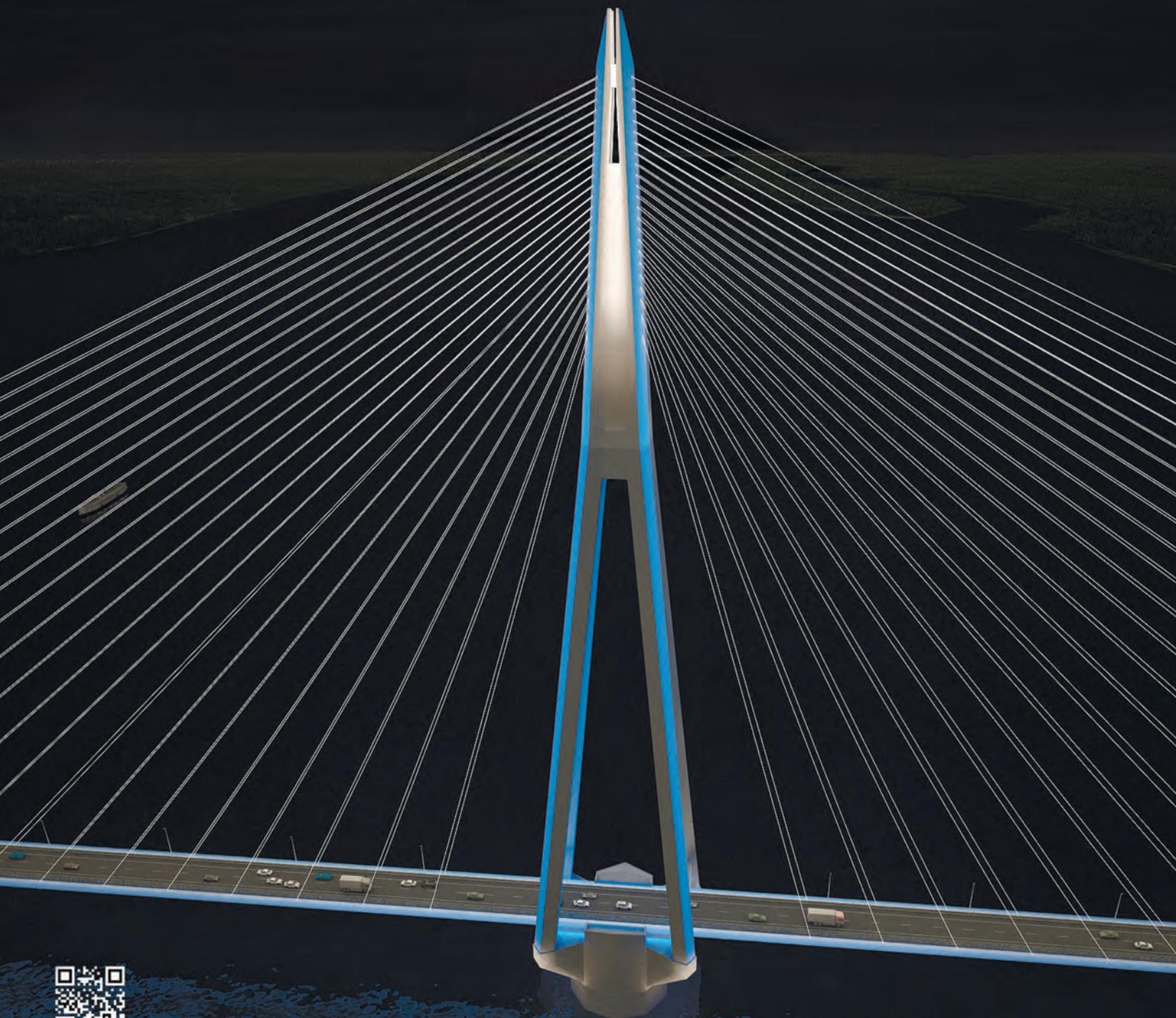




МОСТЫ И ВРЕМЯ

Специальный выпуск журнала «ДОРОГИ. Инновации в строительстве»



gpsm.ru

Мостовой переход через реку Лену в районе Якутска

НПС // ИНСТИТУТ
ГИПРОСТРОЙМОСТ-СПб

В ОЖИДАНИИ ПЕРЕМЕН...



Что он нам готовит, год грядущий?
Чем он нас порадовать спешит?
Будет жизнь богаче, ярче, лучше?
И покой для сердца и души?

Сможем ли расправить гордо плечи
И победным маршем прошагать
Будущему светлому навстречу,
Чтобы в нем творить и созидать?

Хватит делать демонов из русских!
Россияне мы и с нами Бог!
У медведя напрягается мускул,
Только если враг – к нам на порог.

Хватит лжи, клеветники России,
И понять уже давно пора –
Победить нас, русских, вы бессильны.
Всем желаю мира и добра!

Вот таким невеселым стихотворением я заканчиваю этот непростой для всех нас год и желаю, чтобы в приходящем 2026 году наступил мир, и страна успешно продолжила реализовывать свои грандиозные планы, в том числе по развитию транспортной инфраструктуры. Мира и добра всем вам, уважаемые читатели! С Новым годом!

С самыми добрыми новогодними пожеланиями,
главный редактор Регина Фомина

РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ

ОБСЛЕДОВАНИЕ

ИСПЫТАНИЯ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ

МОНИТОРИНГ



Москва, ул. Полярная, дом 33, стр. 3, пом. 6.
Тел./факс: +7 (499) 476 79 72

nic-mosty@mail.ru
nic-mosty.ru

В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ОБСУДИЛИ ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ МОСТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

18-19 СЕНТЯБРЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ СОСТОЯЛАСЬ IV МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА «ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В РОССИИ: МОСТЫ И ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ». МЕРОПРИЯТИЕ ОБЪЕДИНИЛО ВЕДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ОТРАСЛИ ДЛЯ ОБМЕНА МНЕНИЯМИ, ВЫРАБОТКИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ МОСТОСТРОЕНИЯ И ОБСУЖДЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ СТРАНЫ.

В течение двух дней в отеле «Азимут Сити» шел конструктивный профессиональный диалог специалистов – дорожников и мостовиков. Мероприятие прошло при организационной поддержке ключевых отраслевых структур, включая Министерство транспорта РФ, Федеральное дорожное агентство, профильные комитеты Санкт-Петербурга, а также научные и общественные организации (ФАУ «РОСДОРНИИ» и др.). Организатором конференции выступила Ассоциация «Р.О.С.АСФАЛЬТ», соорганизатором – ООО «Мастерская мостов».

ТЕМЫ И ВОПРОСЫ

Участники конференции рассмотрели широкий спектр вопросов, связанных с современными подходами к проектированию и строительству мостов. Особое внимание было уделено проблемам импортозамещения, внедрению передовых технологий и перспективных материалов. В фокусе дискуссий также находились темы управления жизненным циклом мостов, цифровой



трансформации процессов строительства и эксплуатации, вопросы совершенствования системы ценообразования в дорожном строительстве.

Значительный интерес участников конференции вызвала тема развития стального мостостроения, которая рассматривалась в контексте повышения долговечности и надежности транспортных сооружений. Специалисты отметили важность сохранения темпов строительства и ремонта искусственных сооружений, достигнутых в последние годы. Статистические данные свидетельствуют о приведении в нормативное состояние более 80 тыс. м искусственных сооружений в различных регионах страны с 2022 года.

Планы на 2025 год предусматривают строительство и приведение в нормативное состояние более 600 мостов и путепроводов, а также реконструкцию примерно 100 объектов дорожной инфраструктуры. Реализация этих мероприятий оказывает существенное влияние на повышение транспортной доступности регионов, снижение нагрузки на федеральные и региональные автомагистрали, увеличение пропускной способности транспортной сети.



В рамках деловой программы состоялась специализированная сессия Комитета по инновациям при Научно-техническом совете Федерального дорожного агентства. Участники обсудили перспективные направления технологического развития отрасли, вопросы внедрения цифровых решений и передовых строительных технологий.

Параллельно с конференцией работала выставка, где были представлены современные материалы, оборудование и технологии, используемые в дорожном хозяйстве и мостостроении. Экспозиция продемонстрировала достижения отечественных производителей в условиях реализации политики импортозамещения.

С ПОЗИЦИИ «Р.О.С.АСФАЛЬТ»

Прошедшее мероприятие прокомментировал директор Ассоциации «Р.О.С.АСФАЛЬТ» Алексей Бунчик:

— Уже четыре года подряд мы собираем в Санкт-Петербурге ведущих мостовиков и дорожников, и сегодня наше мероприятие по праву стало главной отраслевой площадкой. Здесь мы обсуждаем современные тренды мостостроения, тоннелестроения, проектирова-



ния путепроводов и эстакад. Это место, где компании могут заявить о себе, представить новые решения, конструкции и материалы.

Для нас крайне важно, что эту инициативу поддерживают Министерство транспорта РФ и Федеральное дорожное агентство. Более того, в этом году к активной работе по подготовке конференции присоединилось ФАУ «ФЦС» Минстроя России. Таким образом, нам удалось объединить на одной площадке всех ключевых специалистов – как со стороны Минстроя, так и со стороны Минтранса.

Что касается содержательной части, в этом году мы увидели множество инновационных решений. Например, был представлен специальный состав литого асфальтобетона, разработанный дочерним предприятием «ЛУКОЙЛа» – ООО «ЛЛК-Интернейшнл». Также ассоциация РАПЭТ совместно с компанией «СИБУР» продемонстрировала технологии облегченных конструкций для насыпей. И это лишь часть решений, среди которых были и технологии для быстрого ремонта искусственных сооружений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение мероприятия способствовало выработке консолидированных решений по дальнейшему развитию мостовой инфраструктуры, определению приоритетных направлений научно-технического развития и укреплению профессионального взаимодействия между участниками дорожно-строительного комплекса. Обсуждения на конференции подтвердили важность сохранения текущих темпов развития дорожной инфраструктуры для успешной реализации мероприятий в рамках национального проекта «Инфраструктура для жизни».

«МЫ – ГОЛУБАЯ КРОВЬ, МОСТОВИКИ!»

В. Н. СМИРНОВ,
д. т. н., проф. кафедры «Мосты» ПГУПС

И хоть много есть строителей
Там, где нет вблизи реки,
Над рекой же победители –
Мы – голубая кровь, мостовики!

Из песни

В БЛИЖАЙШИЕ ГОДЫ ПРЕДПОЛАГАЕТСЯ ВОЗВЕДЕНИЕ ЦЕЛОГО РЯДА УНИКАЛЬНЫХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ НА СТРОЯЩЕЙСЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ СЕВЕРНОГО ШИРОТНОГО ХОДА ЧЕРЕЗ РЕКИ ОБЬ (МЕЖДУ ЛАБЫНГИ И САЛЕХАРДОМ) И НАДЫМ С ДЛИНОЙ СООТВЕТСТВЕННО 2,4 И 1,3 КМ, НА ОБХОДЕ ВЛАДИВОСТОКА С ВЫХОДОМ НА О. РУССКИЙ, ЧЕРЕЗ ЛЕНУ В РАЙОНЕ ЯКУТСКА, ОБСУЖДАЕТСЯ ВОПРОС СТРОИТЕЛЬСТВА ПЕРЕХОДА НА О. САХАЛИН И ДР. В ПЕТЕРБУРГЕ ВЕДЕТСЯ СТРОИТЕЛЬСТВО БОЛЬШОГО СМОЛЕНСКОГО МОСТА ЧЕРЕЗ НЕВУ, ПЛАНИРУЕТСЯ СТРОИТЕЛЬСТВО КОЛЬЦЕВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ВОКРУГ ПЕТЕРБУРГА ТАКЖЕ С МОСТОВЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ.

По указанным объектам проектировщики в большинстве случаев или уже разработали проектную документацию, или имеют соответствующие наработки.

Более сложным представляется вопрос с подрядными организациями. В последние годы многие из них подверглись разрушительному воздействию ряда внешних факторов (в частности, некачественного законодательства в строительной сфере и ввиду недостаточной поддержке государственными организациями на муниципальном уровне). Как печальный пример можно привести банкротство в последние годы крупных петербургских подрядных организаций. Это «Мостострой-6», обеспечивавший ранее успешное строительство мостов на всем Северо-Западе страны, «Мостоотряд-19», ставшийся флагманом отечественного мостостроения, «Ленмостстрой», много лет обеспечивавший строительство мостовых объектов в Петербурге, фирма «Пилон», успешно реконструировавшая крупные мосты и набережные города.

