии

состояние трубобетонной конструкции можно регулировать в широких пределах, создавая искусственные поля напряжений, благоприятные для работы несущей балки (управляя усилиями натяжения в армирующих элементах при создании предварительного напряжения).

В настоящее время практически отсутствуют методы расчета прямых трубобетонных балок для пролетных строений малых мостов. Расчетные методы должны учитывать особенности конструкции предлагаемых балок: в первую очередь, рассматривать их как выполненные из композитных материалов на неметаллической

матрице, у которых поля напряжений в общем случае нелинейные и нестационарные. Кроме того, следует рассмотреть все физически реализуемые варианты совместной работы металлической трубчатой оболочки, бетонного ядра (матрицы) и армирующих элементов (стальной арматуры или стальных тросов), что позволит раскрыть потенциальные эксплуатационные свойства предлагаемой трубобетонной балки как элемента пролетного строения малых мостов.

На базе ЗАО «Курганстальмост» предполагается проведение специальных исследований различных вариантов создания

предварительного напряжения в трубобетонных балках и различных конструкций пролетных строений из предварительно напряженных трубобетонных балок.

7) Мосты по принципу tensegrity

В последнее время за рубежом начали активно разрабатываться проекты мостов, основанные на использовании принципа tensegrity, или принципа самонапряженных конструкций, основанного на использовании элементов, работающих только на сжатие или только на растяжение. В системах, созданных по принципу tensegrity, материал используется весьма рационально и все элементы во время эксплуата-

ции работают с максимальной эффективностью. Однако механизм перераспределения нагрузок между растянутыми и сжатыми элементами tensegrity-систем не всегда очевиден и часто не может быть понят интуитивно. Поэтому данный класс сверхэкономичных пространственных конструкций только начинает применяться в строительной практике.

На рис. 17 приведен пример пешеходного моста пролетом 32 м с использованием системы tensegrity, предложенный исследовательской группой из Римского университета.

8) Пешеходные мосты новых типов

К малым и средним мостам чаще всего относятся пешеходные. В России в силу ряда и объективных, и субъективных причин при проектировании мостовых сооружений предпочтение отдавалось типовым разработкам, потому в нашей стране не получили достаточно широкого распространения мосты уникальных форм и технических решений. Однако в мире мостостроение развивается, и далее мы приведем несколько интересных решений мостовых конструкций, опирающихся на использование бионического подхода, заимствованных из нашей монографии (Современные пешеходные и велосипедные мосты (основные концепции проектирования и примеры)/ И.И. Овчинников, А.Б. Караханян, И.Г. Овчинников, Ю.П. Скачков. – Пенза: ПГУАС, 2018. – 140 с.).

О разработке методик проектирования и типовых проектов малых мостов. Федеральный проект «Малые мосты России»

Очевидно, что перед инженерами и учеными, имеющими отношение к мостостроительной отрасли России, стоят большие задачи по восстановлению парка малых мостов России.

Например, в Курганской области из 142 мостов в 29 районах, по мнению специалистов Курган-

автодора, замене подлежат около 100 мостов. Если принять, что стоимость одного моста составляет 17–20 млн рублей, то в целом в одной только Курганской области имеется потенциальный мостостроительный рынок объемом около 2 млрд рублей.

Как известно, самым крупным национальным проектом является автодорожный проект с объемом 8,42 трлн рублей до 2024 года. Ясно, что реализовывать этот проект в части мостостроения, опираясь только на старые типовые проекты и технологии, неэффективно. Нужны современные технические решения, использующие современные материалы и технологии. Нужны инициативные группы специалистов и предприятия, которые взялись бы за реализацию этого национального проекта с учетом современных реалий, которые разрабатывали бы современные типовые проекты применительно к определенным регионам России и реализовывали бы их в этих регионах.

Так, в Курганской области таким предприятием может стать ЗАО «Курганстальмост», имеющий большой опыт реализации крупных инфраструктурных проектов в части изготовления несущих конструкций мостовых сооружений и спортивных объектов. На основе ЗАО «Курганстальмост» необходимо создать ядро мостового кластера в Западной Сибири. К нему может присоединиться и эффективно работающее предприятие мостового направления – АО «Мостострой-11» (г. Тюмень). Следует особо подчеркнуть, что многолетняя работа авторов на предприятии «Курганстальмост», посвященная малым мостам на основе трубобетонных элементов, логично привела, по сути, к технологическому прорыву – новому бюджетному и долговечному типу инновационных малых мостов, не имеющих аналогов в мостостроении. Следует отметить, что инженерная, экономическая и социальная идея федеральной программы инновационных малых

мостов «Малые мосты России» гармонично встраивается в группу не менее чем пяти из 12 национальных проектов (п. 1, п. 2, п. 8, п. 9, п. 15 Указа от 07.05.2018).

Повышенное внимание президента России к выполнению национальных проектов даст мощный импульс развитию экономики Курганской области, подготовке научных и инженерных кадров региона, укреплению позиций ЗАО «Курганстальмост» и на российском, и – в ближайшем будущем – на международном рынке, что тесно связано с предлагаемой программой «Малые мосты России». В конечном итоге при удачном решении непростой инженерной задачи, какой является внедрение конструкций малых мостов на основе трубобетонных элементов, приоритет по таким мостам будет принадлежать Курганской области и, наконец, России.

И.Г. Овчинников,

д-р техн. наук, проф., акад. РАТ,

И.И. Овчинников,

канд. техн. наук, доц.,

советник РАТ,

О.Н. Распоров,

д-р транспорта, акад. РАТ,

К.О. Распоров, канд. техн. наук,

доц., д-р транспорта,

акад. РАТ (Российская академия транспорта), bridgeart@mail.ru

А.В. Ильтяков,

канд. техн. наук, доц.,

депутат Госдумы,

Д.Н. Парышев, акад. РАТ,

генеральный директор

ЗАО «Курганстальмост»,

О.Ю. Моисеев,

д-р транспорта, акад. РАТ,

генеральный директор

ООО «Мостпроект»,

В.И. Копырин, канд. техн. наук.,

лауреат Госпремии СССР,

технический директор,

В.В. Харин, канд. техн. наук, доц.,

академик РАТ,

зам. гендиректора по научной

работе и инновационной

деятельности,

И.П. Попов,

главный инженер проектов

(ЗАО «Курганстальмост»)