Объясняли это, в частности, причинами необходимости конкуренции, обязательной в рыночных условиях. Однако, как подчеркивал еще в 1920-х гг. нобелевский лауреат экономист Василий Леонтьев: «...Рыночный механизм хоть и основан на конкуренции, должен действовать под строгим контролем государства. Только вместо жесткого централизованного планирования должно быть планирование ориентирующее». Стихийность рынка, выразившаяся в обрушении и ликвидации петербургских подрядчиков, привела, в конечном счете, к тому, что

мы лишились квалифицированных местных кадров мостостроителей. В результате Большой Смоленский мост в городе мостов строит московская организация.

Если это объяснять необходимостью в централизации управления в мостостроительной отрасли, то встает вопрос о целесообразности возрождения Минтрансстроя. Это представляется вполне разумным, поскольку объединение совершенно разнородных организаций (авиация, водный флот и строительная отрасль) в Минтранс РФ представляется не самым удачным решением. Существует же Минстрой, занимающийся решением задач промышленного и гражданского строительства! Транспортное строительство в условиях нашей страны с ее необыкновенными размерами играет совершенно особую роль в экономическом, политическом и стратегическом плане. Уместно вспомнить, что Древнеримская империя существовала несколько веков благодаря, в том числе, хорошим дорогам и мостам. Не зря с тех пор сохранилось выражение «Все дороги ведут в Рим».

Следует отметить, что при этом для решения производственных задач получит новый импульс и отечественная отраслевая наука. Ранее исследовательской работой в отрасли занимался ЦНИИС, очень уважаемая организация, координирующий научный центр отрасли транспортного строительства. Большое внимание уделялось при этом разработке нормативной документации, определялась техническая политика отрасли. Создание такого научно-исследовательского отраслевого органа стало наименее необходимым в современных условиях, а при наличии Минтрансстроя это стало бы абсолютно логичным.

Для решения сложных задач, стоящих перед мостовым сообществом, надо вспомнить известное положение: «Кадры решают все». Особенно это относится к инженерам. В настоящее время в транспортно-строительном комплексе задействованы вузы Москвы (РУТ (МИИТ), МАДИ), Санкт-Петербурга (ПГУПС, СПбГАСУ), Ростовский госуниверситет путей сообщения, Приволжский госуниверситет путей сообщения, а также Уральский, Сибирский, Омский, Иркутский, Дальневосточный, Донецкий университеты.

В вузах функционируют свои научные школы, отрабатываются современные методики обучения. Это процесс, требующий постоянного совершенствования, имеющий задачу искать ответ на вопрос, как лучше учить студента, чтобы вырастить из него квалифицированного специалиста и воспитать достойного гражданина. И здесь имеются различные точки зрения.

Так, существующая сейчас парадигма высшего образования, заключающаяся в том, что абитуриент может одновременно подавать документы в три вуза, не способствует высокому качеству подготовки специалиста. Будущий студент равнодушно относится к профессии (например, инженера-мостостроителя), его принцип – лишь бы куда-то поступить для получения высшего образования. Вузам следует еще в школе прикладывать усилия для пропаганды того или иного факультета (хотя бы на эмоциональном уровне, для чего наш Петербург подходит как нельзя лучше). Сейчас первые два года обучения студент часто не испытывает воздействия выпускающих кафедр, хотя можно, например, на первом курсе в обязательном порядке слушать дисциплину «Введение в специальность», а по мостовой специализации на втором курсе, например, «Архитектуру мостов» и т. д.

Еще первым ректором первого транспортно-строительного вуза России (сейчас ПГУПС) Августином Бетанкуром было выставлено требование практико-ориентированного обучения студентов, чтобы инженер по получении диплома мог сразу самостоятельно решать практические задачи. Это определяет необходимость в достаточно длительной практической подготовке, иными словами, в высококачественной производственной практике. Сейчас ее продолжительность составляет на третьем и на четвертом курсах всего по четыре недели. В советские времена она была более чем вдвое длиннее, что оправдано необходимостью глубоко овладевать секретами сложной мостовой специальности, на оплачи-

ваемом рабочем месте привыкать к производственной обстановке, будь то проектный институт или прорабский участок на строительном объекте.

Представляется, что на законодательном уровне для организации-работодателя следует предусматривать некие преференции, мотивирующие его к организации производственной практики студентов на высоком уровне. Сейчас такой мотивации нет, оплачиваемые рабочие места предоставляют практикантом далеко не всегда, а по причине краткосрочности практики ответственные работы им не поручаются. Недостаточные сроки производственной практики объясняют опасностью перегруженности студентов. Логично, однако, задать вопрос: «А как же решалась эта задача в 1960-1980-е гг., когда сроки практики были значительно больше, да при этом студенты-мужчины успевали летом пройти учебные военные сборы, еженедельно в течение целого учебного дня обучаться на военной кафедре?».

Подводя итоги по вышеописанной ситуации, можно высказать некоторые предложения, направленные на повышения качества деятельности мостостроительного комплекса. Ввиду чрезвычайной важности дорожно-мостовой отрасли для развития страны – возродить Минтрансстрой; ввиду необходимости для мостостроительной отрасли в реализации достижений технического прогресса, осуществления координации деятельности научных работников отрасли – восстановить научно-исследовательский институт при Минтрансстрое типа ЦНИИС; законодательно обеспечить преференции организациям-работодателям, принимающим студентов на оплачиваемые рабочие места и обеспечивающим высокий уровень практики; увеличить сроки производственных практик до 8–12 недель (на оплачиваемых рабочих местах); для привлечения работодателей к тесному сотрудничеству с выпускающими кафедрами транспортно-строительных университетов – обеспечить высокую мотивацию сотрудников проектных и подрядных организаций, способных и желающих принимать участие в учебно-воспитательном процессе (при стаже их работы более 5 лет); учитывая сложность профессии, начинать знакомить студентов с мостостроением с первого курса (путем, например, проведения экскурсий на объекты строительства, а также чтения лекций по направлению специальности, в том числе с привлечением производственников).

Есть такая поговорка у студентов – «на мостах учиться трудно, но интересно»!

Литература

1. В. Н. Смирнов. Причины и следствие банкротства мостостроителей. // Дорожная держава. // № 85/2018. С. 52-53.
2. В. Н. Смирнов. Проблемы нормативной базы развития транспортной инфраструктуры. // Дороги. Инновации в строительстве. // № 74/2018. С. 11-13.

ПОИСК РЕЗЕРВОВ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АВТОДОРОЖНОГО МОСТОВОГО ПОЛОТНА

С. Ю. ПОЛЯКОВ,
к. т. н., ст. преподаватель кафедры «Мосты» ФГБОУ ВО СГУПС, ст. науч. сотр. СибНИИ мостов
(г. Новосибирск), секретарь национальной группы Ассоциации IABSE

АКТУАЛЬНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ МОСТОВОГО ПОЛОТНА, ОСОБЕННО АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ, ОСТАЕТСЯ ВЫСОКОПРИОРИТЕТНОЙ ЗАДАЧЕЙ ДЛЯ ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ. ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ АКТИВНОЙ РАБОТЫ В ЭТОМ НАПРАВЛЕНИИ НАЧИНАЮТ ПРИНОСИТЬ ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ. ИССЛЕДОВАНИЯ В ДАННОЙ ОБЛАСТИ ПРЕДСТАВЛЯЮТ ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРСЕР В ВИДУ ИХ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ НОВИЗНЫ И ОГРАНИЧЕННОГО ЧИСЛА СПЕЦИАЛИСТОВ, ГЛУБОКО ИЗУЧАЮЩИХ СПЕЦИФИКУ РАБОТЫ АСФАЛЬТОБЕТОНА ИМЕННО НА МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ.

Важным аспектом исследований является экспериментальное определение реальных напряжений и деформаций в асфальтобетонном покрытии под воздействием транспортных нагрузок (рис. 1). Специальные методики, включающие в себя установку датчиков непосредственно на покрытие и нагружение мостов по заданным схемам, позволили получить уникальные данные, не имеющие аналогов в

известных отечественных и зарубежных источниках, стали основой для актуализации расчетных моделей. Теперь существует возможность достоверно вычислять напряжения, возникающие в асфальтобетоне при проезде транспорта по различным типам проезжих частей — как металлических, так и железобетонных. Это существенный шаг в понимании реальных условий эксплуатации покрытий.

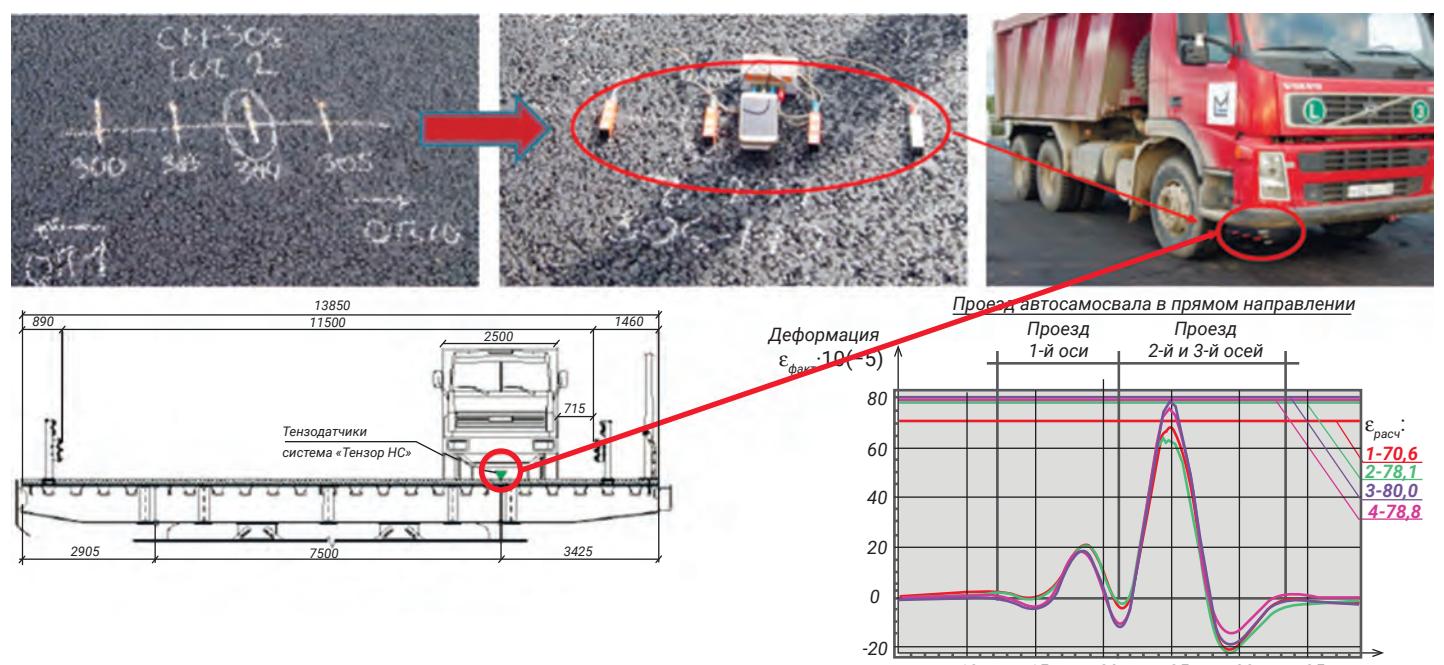


Рис. 1. Процесс проведения эксперимента по определению фактических деформаций в асфальтобетонном покрытии под воздействием автосамосвала

Актуальность проблемы долговечности покрытий особенно ощущается в регионах за Уралом, где состояние одежды ездового полотна часто требует повышенного внимания.

Анализ жизненного цикла покрытий на металлических мостах выявил характерную закономерность. Первоначально уложенное покрытие служит около 15 лет, после чего количество дефектов (трещин, выбоин) достигает критического уровня. Последующий ремонт, часто включающий в себя фрезерование верхнего слоя и локальный ремонт нижнего, обеспечивает эксплуатацию уже только 7 лет. Следующий цикл ремонта сокращает срок службы примерно до 4 лет. Такое ступенчатое снижение долговечности продолжается до полной замены дорожной одежды.

Примечательно, что материалы гидроизоляции, как показал опыт вскрытия, могут сохранять работоспособность даже через 27-30 лет эксплуатации без признаков коррозии или разрушения. В местах, где покрытие сохранилось хорошо, свойства нижнего слоя асфальтобетона даже после 27 лет соответствуют нормативным требованиям по тем показателям, которые мы можем контролировать в процессе эксплуатации в соответствии с нормативной документацией — например, по водонасыщению. Все это указывает на значительный резерв долговечности указанных конструктивных слоев одежды ездового полотна.

Основные дефекты асфальтобетонных покрытий на мостах — продольные и поперечные трещины, сетка трещин, в случае их неустранения приводящие к выбоинам. Наблюдается четкая тенденция к однотипности этих дефектов на разных объектах, особенно на мостах с ортотропной плитой. Характерно образование прерывистых продольных трещин по полосам наката и регулярных поперечных трещин (рис. 2).

Исследования показали, что поперечные трещины часто совпадают с шагом поперечных балок (ребер жесткости) ортотропной плиты. При этом встречаются трещины и в зонах, где их появление с точки зрения классических представлений о работе конструкции не ожидалось, например, в областях сжатия верхнего пояса. (Вскрытия в таких зонах подтвердили сохранность гидроизоляции.)

Для выявления причин возникновения подобных «неправильных» трещин выполнен углубленный анализ, включая экстрагирование битума из старого покрытия (несмотря на методические сложности сравнения с современными нормами), который выявил недостаточные свойства вяжущего. Например, нижняя температура хрупкости битума составила -28°C при требуемых значениях около -40°C . На отдельных объектах с изначальными нарушениями технологии укладки наблюдались специфические дефекты, такие как «песчаные пятна» — участки, где покрытие теряет связность,

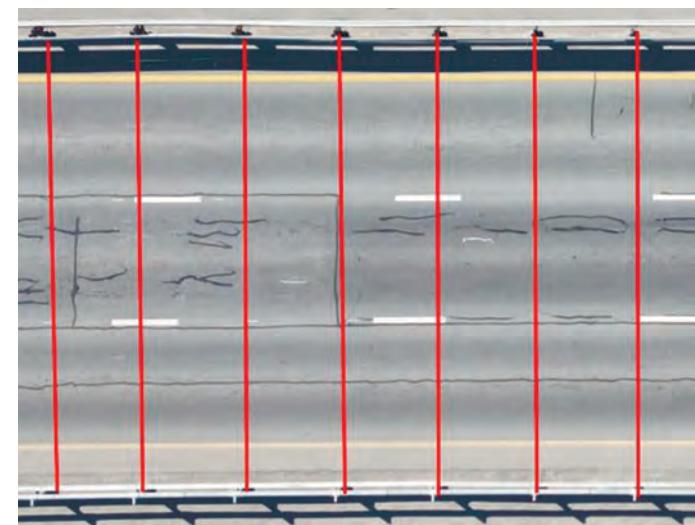
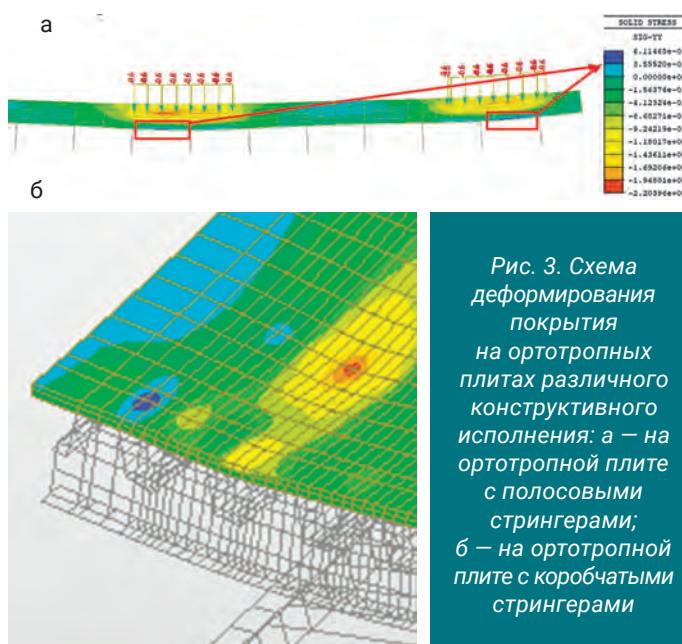


Рис. 2. Распределение трещин в асфальтобетонном покрытии на ортотропной плите (красные линии — оси поперечных балок)

обнажая минеральный остов. Практика показывает, что появление подобных «пятен» является признаком скорого образования выбоин на местах. Лабораторное изучение образцов с такими дефектами позволило выдвинуть гипотезу о причинах: совокупность факторов, включая применение щебня низкого качества (слабая прочность зерен, наличие загрязнений), переуплотнение при укладке (приводящее к раскалыванию зерен), недостаточная толщина битумной пленки на зернах минерального материала. Это приводит к вымыванию битума и расслоению смеси.

Исследования напряженного состояния покрытия выявили ключевую закономерность. На гибких ортотропных плитах (с продольными ребрами полосового сечения) асфальтобетон под нагрузкой «проскальзывает» по гидроизоляции, испытывая растягивающие напряжения в нижней зоне (рис. 3, а). На жестких ортотропных плитах (например, с коробчатыми продольными ребрами высотой 300 мм) сами ребра работают как точечные опоры, вызывая растягивающие напряжения уже в верхней зоне покрытия (рис. 3, б).

Примечательно, что уровень напряжений в асфальтобетоне оказывается практически одинаково высоким как на гибких, так и на жестких плитах и существенно превышает уровень напряжений на железобетонных пролетных строениях. Это указывает на принципиальную недостаточность несущей способности таких смесей для работы в специфических условиях мостовых конструкций с ортотропными плитами любого конструктивного исполнения. Альтернативой видится применение литого асфальтобетона.



Расчетные методы подтверждают усталостный характер этих трещин, возникающих через 5-7 лет эксплуатации на множестве объектов, что исключает версию о массовых строительных дефектах.

Изучение микроструктуры разрушения показало два основных механизма: хрупкое (зимой) и вязко-пластичное (весной/осенью). Трещины часто огибают зерна щебня (рис. 4), а основная масса дефектов накапливается именно в межсезонье.

Обнаружен уникальный феномен: наличие постоянно возобновляющихся влажных пятен на поверхности покрытия даже в жаркую сухую погоду (+30 °C, без дождей несколько дней) на участках с большим поперечным уклоном. Вскрытие под таким пятном выявило застой воды непосредственно под асфальтобетонным покрытием. Вода появлялась вновь через несколько секунд



Рис. 4. Огибание трещиной зерен щебня

после удаления, что указывает на скрытые источники увлажнения внутри конструкции (рис. 5).

Мощным инструментом для анализа долговечности является специализированная база данных по мостам (АИС ИССО-Н), накапливающая результаты обследований за 10-15 лет. Статистическая обработка информации по 270 внеклассным мостам с металлической проездной частью (несмотря на иногда неполные данные по типам смесей и гидроизоляции) позволяет выявлять закономерности и оценивать эффективность различных решений. Важным аспектом работы является взаимодействие с производителями материалов и эксплуа-

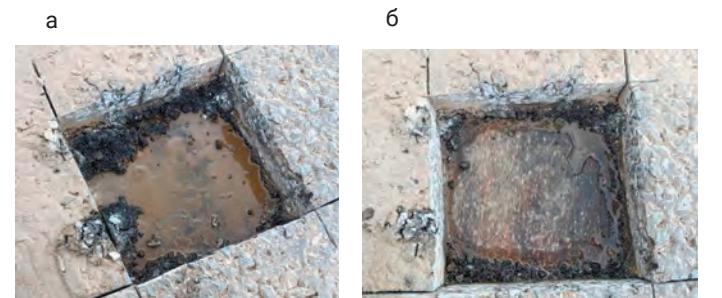


Рис. 5. Застой воды под асфальтобетонным покрытием: а – застой воды под асфальтобетонным покрытием сразу после извлечения вырубки; б – поступление воды в полость вырубки после предшествовавшего удаления воды

тирующими организациями для сбора и обмена опытом, анализа как современных, так и исторических решений (например, активного применения литого асфальтобетона в прошлом, о чем свидетельствуют статьи в дорожных и мостовых изданиях 1960-х и 1970-х гг.).

Совершенствование нормативной базы видится ключевым направлением для решения проблемы. Требования к асфальтобетонам для мостов должны быть ужесточены путем учета сложности условий работы покрытий на искусственных сооружениях. Ведутся переговоры о совместных исследованиях с профильными вузами (например, МАДИ) и проектной организацией «Институт Гипростроймост» по определению выносливости асфальтобетонов при циклическом нагружении. Это необходимо для завершения разработки методики прогнозирования срока службы покрытий. Изучается опыт применения новых типов смесей, разработанных региональными дорожными управлениями.

Показателен пример моста через реку Волгу у села Пристанное, где покрытие эксплуатируется без существенных дефектов уже более 16 лет, доказывая возможность достижения высокой долговечности при грамотном проектировании, применении качественных материалов и соблюдении технологии. Этот опыт требует дальнейшего всестороннего изучения и тиражирования.

К ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Э. С. КАРАПЕТОВ,
к. т. н., проф. (Петербургский государственный университет путей сообщения);
А. А. БЕЛЫЙ,
к. т. н., проф. (Ташкентский государственный транспортный университет)

ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК НА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РОССИИ ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ, КАК ИЗВЕСТНО, ЗНАЧИТЕЛЬНО УВЕЛИЧИЛСЯ. В ЭТОЙ СВЯЗИ ОСОБУЮ ВАЖНОСТЬ ПРИОБРЕТАЮТ ВОПРОСЫ, КАСАЮЩИЕСЯ ВЛИЯНИЯ ПОВЫШЕННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА СОСТОЯНИЕ НАИБОЛЕЕ СЛОЖНЫХ И ОТВЕТСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ – МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ.

Тяжелые транспортные нагрузки, регулярно воздействующие на пролетные строения, не могут не влиять негативно на эксплуатационные сроки службы мостовых конструкций. В связи с этим особо важным является прогнозирование возникающих дефектов, сроков их появления и степени развития, что необходимо для разработки эффективных мер по предотвращению преждевременного износа мостов и повышению их надежности и долговечности. Такие мероприятия, однако, требуют значительных затрат средств и времени. И здесь весьма ценным может оказаться опыт эксплуатации искусственных сооружений, расположенных на транспортных путях промышленных предприятий.

В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В данной статье обращается внимание на техническое состояние пролетных строений и особенности эксплуатации железобетонных мостов и путепроводов, расположенных на железных и автомобильных дорогах промышленного транспорта крупного горнодобывающего и перерабатывающего производственного объединения, находящегося на севере РФ.

Возможность и целесообразность использования накопленного в таких условиях опыта для прогнозирования работы существующих мостов сети железных и автомобильных дорог общего пользования в условиях непрерывного роста транспортных нагрузок, скорости и интенсивности движения в основном определяется тем, что:

- проектирование мостов, предназначенных как для магистральных железных или автомобильных дорог, так



и для коммуникаций промышленного транспорта, до сих пор ведется по одним и тем же нормам, что, естественно, упрощает сопоставление результатов исследования;

- весовые характеристики транспортных нагрузок, обращающихся на путях производственного объединения, значительно превышают аналогичные характеристики транспортных средств, обращающихся на железных и автомобильных дорогах общего пользования (так, давление на ось подвижного состава, принятого к обращению на железных дорогах производственного объединения, по данным за последние десятилетия составляло 295 кН при номинальном давлении на ось 250 кН, а характеристики многих транспортных средств, обращающихся на автомобильных дорогах объединения, значительно превышают принятые при проектировании мостов соответствующие нормативные значения нагрузок Н-13 и НГ-60, Н-30 (Н-18) и НК-80 как по общему весу, так и по давлению на ось).

Приведем основные результаты обследования 25 балочных пролетных строений (10 железнодорожных

и 15 автодорожных) железобетонных мостов, расположенных на транспортных путях производственного объединения и находящихся в эксплуатации более 25 лет. Обследования проводились периодически (через 3-4 года) в течение последних 20 лет. По конструктивным особенностям пролетные строения объединены в следующие три группы: 1) железнодорожные пролетные строения из предварительно напряженного железобетона $l_p = 22,9$ м (Ленгипротрансмост, инв. № 9040); 2) железнодорожные пролетные строения из обычного железобетона $l_p = 9,2$ м (Ленгипротрансмост, инв. № 557); 3) автодорожные пролетные строения из обычного железобетона пролетом от $l_p = 8,16$ м до $l_p = 21,56$ м (Союздорпроект, вып. 56 и 56-Д).

Пролетные строения обследовались визуально с измерением и зарисовкой повреждений конструктивных элементов. Был сделан подробный анализ наиболее опасных и распространенных дефектов, к которым относятся:

- трещины в железобетоне несущих элементов (75%);
- коррозия арматуры и бетона (60%);
- повреждения проезжей части: фильтрация воды на нижней поверхности плиты проезжей части (100%);
- расстройство деформационных швов (80%);
- разрушение элементов пролетных строений и шкафных стенок опор в местах деформационных швов и сопряжений с насыпью подходов (85%);
- расстройство железнодорожного пути, истирание и разрушение дорожного покрытия (45%).

Данный перечень можно было бы продолжить, однако остальные дефекты или предшествуют появлению выше названных, или являются следствием их развития. Здесь выделены только дефекты, возникновение или развитие которых обусловлено эксплуатационными нагрузками и климатическими воздействиями. Дефекты, возникшие по вине строителей и проектировщиков, которые проявляются в совокупности, в статье не рассматриваются.

ТРЕЩИНЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОНЕ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Большое количество поперечных трещин в нижнем поясе балок из обычного железобетона отмечено у десяти пролетных строений (трех железнодорожных и семи автодорожных), эксплуатируемых в течение 20-23 лет. Эти трещины впервые были зафиксированы через 10-12 лет эксплуатации и первоначально имели «волнистый» характер, а число их было минимальным. Однако с течением времени с ростом веса и интенсивности движения транспортных средств их количество стало

резко расти, причем величина их раскрытия превысила 0,2 мм во многих случаях.

В балках трех железнодорожных пролетных строений из предварительно напряженного железобетона, изготовленных по стендовой технологии, обнаружены трещины в нижних поясах, направленные вдоль пучков напряженной арматуры, раскрытием до 0,1 мм. Эти трещины или микротрецины, видимо, возникшие в результате усадочных и температурных деформаций, развиваются и раскрываются в связи с непрерывным нарастающим воздействием нагрузки от поездов.

Многочисленные трещины, идущие в различных направлениях в скатой зоне балок (по плите, по втулам в примыкании плиты к ребру, в верхней части ребер), раскрытием до 0,2 мм, отмечены у восьми пролетных строений (трех железнодорожных и пяти автодорожных). Трещины начали интенсивно развиваться после 5-6 лет эксплуатации мостов, что также свидетельствует о си-ловом характере их происхождения.

Во многих балках автодорожных пролетных строений из обычного железобетона на различных участках стеки по ее высоте зафиксированы трещины, ориентированные вдоль пролета, раскрытием 0,2 мм и более. Объяснено это может быть, с одной стороны, перегрузкой отдельных балок из-за некачественного объединения полудиафрагм и, ввиду того, ухудшением поперечного распределения временной нагрузки, а с другой — неблагоприятным сочетанием высоких эксплуатационных нагрузок и климатических воздействий.

Анализируя природу образования указанных выше трещин, следует подчеркнуть, что все они получили развитие после определенного промежутка времени эксплуатации моста.

КОРРОЗИЯ АРМАТУРЫ И БЕТОНА

У 14 из обследованных пролетных строений отмечено разрушение защитного слоя бетона с обнажением арматуры и ее коррозией (в том числе и пучков предварительно напряженной арматуры).

Как известно, коррозия арматуры (рабочей и конструктивной) ребер и плиты балок пролетных строений связана с состоянием защитного слоя бетона. При недостаточной его толщине или при механических (или иных) повреждениях атмосферная влага проникает к арматурным элементам. Происходит коррозия последних с последующим разрушением защитного слоя бетона.

Данная классическая схема развития коррозионных процессов имеет место и в рассматриваемом случае. Только здесь процессы коррозии протекают более интенсивно и в более короткие сроки, чем в обычных



условиях, так как микроразрушения бетона под действием высоких повторно-переменных нагрузок значительно быстрее разрыхляют поверхностные слои балки и уменьшают сопротивление бетона воздействию внешних факторов. Усилинию процессов разрушения защитного слоя бетона способствуют суровые климатические условия района эксплуатации мостов производственного объединения — низкие отрицательные температуры и высокая влажность воздуха.

ПОВРЕЖДЕНИЯ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ

Наибольшее количество дефектов обычно фиксируется на ездовом полотне (проезжей части) моста, которое в наибольшей степени подвергается воздействию всех видов нагрузок и факторов внешней среды. Чаще всего наблюдаются повреждения водоотвода и гидроизоляции, вызывающие коррозию бетона и арматуры. При обследовании рассматриваемых мостов промышленного объединения случаев безупречного состояния гидроизоляции не было выявлено вообще.

Некоторые специалисты считают, что повреждения гидроизоляции, с одной стороны, являются следствием недолговечности используемых изоляционных материалов, а с другой — низкого качества работ по укладке гидроизолирующих слоев. Не исключая возможного влияния этих факторов, следует, однако, обратить внимание на то, что в процессе эксплуатации изоляция подвержена непрерывным деформациям сжатия, растяжения и изгиба, частому увлажнению и высушиванию, замораживанию и оттаиванию. Следовательно, можно допустить, что главной причиной «отказа» гидроизоляции вполне могли быть тяжелые транспортные нагрузки, действующие совместно с климатическими факторами.

Известно, что обильное смачивание и увлажнение конструкции пролетного строения водой приводит к выщелачиванию бетона с выносом продуктов выщелачивания на его наружные поверхности. В результате этого бетон теряет свою первоначальную прочность и долговечность. С це-

лью оценки степени изменения его прочности вследствие выщелачивания в процессе обследования пролетных строений были выполнены соответствующие измерения. В местах интенсивного воздействия воды на конструкцию пролетного строения с помощью склерометра Шмидта производились замеры прочности бетона.

На основании статистической обработки результатов было установлено, что снижение прочности бетона сжатой зоны вследствие его выщелачивания находится в пределах 8-22%. Таким образом, увлажнение элементов конструкций пролетных строений и связанное с этим снижение прочностных характеристик бетона может снизить грузоподъемность и долговечность мостов и ограничить возможность пропуска по ним соответствующих транспортных нагрузок.

Вывод: многие дефекты, зафиксированные при обследовании мостового полотна железнодорожных и дорожной одежды проезжей части автодорожных мостов, связаны с неудовлетворительным содержанием и интенсивным воздействием тяжелых транспортных нагрузок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При сопоставлении результатов проведенного обследования с данными обследования аналогичных мостов, расположенных на железных и автомобильных дорогах общего пользования, очевидностью является то, что дефекты, обусловленные воздействием эксплуатационных нагрузок, у железобетонных пролетных строений мостов, находящихся на дорогах промышленного транспорта, появляются значительно раньше и развиваются более интенсивно. Это происходит вследствие как повышенных эксплуатационных нагрузок, так и высокой частоты движения. Кроме того, значительную роль при эксплуатации конструкций из железобетона играют и факторы воздействия внешней среды.

Анализ полученного фактического материала показал, что вопрос долговечности мостовых сооружений имеет несколько обобщенных составляющих, включающих в себя моральный, механический и физико-химический износ. Исследования совокупности факторов, проводимые в настоящее время в различных научных и учебных организациях, и применение их результатов на практике позволяют успешно решать проблемы увеличения сроков службы эксплуатируемых мостов.

ИНСТИТУТ «ГИПРОСТРОЙМОСТ – САНКТ-ПЕТЕРБУРГ»: ОТ МАТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ К АРХИТЕКТУРНЫМ ШЕДЕВРАМ



— Леонид Оттович, расскажите о текущих или уже реализуемых проектах института.

— Наш портфель очень разнообразен и включает в себя как уникальные городские объекты, так и грандиозные инфраструктурные проекты. Безусловно, доминантой является вантовый мост через реку Лена в Якутске. Это вызов экстремальным условиям: суровым морозам, мощнейшему ледоходу и сложной логистике.

Общая длина мостового перехода с эстакадами составит около 4,6 км. Философия проекта в минимизации опор в русле реки, чтобы их не снесло ледяными полями. Именно поэтому выбрана схема с тремя гигантскими пylonами и рекордными для таких широт вантовыми пролетами по 840 м. Центральный А-образный пylon высотой 285 м будет весить около 100 тыс. т, и именно эта колоссальная масса, сконцентрированная на точечном фундаменте, позволит ему выстоять против напора трехметрового льда. А общий вес всей конструкции более 200 тыс. т. Это не просто инженерное сооружение, а архитектурный символ,

В МИРЕ МАСШТАБНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ, ГДЕ НА ПЕРВЫЙ ПЛАН ЧАСТО ВЫХОДЯТ ЧИСТО ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ, ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ «ГИПРОСТРОЙМОСТ – САНКТ-ПЕТЕРБУРГ» УЖЕ НА ПРОТЯЖЕНИИ ДЕСЯТКОВ ЛЕТ ДОКАЗЫВАЕТ, ЧТО МОСТ МОЖЕТ И ДОЛЖЕН БЫТЬ ПРОИЗВЕДЕНИЕМ ИСКУССТВА. ПОД РУКОВОДСТВОМ ОПЫТНЫХ ИНЖЕНЕРОВ И АРХИТЕКТОРОВ ЗДЕСЬ РОЖДАЮТСЯ СООРУЖЕНИЯ, КОТОРЫЕ НЕ ПРОСТО СОЕДИНЯЮТ БЕРЕГА, НО И ФОРМИРУЮТ ОБЛИК ГОРОДОВ, СТАНОВЯТСЯ ИХ НОВЫМИ СИМВОЛАМИ. О ТОМ, КАК ДОСТИГАЕТСЯ ЭТЫЙ СИНТЕЗ КРАСОТЫ И НАДЕЖНОСТИ, О НОВЫХ ЯРКИХ ПРОЕКТАХ И О СЕКРЕТЕ УСПЕХА ОДНОЙ ИЗ ВЕДУЩИХ ПРОЕКТНЫХ КОМПАНИЙ СТРАНЫ В ЭКСКЛЮЗИВНОМ ИНТЕРВЬЮ РЕДАКЦИИ ЖУРНАЛА «ДОРОГИ. ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ» РАССКАЗАЛ НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА АРХИТЕКТУРЫ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ АО «ИНСТИТУТ ГИПРОСТРОЙМОСТ – САНКТ-ПЕТЕРБУРГ» ЛЕОНИД БЕЛЯЕВ.



Мостовой переход через р. Лену в районе Якутска

МНЕНИЕ ЭКСПЕРТА

Игорь Евгеньевич КОЛЮШЕВ, технический директор:



ЕСЛИ ГОВОРИТЬ О ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ОТЛИЧИЯХ МОСТОВ В СЕВЕРНОМ ИСПОЛНЕНИИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ, ТО ВСЕ ОНИ ПРОДИКТОВАНЫ ОДНИМ ГЛАВНЫМ ВРАГОМ – ХОЛОДОМ И ЕГО ПРОИЗВОДНЫМИ: ЛЬДОМ И ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ. ВО-ПЕРВЫХ, ЭТО ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ. ТАМ, ГДЕ В УМЕРЕННОМ КЛИМАТЕ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ МОНОЛИТНЫЙ БЕТОН, НА СЕВЕРЕ ЧАСТО ПРИМЕНЯЮТ СБОРНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ. НАПРИМЕР, ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ОРТОТРОПНЫЕ ПЛИТЫ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ ИЗ СТАЛИ ВМЕСТО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА, А ИХ МОНТАЖ НА БОЛТАХ ПОЗВОЛЯЕТ ВЕСТИ РАБОТЫ В КОРОТКИЙ ЛЕТНИЙ СЕЗОН И МИНИМИЗИРОВАТЬ «МОКРЫЕ» ПРОЦЕССЫ. ВО-ВТОРЫХ, ЭТО ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ. ОПОРАМ НЕЛЬЗЯ ПОЗВОЛИТЬ ОТТАИВАТЬ, ИНАЧЕ ОНИ ПОТЕРЯЮТ УСТОЙЧИВОСТЬ. ИМЕННО ПОЭТОМУ ПРИМЕНЯЮТСЯ ТЕХНОЛОГИИ СОХРАНЕНИЯ ГРУНТА В МЕРЗЛОМ СОСТОЯНИИ, НАПРИМЕР, С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ – ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРОВ. В-ТРЕТЬИХ, КЛЮЧЕВОЙ ЯВЛЯЕТСЯ БОРЬБА С ЛЕДОВОЙ НАГРУЗКОЙ. КАК В СЛУЧАЕ С ЛЕНСКИМ МОСТОМ, ЭТО ЧАСТО ПРИВОДИТ К ВЫБОРУ ВАНТОВЫХ СХЕМ С МИНИМАЛЬНЫМ КОЛИЧЕСТВОМ ОПОР В ВОДЕ, ЧТОБЫ ЛЕДЯНЫЕ ПОЛЯ СВОБОДНО ПРОХОДИЛИ ПОД БОЛЬШИМИ ПРОЛЕТАМИ, НЕ НАНОСЯ УДАРОВ ПО ОПОРАМ. КАЖДЫЙ ТАКОЙ ПРОЕКТ – ЭТО КОМПЛЕКС УНИКАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ РАЗРАБОТОК, ВЫПОЛНЕННЫХ В ТЕСНОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ С ПРОФИЛЬНЫМИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМИ ИНСТИТУТАМИ.

СЛЕДУЕТ ОТМЕТИТЬ, ЧТО ДЛЯ УСЛОВИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА ЦЕЛЕСООБРАЗНЫ, А НЕРДКО И ЕДИНСТВЕННО ВОЗМОЖНЫ ВАНТОВЫЕ МОСТЫ ИЗ-ЗА ИХ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕКРЫВАТЬ ГИГАНТСКИЕ ПРОЛЕТЫ, МИНИМИЗИРУЯ ПРЕПЯТСТВИЯ В РУСЛЕ РЕК ДЛЯ ЛЕДОХОДА. ЧТО КАСАЕТСЯ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ВАНТ, ТО ЭТО СЕРЬЕЗНАЯ, НО РЕШАЕМАЯ ПРОБЛЕМА. СЛУЧАЙ, КОТОРЫЙ ПРОИЗОШЕЛ В НОЯБРЕ 2020 ГОДА ВО ВЛАДИВОСТОКЕ, КАК И АНАЛОГИЧНЫЕ ИНЦИДЕНТЫ В КАНАДЕ ИЛИ ШОТЛАНДИИ, БЫЛ СВЯЗАН С ОСОБЫМИ ПОГОДНЫМИ УСЛОВИЯМИ – ЛЕДЯНЫМ ДОЖДЕМ В ПРИМОРСКОЙ ЗОНЕ С ВЫСОКОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ. В КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА ХАРАКТЕР ОБЛЕДЕНЕНИЯ ИНОЙ, ЧАЩЕ ЭТО СНЕЖНО-ЛЕДЯНЫЕ НАРОСТИ. МИРОВАЯ И ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ПРАКТИКА ПРЕДЛАГАЕТ НЕСКОЛЬКО ПУТЕЙ РЕШЕНИЯ. САМЫЙ ПРОСТОЙ – МЕХАНИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ, НО ДЛЯ ВЫСОТНЫХ МОСТОВ ЭТО ТРУДОЕМКО И ОПАСНО. БОЛЕЕ СОВЕРШЕННЫ ПАССИВНЫЕ МЕТОДЫ, ТАКИЕ КАК НАНЕСЕНИЕ НА ВАНТЫ СПЕЦИАЛЬНЫХ ГИДРОФОБНЫХ (ЛЕДОФОБНЫХ) ПОКРЫТИЙ, КОТОРЫЕ ЗНАЧИТЕЛЬНО СНИЖАЮТ АДГЕЗИЮ ЛЬДА. ТАКЖЕ СУЩЕСТВУЮТ АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ, НАПРИМЕР, ВНУТРЕННИЙ ИЛИ ВНЕШНИЙ ЭЛЕКТРООБОГРЕВ ВАНТ. НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫМ НАПРАВЛЕНИЕМ СЧИТАЕТСЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ ОЧИСТКА. РАЗРАБАТЫВАЮТСЯ СПЕЦИАЛЬНЫЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ, СПОСОБНЫЕ АВТОНОМНО ПЕРЕМЕЩАТЬСЯ ПО ВАНТЕ И СКАЛЫВАТЬ ЛЕД. ДЛЯ ЛЕНСКОГО МОСТА МЫ ТЩАТЕЛЬНО ПРОРАБАТЫВАЕМ ЭТЫЙ ВОПРОС НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, НАПРАВЛЯЯ ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ВЕДУЩИМ МИРОВЫМ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМ ВАНТОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ В ЯКУТСКИХ УСЛОВИЯХ. УЖЕ СЕЙЧАС МОЖНО СКАЗАТЬ, ЧТО ТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕПЯТСТВИЙ ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВАНТОВОГО МОСТА В ЯКУТИИ НЕТ.

силуэт которого напоминает устремленную в небо ракету, а в деталях перил уггадывается буква «Л» и силуэт традиционного якутского жилища – урасы.

Но Лена – не единственный наш северный проект. Мы активно работаем над проектами мостовых сооружений в составе опорных транспортных каркасов в ар-

ктических регионах, где ключевым является применение технологий для вечной мерзлоты. Что же касается других внеклассных мостов, то здесь можно выделить целый ряд объектов.

В Москве это, например, пешеходный переход через МЦД в районе улицы Зарядова – сложное трубчатое





Пешеходный переход через МЦД
в районе улицы Зарянова



Вантовый мост через Москву-реку, соединяющий
Рублевское шоссе с Рублево-Архангельским

сооружение длиной 144 м с ромбовидным фасадом, вдохновленное футуристичными образами. Или вантовый мост через Москву-реку, соединяющий Рублевское шоссе с Рублево-Архангельским, с его уникальным наклонным кольцеобразным пилоном, напоминающим летящий диск или гигантский рубль. В стадии реализации находится и первый за 40 лет разводной мост в Санкт-Петербурге — Большой Смоленский, который представляет собой современное, легкое и воздушное прочтение классических петербургских мостов. Также в разработке вантовый мост через Волгу в Саратове с асимметричными пролетами и пилоном с архитектурно-художественной подсветкой в виде триколора.

— Существует ли мода на мостовой дизайн? Какие мировые мосты являются эталоном «красоты»?

— Моды как таковой, в смысле быстротечных тенденций, нет. Есть эволюция технологий, которая открывает новые архитектурные возможности. Сегодня «модно» то, что технологически прогрессивно, функционально и при этом создает гармоничный образ.

Если говорить об эталонах, то, безусловно, одним из них является виадук Мийо во Франции. Это гимн инженерной смелости и архитектурной элегантности. Его футуристичные пилоны, пронизывающие облака на высоте 340 м, и тончайшее пролетное строение создают ощущение, что мост парит над долиной. Неслучайно его автором выступил знаменитый архитектор Норман Фостер. Этот проект доказал, что масштабная инфраструктура может быть не только функциональной, но и стать произведением искусства, визитной карточкой целого региона.

Еще один эталон — Мост Нормандии во Франции, в свое время бывший рекордсменом по длине вантового пролета. Он красив своей чистотой линий и инженерной ясностью. Из современных тенденций мне также близка скульптурная архитектура мостов Сантьяго Калатравы, где оправдана и выразительна буквально каждая линия.

— Назовите самые красивые с вашей точки зрения современные мосты в России. Кто разрабатывал их проекты?

— Здесь я, конечно, не могу быть полностью объективным, так как многие из этих мостов — детища нашего института и моих коллег. Бесспорными жемчужинами отечественного мостостроения последних лет стали мосты Владивостока. Золотой мост через бухту Золотой Рог с его мощными V-образными пylonами и изящный Русский мост с самым длинным в мире вантовым пролетом (1104 м) — это символы обновленного Дальнего Востока.



Золотой мост через бухту Золотой Рог

БОЛЬШОЙ СМОЛЕНСКИЙ: ПЕРВЫЙ ЗА 40 ЛЕТ РАЗВОДНОЙ МОСТ ЧЕРЕЗ НЕВУ

А. Г. КОРНИШЕВ, главный инженер проекта;
Д. С. МЕДВЕДЕВ, зам. главного инженера по проектированию
(АО «Институт «Стройпроект»)

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ИЗВЕСТНЫЙ ВСЕМУ МИРУ КАК ГОРОД МОСТОВ, ОБРЕТАЕТ НОВУЮ ЛЕГЕНДУ. ВПЕРВЫЕ ЗА ЧЕТЫРЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ В АКВАТОРИИ НЕВЫ ВЫРАСТАЮТ ОПОРЫ НОВОГО РАЗВОДНОГО МОСТА. ЭТОГО СОБЫТИЯ ГОРОЖАНЕ И ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА МЕГАПОЛИСА ЖДАЛИ ГОДЫ. СТРОИТЕЛЬСТВО ОБЪЕКТА, КОТОРЫЙ УЖЕ СЕЙЧАС НАЗЫВАЮТ КЛЮЧЕВЫМ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ, ВЕДЕТСЯ В НЕВСКОМ РАЙОНЕ.

УНИКАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ НА НЕВЕ

Новый мост с рабочим названием Большой Смоленский станет не просто переправой, а масштабным транспортным узлом. Проект включает в себя не только сам мост длиной 495 м, но и сложные развязки, которые связуют проспект Обуховской обороны, Октябрьскую набережную, Дальневосточный проспект и улицу Коллонтай.

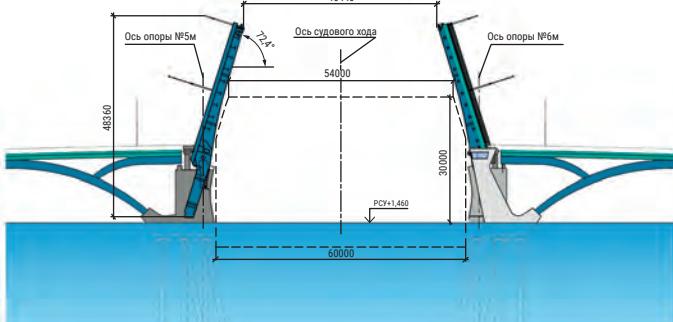


Рис. 1. Разводное пролетное строение

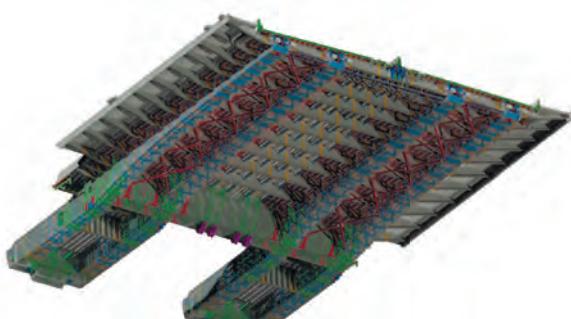


Рис. 2. Модель разводного пролетного строения

Основу моста составляет его центральный разводной пролет длиной 66,2 м. Он станет рекордным для города. Каждое крыло в наведенном состоянии работает как консоль длиной 33,1 м. Ночью крылья будут подниматься на угол 72 градуса, обеспечивая проход крупногабаритных судов. Примечательно, что сердце этого механизма — восемь мощных гидроцилиндров — произведено в Санкт-Петербурге.

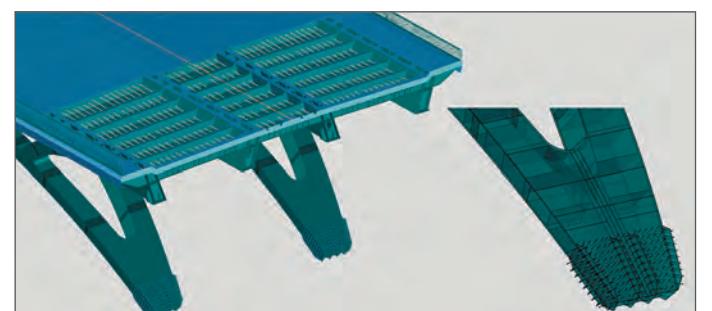


Рис. 3. Модель стационарного пролетного строения

КОМФОРТ И РАЗГРУЗКА ГОРОДА

Мост создает новую переправу, связывающую два берега Невы в этом районе. Он рассчитан на шесть полос движения автотранспорта. По мосту будет проложена трамвайная линия, а также предусмотрены пешеходный тротуар и велодорожка, формирующие современное многофункциональное пространство.

За реализацию этого амбициозного проекта отвечают ведущие отраслевые институты и подрядные организации, объединенные в группу компаний «Наципроектстрой». Авторство проекта принадлежит АО «Институт Гипростроймост — Санкт-Петербург», строительство осуществляется АО «Дороги и мосты», АО «Институт

«Стройпроект» разрабатывает рабочую документацию, комплексные пространственные модели и технологию строительства совместно с подрядными организациями.

ВЗГЛЯД ИЗНУТРИ: ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА УНИКАЛЬНОГО ПРОЕКТА

Для нас, как для разработчиков рабочей документации, Большой Смоленский мост стал проектом, в котором сквозное цифровое проектирование доказало свою востребованность и необходимость. Уникальность начинается со стационарных арочных пролетных строений. Они выполнены в виде объединенной в совместную работу ортотропной плиты и двух ярусов стальных бесшарнирных арок и подпруг, жестко объединенных с русловыми опорами. Это принципиальное отличие от всех построенных в Санкт-Петербурге разводных мостов, где стационарные пролеты традиционно шарнирно опираются на опоры.

Конструкция содержит в себе четыре главных несущих элемента, которые расположены не вертикально, а в плоскостях, имеющих наклон к вертикалам около 20 градусов. Главные балки надарочного пролетного строения объединены с арками через стенки, а весь пролет расположен на продольном уклоне 4%. Совместно с наклоном арок это привело к тому, что в плане балки расходятся под углом, а сечения арок и главных балок изменяются на всем протяжении моста. На участке примыкания к опорам разводного пролета сечение надарочного пролетного строения выполняется в виде железобетонной плиты толщиной 1,2 м, в которую опирается противовесная часть разводного пролетного строения. Параметры железобетонной плиты подобраны таким образом, чтобы уравновесить влияние разводного пролета. Спроектировать такую сложную геометрию «вручную» было бы невозможно.

Единственным способом решения этой задачи стало применение пространственного моделирования. Инженерами АО «Институт «Стройпроект» созданы комплексные трехмерные модели, которые стали единственным источником информации для всех участников проекта. На их основе решался широкий круг задач: от разработки рабочих чертежей и изготовления металлоконструкций на заводе до точного геодезического контроля и развесовки крыла разводного пролета в процессе строительства. Все элементы были запроектированы с учетом возможности их заводского изготовления, и именно модели передавались заводам-изготовителям для подготовки технологических чертежей и производ-

ства. Наличие этих моделей на строительных площадках позволяет осуществлять оперативную сверку и контроль монтируемых конструкций, что является залогом соблюдения проектной геометрии.

Конструкция разводного пролета состоит из четырех главных балок коробчатого сечения с ортотропной плитой проезжей части. На расстоянии 1,7 м от оси вращения главные балки объединяются коробчатой приводной балкой, к которой через проушины присоединяются гидроцилиндры. В середине разводного пролета предусмотрены замки клюевого типа, где установлены 16 синхронно размыкаемых при разводке опорных частей (для моделирования их работы была разработана параметризованная кинематическая модель). Для обеспечения соосного и синхронного наведения предусмотрены центрирующее устройство и высокоточные датчики углового положения, управляющие гидроцилиндрами.

Проектирование разводного пролетного строения началось с создания 3D-модели, что позволило параллельно вести работы по: подготовке рабочих чертежей, прокладке кабельных линий, раскладке блоков противовесов и определению массы монтажных единиц. Также это позволило практически в режиме реального времени отслеживать положение центра тяжести конструкции и ее массу.

ТЕХНОЛОГИЯ, РОЖДЕННАЯ ИЗ МОДЕЛИ

Детальная цифровая модель позволила институту разработать не только конструкцию, но и высокоточную технологию строительства. Для арочных пролетных строений была предложена пошаговая последовательность сборки, где крайне важна была точность установки опорных блоков арок — это краеугольный камень всей последующей геометрии. Даже незначительная погрешность на данном этапе привела бы к ви-

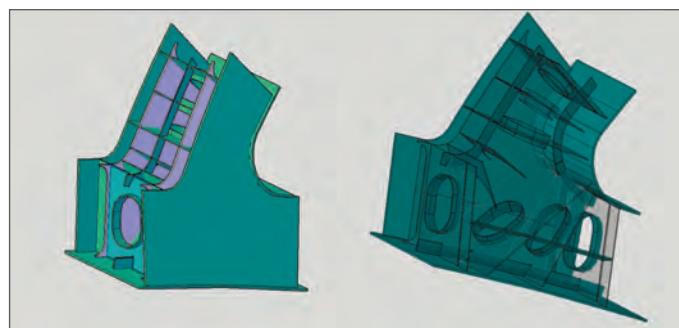


Рис. 4. Детализация узлов стационарных пролетных строений



Рис. 5. Монтаж разводного пролетного строения



Рис. 6. Опорный блок арок перед бетонированием

димым последствиям, поскольку арки жестко заделаны в опоры, что исключает возможность компенсации смещений.

Такая конструктивная схема потребовала особого подхода к последующим этапам. После фиксации опорных блоков производился монтаж арочных элементов и плиты проезжей части. Монтаж с использованием временных опор в русле реки был сопряжен со сложностями. Ключевую роль на этапе их демонтажа сыграла наша цифровая модель: она позволила с высокой точностью рассчитать этот процесс, чтобы исключить изменение проектного положения пролетного строения.



Рис. 7. Стационарное пролетное строение левого берега



Рис. 8. Вид на мост со стороны реки

Отдельной сложной задачей была разработка технологии монтажа разводной системы. Она потребовала точной координации многих процессов. Сначала на стапеле-причале выполнялась укрупнительная сборка центральной части крыльев и опорных блоков. Крылья соединялись временными жесткими связями в единую монтажную секцию. После установки опорных блоков на оси вращения, заполнения противовесов и монтажа временных конструкций для подъема, укрупненная часть пролетного строения доставлялась на плавсистеме в пролет. Ключевой вехой проекта стал подъем этого элемента методом HeavyLifting, успешно выполненный 21 ноября 2025 года. Следующим ответственным этапом, который нам предстоит, является установка и настройка разводного оборудования; первая пробная разводка запланирована на конец марта 2026 года.

БУДУЩЕЕ, КОТОРОЕ УЖЕ НАСТУПИЛО

Строительство Большого Смоленского моста, которое планируется завершить в 2028 году, — наглядный пример того, как современное проектирование переходит на новый уровень. Опыт этого проекта доказывает: будущее уже наступило. И это необходимо учитывать: включать результаты сквозного цифрового проектирования в состав продукции проектной организации наравне с традиционными чертежами, а в недалекой перспективе — в качестве их полноценной замены.

Полноценная атрибутированная пространственная модель сооружения — это не просто тренд, а инструмент, который кардинально повышает качество проектирования и производства работ, объединяя проектировщиков, изготовителей и строителей в едином информационном пространстве. Большой Смоленский мост — это не только новая транспортная артерия для Санкт-Петербурга, но и новый стандарт качества в российском мостостроении.



СБОРНЫЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОН ИЛИ МОНОЛИТНЫЙ. ЧТО ВЫБРАТЬ?

Беседовала Регина ФОМИНА

ЭТО ВОПРОС ПОСТОЯННО ВСТАЕТ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ СООБЩЕСТВЕ МОСТОВИКОВ, И МНЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ЧАСТО РАСХОДЯТСЯ. В ЭТОЙ СВЯЗИ НАША РЕДАКЦИЯ ОБРАТИЛАСЬ ЗА КОММЕНТАРИЯМИ К ГЕНЕРАЛЬНОМУ ДИРЕКТОРУ ГК «СТРОЙКОМПЛЕКС-5» СТАНИСЛАВУ ШУЛЬМАНУ, ЧЕЙ МНОГОЛЕТНИЙ ОПЫТ В ОБЛАСТИ КАК ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ТАК И РАЗРАБОТКИ УНИКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ДАЕТ ЕМУ ПРАВО ВЫСТУПАТЬ В КАЧЕСТВЕ ЭКСПЕРТА ПО ДАННОМУ ВОПРОСУ.

— Станислав Александрович, в мостостроении постоянно идут споры — что лучше применять: железобетон сборный или монолитный? Каково ваше мнение — что же выбрать?

— Ответ неоднозначный. На самом деле, конечно, нужно разобраться в нюансах.

У сборного железобетона, как и у монолитного, есть как положительные, так и отрицательные качества.

В эту тему я погружен, можно считать, с 1960 года, когда пришел в институт «Ленгипротранмост». Там я попал в отдел типового проектирования и занимался, в основном, железобетоном. Поначалу мы были ориентированы только на сборный железобетон, и первым моим проектом, который я уже более-менее сознательно выпускал, был типовой проект свайно-эстакадных железнодорожных мостов.

— Поясните, что это за мосты...

— Это конструкция, состоящая из свай, забиваемых в грунт. Сваи (их несколько в опоре) объединяются насадкой, преимущественно сборной, но бывают и монолитные, а прямо на насадки устанавливаются балки пролетных строений. Эта система очень эффективна, так как требует минимум материалов, но надо иметь в виду, что свая здесь — это не просто элемент фундамента, как мы привыкли. Дело в том, что в свайно-эстакадном мосте свая оказывается вынужденной работать в трех средах. Понятно, что своей нижней частью она работает в грунте. Это ее нормальная работа. Но она оказывается и в водной среде в пределах переменного уровня воды, то есть от уровня грунта до наивысшего уровня воды. Плюс к этому сюда добавляется и ледоход, что тоже водная среда, при этом верхняя часть свай оказывается в воздушной среде, а значит подвергается

температурным воздействиям от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Таков диапазон комплексного воздействия на сваю природных факторов, и она должна работать в таких условиях! Именно поэтому я призываю беречь эти сваи, буквально «молиться на них», потому что такая свая является одним-единственным несущим элементом, на котором держатся и насадка или ригель, и балки пролетных строений, и вся временная нагрузка. Над такими типовыми проектами я работал еще в 60-е годы, и эти мосты до сих пор еще живы. Время от времени, когда мне приходится заниматься экспертизой различных проектов, все еще встречаю свайно-эстакадные мосты.

Ну и не могу не вспомнить еще один свой объект. Это тоже сборный железобетон, но уже с добавлением монолитного. Это мост Дружбы в Выборге. Еще его называют мостом через Гвардейский (бывш. Западный)



Автодорожный мост через Сайменский канал в г. Выборге

пролив, по которому проходит судоходный фарватер Сайменского канала. Канал пересекают два моста, железнодорожный и автодорожный. Русловой пролет железнодорожного моста перекрыт сборной железобетонной аркой с ездой понизу. Эта интересная конструкция с пролетом 55 м — типовой проект московского института «Гипротрансмост». А вот всеми остальными пролетами длиной 27–33 м занимался наш «Ленгипротрансмост». Я же был привлечен к работе только над автодорожной переправой. Это большой, интересный мост, пролеты по 42 м из сборного железобетона. Для



Консольно-шлюзовой кран для монтажа сборных балок на автодорожных мостах

строительства там был создан целый строительный полигон. Почему? Да потому, что 42-метровые балки не цельноперевозимые, их перевозили отдельными блоками и объединяли на стапелях рядом с мостом. Использовались два больших П-образных порталных кранов, которые поднимали готовую балку за концы и ставили в пролет. Краны перемещались по временным подкрановым мостикам. Величина руслового пролета требовалась не менее 50 м. Это было обеспечено с использованием неразрезного пролетного строения по схеме 42 + 50.0 + 42 м с применением в максимальном количестве блоков типовых балок. При этом надпорные участки длинами порядка 10 м над каждой из русловых опор были выполнены в монолите, остальное — сборные блоки. Основные конструкции моста прекрасно себя чувствуют и сегодня. Относительно недавно мне довелось там побывать, пофотографировать его для очередного сюжета «Мировые мосты».

— Какие преимущества у сборного железобетона?

— Преимущества те, что основная часть работ по строительству моста выполняется в заводских условиях: на заводе изготавливаются балки, элементы опор, те самые сваи, о которых я упоминал. На месте строительства необходимо только все собрать, омонолитить узлы сопряжения сборных элементов, и быстро можно открывать движение.

В советское время были даже такие лозунги: «Превратим строительную площадку в монтажную! Долой «мокрые» работы! Долой монолитный железобетон!»

В сборных железобетонных мостах, кроме тех самых свайно-эстакадных конструкций, о которых я упоминал, было много других решений, в том числе и те, которыми я занимался уже в более поздние годы, а именно при строительстве БАМа.

— Расскажите об этом подробнее...

— Для БАМа я работал все 11 лет, с 1974 по 1985 год, и проезжал по БАМу очень много раз от Усть-Кута до Тынды, от Тынды до Комсомольска-на-Амуре. Моеей задачей была координация работы проектных организаций в области малых и средних железнодорожных мостов и водопроводных труб. Там работали все проектные институты Главтранспроекта: Ленгипротранс, Мосгипротранс, Дальнегипротранс, Киевгипротранс и даже Ташкентский и Тбилисский институты. Но поскольку у всех у них были разные подходы, традиции, взгляды на строительство, Минтрансстрой и поручил нашему институту, а институт — конкретно мне — заниматься некой



Специальный кран ГЭПК-130 для монтажа сборных балок пролетами до 33 м на ж.-д. мостах

*) «Мировые мосты» — серия видеофильмов о разных интересных мостовых сооружениях, к которым С. А. Шульман имеет непосредственное отношение. Автор фильмов — Анна Пейчева, <https://мировымосты.рф/category/блог/>

координацией. Я расскажу о двух решениях, которыми мне довелось заниматься и которые, на мой взгляд, в значительной степени обеспечили строительство БАМа и, прежде всего, сроки, качество, надежность. Условия БАМа известны, там есть и вечная мерзлота, и болота, и сейсмичность в 9 баллов. При этом нужно было обеспечить скоростное строительство.

Сначала как получалось? Идут земляники, отсыпают насыпь, балластный слой, далее идет путеукладчик, укладывает звенья рельсового пути, и в какой-то момент останавливается, потому что впереди — «дырка», так как моста еще нет, и когда появится, неизвестно. И вот тут и земляники, и путецы начинают обвинять мостовиков, что они вечно отстают, постоянно задерживают строительство. И тогда, чтобы как-то преодолеть эту ситуацию, придумали решение — столбчатые опоры. Я участвовал в его реализации вместе с коллективом института и сотрудниками ЦНИИС Минтрансстроя.

Встал вопрос — как строить малые и средние мосты, ведь там вечная мерзлота и сваи не забить? Следовательно, наши свайно-эстакадные мосты в прямом виде не сделать. Значит, нужно бурить. Буровые сваи давно известны, и на БАМе они тоже применялись. Туда привозили и японские, и германские буровые установки, которые бурили скважины, заполняли их бетоном. Бетон этот иногда набирал прочность, а иногда успевал замерзнуть до того, как наберет прочность. Бывало всякое, поэтому все всегда проверяли. Но главное — было решение использовать сборный железобетон.

Были предложены, рассчитаны, разработаны, исследованы железобетонные стойки или, можно сказать, даже сваи (назвали их столбами) диаметром 0,8 м, которые погружали в скважины диаметром 1,2 м, пространство между стенками скважины и столбом заполнялось бетоном, а дальше уже, по принципу свайно-эстакадного моста, этот столб объединялся со сборной насадкой, на которую ставились балки пролетных строений. Это решение было, в общем-то, близко к революционному. Когда стали применять столбчатые опоры, то строительство заметно ускорилось, но и это еще не было самым впечатляющим.

Вторая идея, которую мы реализовали на БАМе — это распорные мосты. У меня есть два патента на такие мосты. Это касается только малых однопролетных мостов, которых было очень много на трассе. В чем смысл этого решения? Мы допускали передачу давления грунта с одной насыпи на другую через пролетное состояние. Для этого между шкафной стенкой и балкой ставили РОЧи, иногда какие-то металлические детали, в том числе металлические клинья. Мы получили патент как раз

на металлический клин, который обеспечивает гарантированную передачу усилия от давления грунта.

Еще у нас есть решение с амортизатором, который параллельно включается в работу, и многое другое. Но главное — когда у нас появились распорные мосты, тут уже мостовики смогли обогнать путецов.

Кстати, технологию скоростного строительства мостов придумал великий человек — Иван Михайлович Алексеенко, который руководил «Мостоотрядом №19» до 1991 года.

Он впервые организовал такую схему для строительства мостов в Западной Сибири, и я был свидетелем этого. На базе «Мостоотряда №19» в Красном Селе собирался поезд, куда погружались сваи, насадки, балки пролетных строений, прицеплялась бетономешалка для омоноличивания, все необходимое для сварочных работ, на платформы ставились кран и буровая установка, прицеплялись два классных вагона для рабочих и ИТРовцев. Поезд приезжал на ближайшую к объекту станцию, разгружался, далее по притрассовой дороге груз отправлялся на объект. Схема была хорошо отработана. Выполнили строительные работы всего за 2-3 дня. После этого мостовики забирали все свои платформы и классные вагоны и возвращались в Красное Село, чтобы загрузить полный комплект изделий для нового объекта.

Подобные организационные схемы использовались и на БАМе для строительства малых и средних мостов.

Но не только для малых и средних мостов использовали сборные железобетонные конструкции. Было построено достаточно много мостов с большими пролетами до 100 и даже до 120 м в сборном железобетоне. И вершиной этого стало создание так называемой универсальной технологии, за которую группа авторов даже получила государственную премию.

— Почему позднее стали подвергать критике сборный железобетон?

— Действительно, сборный железобетон в 80-х–90-х годах стал предаваться анафеме. При этом к железнодорожным мостам претензий не было. Ведь что такое железнодорожный мост? Это две сборные железобетонные балки, объединенные диафрагмами. Либо, если это плитные балки, не объединенные вообще, — каждая плита на четырех опорных частях. Основная идея сборного железобетона в железнодорожном строительстве — это использование конструкций полной заводской готовности. Причем это была железобетонная конструкция с нанесенной гидроизоляцией, с защитным слоем, со всеми закладными деталями, чтобы можно было подвесить тротуары, объединить балки попарно, засыпать балластом и поехать.



Сборные железобетонные пролетные строения на мосту через р. Пулковку

Второе достижение Передерия — это трубобетон в мостостроении, прекрасно зарекомендовавший себя в арках Володарского моста через Неву, 90-летие которого недавно отмечали.

И третье — он первым внедрил сварку в мостостроение. Первым объектом был мост лейтенанта Шмидта через Неву, ныне Благовещенский, который был запроектирован под руководством Григория Петровича Передерия. И, кстати, на Володарском мосту разводной проезд тоже цельносварной.

— Давайте перейдем к монолитному железобетону. Почему он стал широко применяться только в последние десятилетия?

— Постепенно с развитием строительной химии появился ряд новых решений, которые дали взрывной эффект. А именно, появилась возможность вводить в бетон такие добавки, которые регулируют скорость схватывания, начало схватывания, весь процесс набора прочности. Теперь мы можем укладывать бетон на протяжении длительного времени благодаря введению добавок на разных этапах укладки и можем подбирать время схватывания таким образом, чтобы набор прочности происходил везде одновременно. Это позволяет избежать возникновения термонапряженний, что очень важно. Второй фактор — появились миксеры, которые перемешивают бетон в движении, что предотвращает его расслаивание даже при перевозке на 30–40 км, а не на 5 км, как это было раньше.

Третий фактор. Появилась опалубка из бакелитовой фанеры, к которой бетон не пристает. И благодаря этой опалубке можно обеспечивать любые очертания поверхностей пролетных строений. Появилась и высокопрочная сталь со стабильным модулем упругости, с хорошей защитой от коррозии. Сегодня компания «Северсталь» изготавливает из этой стали прекрасные канаты. Ее отличает повышенная прочность — не 15 тыс., а 19 тыс. кг/см², стабильный модуль упругости, наличие оцинковки, дополнительной защиты и так далее. Для таких канатов появились и системы анкеров и домкратов для натяжения.

Это все вкупе дало возможность проектировать и строить конструкции из монолитного преднатяженно-го железобетона при больших пролетах.

— У вас большой опыт проектирования мостов из преднатяженного монолитного бетона?

— Да,

это был великий ученый-мостовик. У него, на

мои взгляд, есть три важные заслуги в области мостостроения.

Первое — это стык Передерия, то есть равнопрочный стык сборных железобетонных элементов, работающий на изгиб. Этот стык и был взят за основу в несколько упрощенном виде и используется еще до сих пор.

проектирование



Вантовый мост с арочным пилоном и монолитным пролетным строением в Эстонии



Эстакада в сложных условиях плана и профиля железной дороги Адлер – Красная Поляна

Потом были еще разные объекты, в том числе один из моих последних проектных объектов – это мост через реку Эмайыги в городе Тарту. Мост с арочным пилоном и подвешенными на вантах железобетонными конструкциями пролетного строения, с двухосным обжатием, вдоль и поперек моста.

Кроме этих двух еще мои объекты, – это третья кольцо Москвы, в частности, развязка в Лужниках, где были и монолитный, и сборный железобетон. Там было все, включая железнодорожные монолитные преднапряженные трехпролетные конструкции пролетных строений под железную дорогу на одном берегу и двухпролетные на другом. А в целом там было запроектировано около 2 км эстакад. Еще один объект – это Тульская развязка, где тоже был преднапряженный монолитный железобетон, 13 эстакад, кривые, косые, во всех направлениях съезды и въезды.

И нельзя не вспомнить 2,5 км эстакад из монолитного преднапряженного железобетона на железной дороге Адлер – аэропорт и Адлер – Красная Поляна, включая и два больших моста через реку Мзыму. Это были наши Олимпийские объекты.

– И все-таки, что же предпочтительнее: сборный или монолитный железобетон?

– Если у нас идет 5–9 км эстакады с одинаковыми пролетами, на мой взгляд, однозначно нужно применять сборный железобетон, но, к сожалению, мощностей тех немногих заводов железобетонных конструкций, которые остались в стране, недостаточно.

В настоящее время ведутся проектирование и подготовка к строительству ВСМ Москва – Санкт-Петербург.

Для того чтобы можно было изготавливать балки на полигоне (а сегодня ориентация на балки коробчатого сечения сразу под два пути), рядом с этим объектом нужно смонтировать соответствующие стенды, опалубки и прочее-прочее и изготовить нужное количество этих балок на месте, а потом ставить их одну за другой. Тогда мы обеспечим скоростное строительство.

А вот когда у нас будет какой-то уникальный объект, допустим, мост через Волхов на той же ВСМ, мост через Волгу, разные виадуки, то тогда там нужно будет применять монолитный железобетон.

При этом я не говорю, что не следует применять его. Но я против того, чтобы применять металл без оглядки. Металл можно применять там, где без этого не обойтись. Например, для пролета 200 м железобетонную конструкцию для железнодорожного моста мы не порекомендуем, так как собственный вес этой конструкции будет слишком большой. В этом случае, наверное, нужно применять металлы в виде какой-то комбинированной системы, например, арочной, вантовой и так далее. Но для пролетов до 100 м монолитный железобетон имеет все права на жизнь.

К слову, хочу процитировать Мао Цзэдуна, который сказал: «Пусть расцветают сто цветов, пусть соперничают сто школ»!



**192171, Санкт-Петербург,
ул. Бабушкина, дом 36, к. 1, лит. В
Тел./факс: (812) 560-71-69
E-mail: info@sc-5.ru
www.stroycomplex-5.ru**

Цинкование – технология, позволяющая зарабатывать Больше! Это реальная замена горячего цинкования!

Заключения



ISO-12944:2018 C4veryhigh 121-130 мкм (более 25 лет)

ISO-12944:2018 C5high 121-130 мкм (15-25 лет)

ГОСТ 9.401 УХЛ1-120 мкм (более 25 лет)

Одобрение Российского Морского Регистра Судоходства

Технология Цинкования внесена в СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85

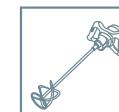
Захиста будівельних конструкцій від корозії»

(Цинкование ($t = 80\text{--}120$ мкм) в слабоагрессивных средах)

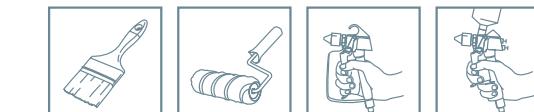
Отличительные особенности Цинкирующего состава

- 1 Образует стабильную субдисперсионную Zn-Fe зону на поверхности металла.
- 2 Обладает свойством межслойной диффузии.
- 3 Сохраняет функцию поверхностной самоконсервации и самовосстановления в течение всего срока службы.
- 4 Отличается достаточной стойкостью к абразивному воздействию.
- 5 Межатомное расстояние в цинкерном слое аналогично межатомному расстоянию в слое цинка, нанесенного с помощью процесса погружения в ванну.
- 6 Наносится даже зимой при температуре от -30°C .
- 7 UV-стабильно, имеет благородный серый цвет.

01. Подготовка

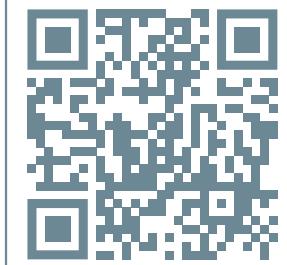


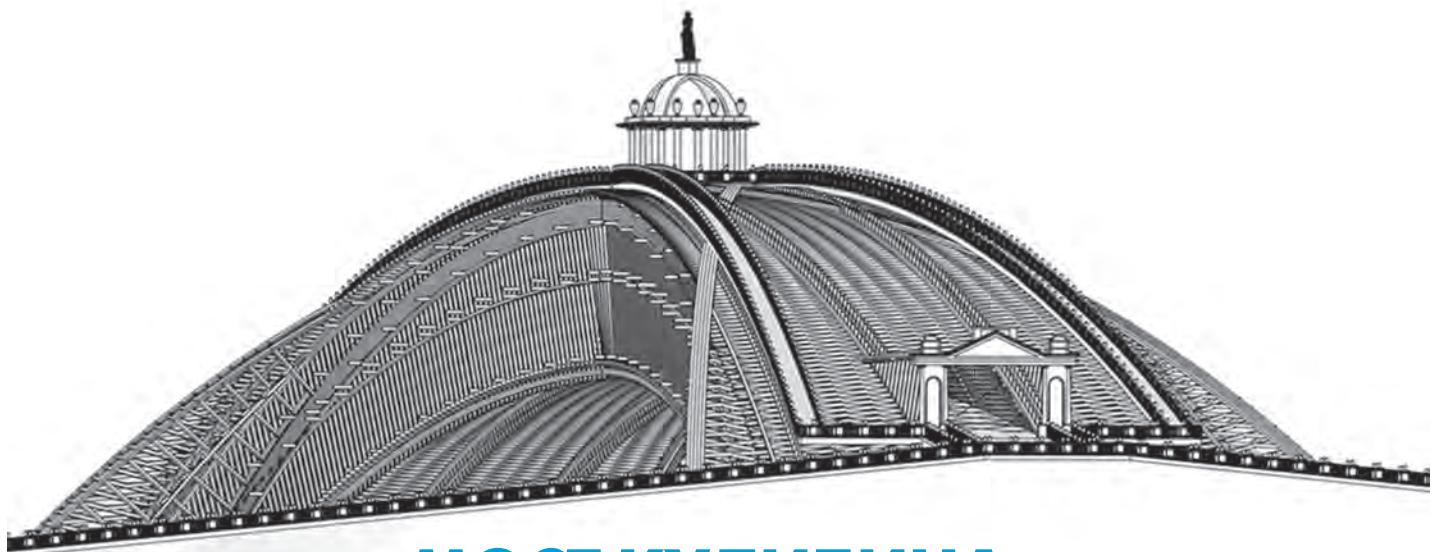
02. Нанесение



ВНЕСЕНО В СТО-01393674-007
ЗАЩИТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ
ОТ КОРРОЗИИ МЕТОДОМ ОКРАШИВАНИЯ

**Закажите
бесплатный
образец**





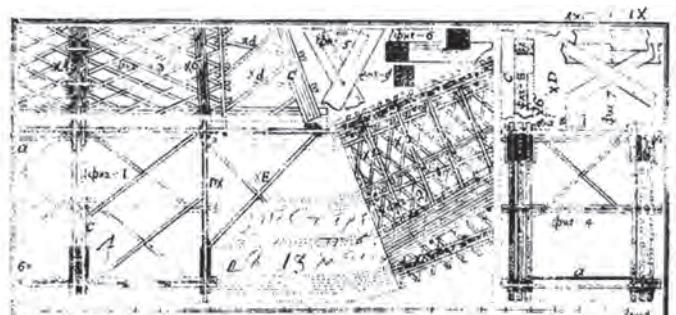
МОСТ КУЛИБИНА: ТИМ, ФИЛЬМ И РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГ

И. И. ДЗЕРЖИНСКИЙ,

руководитель архитектурного бюро «Конструктив»

ПРОЕКТ МОСТА ЧЕРЕЗ НЕВУ В СТВОРЕ СЕНАТСКОЙ ПЛОЩАДИ БЫЛ РАЗРАБОТАН ЗНАМЕНИТЫМ ИНЖЕНЕРОМ-САМОУЧКОЙ ИВАНОМ КУЛИБИНЫМ В КОНЦЕ XVIII ВЕКА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ ЕДИНСТВЕННОМУ ТОГДА НЕНАДЕЖНОМУ, ЗАВИСЯЩЕМУ ОТ СЕЗОНА НАПЛАВНОМУ МОСТУ. ПРОЕКТ НЕ БЫЛ РЕАЛИЗОВАН, НО И СЕЙЧАС СЛУЖИТ ВЫЗОВОМ СОВРЕМЕННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ МЫСЛИ И ИСТОРИЧЕСКИМ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРИНЦИПАМ. АРХИТЕКТУРНОЕ БЮРО «КОНСТРУКТИВ» (САНКТ-ПЕТЕРБУРГ) СОЗДАЛО КОМПЬЮТЕРНУЮ МОДЕЛЬ ЭТОГО УНИКАЛЬНОГО МОСТА.

За прошедшие два с лишним столетия к истории проекта и его замыслу обращаются историки и инженеры. С периодичностью 10-20 лет выходят публикации, посвященные творчеству Кулибина. Благодаря этой работе сохранились и систематизированы чертежи и описания проекта, позволившие построить компьютерную модель моста.

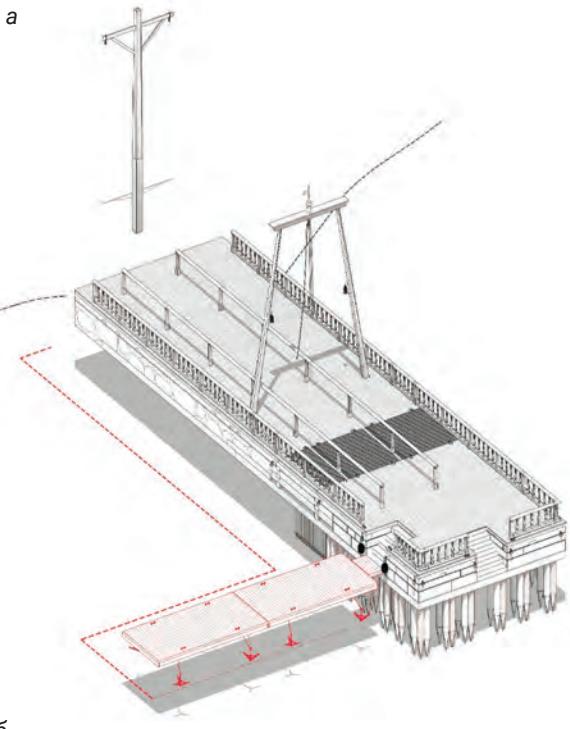


Конструкции решетчатых ферм моста Кулибина. Оригинальные чертежи

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ НОВОЙ МОДЕЛИ

К работе над виртуальным проектом воссоздания моста архитектурное бюро побудил масштаб замысла Кулибина, опыт работы с объектами культурного наследия и практика информационных технологий. В течение последних шести лет применения информационных технологий в проектировании деятельность бюро связана с историческими конструкциями – причалами, гатями и мостами Соловецкого архипелага. Десятки сооружений, созданных ремесленным способом без привычной специализации разработки проекта и сохранившиеся до наших дней, изучены и смоделированы для реставрации.

Цифровые технологии – это в первую очередь новые возможности. 3D-модель в архитектуре – возможность посмотреть на вещи с другой стороны. Увидеть градостроительное решение набережных,



Каменный исторический причал на Сельдянском мысу острова Большой Соловецкий, объект культурного наследия: а – 3D-модель, воссоздание по данным обмеров, историко-архивных исследований и инженерно-технических обследований; б – историческое фото, альбом Лейцингера



Мост Кулибина через Неву. Вид со стороны Университетской набережной



Проезжая часть моста скрыта за мощными несущими конструкциями

подняться на смотровую площадку моста в его верхнюю точку и как бы пролететь под ним, заглянуть внутрь постройки.

Работа с историческими чертежами и описаниями – ключевая составляющая проекта – это своеобразный реверс-инжиниринг, аналитическая задача, позволяющая сопоставить исторический и современный подходы к выработке решений, их теоретический инструментарий, оценить уровень предполагаемых производственных и экономических ресурсов на историческом этапе проекта.

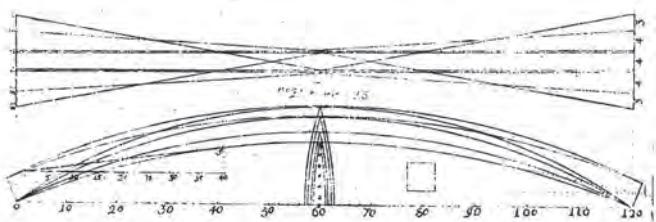
Реверс-инжиниринг (обратное проектирование) – это процесс изучения готового изделия или его системы для получения его внутренней структуры, принципов работы, а также полной конструкторской документации (чертежей, 3D-моделей) и спецификаций, чтобы понять, как оно было создано, и иметь возможность его воссоздать, модернизировать, отремонтировать или разработать совместимые продукты.)

Интересен анализ преемственности инженерных решений, особенности реализации проекта на этапе его согласования. Опыт защиты проекта Кулибины – отдельное направление исторического исследования. Характер развернувшейся полемики, критерии оценки проекта, способы расчетного обоснования при участии крупнейшего академического ученого Леонарда Эйлера – открытая историческая книга.

Удивительно ощущение современности инженерного решения. Конструктивная схема моста образована простыми геометрическими фигурами. Изяществом сочетания простой формы, масштаба и прочности славились впоследствии стальные конструкции Шухова.

Дерево как материал после значительного исторического перерыва возвращается в промышленное строительство и применяется в мостостроении и других большепролетных конструкциях.

проектирование



План и развертка схемы направляющих несущих конструкций в антропометрической системе измерения. Пролет 140 саженей – почти 300 м, высота 12 сажен – 27 м

ТИМ

Технологии информационного моделирования последовательно развиваются от ставшей привычной 3D-графики к цифровому двойнику и далее к методам алгоритмического проектирования, а в перспективе – к цифровому производству. Информационная модель позволяет получить спецификации и ведомости объемов работ и оценить экономику сооружения. Сколько стоил бы мост, если бы он строился сегодня. Можно получить современную расчетную модель и сравнить ее показатели с расчетами и оценками Эйлера и современников. Получить алгоритмическую формулу моста в программах параметрического проектирования.

ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ НАСЛЕДИЯ

Работа с культурным наследием – это всегда анализ большого объема исторических данных, которые на значимых проектах и сами по себе могут быть предметом интереса не только специалистов, но и широкой общественности. Применяемые в проектировании информационные технологии предоставляют новые возможности и в деле популяризации этих знаний. Так появилась идея сотрудничества, поддержанная Музеем мостов Санкт-Петербурга.

Выдающимся физиком Ричардом Фейнманом в XX веке был сформулирован метод исследования – чтобы в чем-то разобраться, нужно попытаться объяснить это ребенку. Так из идеи информационной модели моста родилась идея анимации сказки, представленной на торжественных мероприятиях музея, посвященных юбилею Кулибина.

Моделирование и компьютерная графика выполнены архитекторами бюро Алексеем Власовым, Ма-

риной Богданец, Ольгой Кара, Анной Воскресенской, Марией Ушаковой. Анимация реализована в программе для создания компьютерных игр. Режиссер, автор сюжета и сценария – Елена Храмова. Звукозапись выполнена на студии «Ленфильм» при участии замечательных специалистов – звукорежиссеров Сергея Фигнера и Юрия Елифтерьева. Хорошо узнаваемые голос главного действующего лица – заслуженный артист России Вячеслав Захаров.

Фильм был показан на научно-практической конференции, прошедшей на площадке Музея мостов с участием ведущих специалистов мостостроения. Практика моделирования вызвала интерес в профессиональном сообществе и наметила сотрудничество с профильными кафедрами вузов Санкт-Петербурга и Новосибирска.

Ссылка на фильм: <https://rutube.ru/video/e0ebcf57d2fd0644c907b3ddd5b0f0ad/>



ИССЛЕДОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ

Проект моста Кулибина через Неву остается «площадкой мысленного эксперимента». Планируется дальнейшее сотрудничество по исследованию возможностей параметрического моделирования, выполнению расчетов и созданию интерактивной модели. Проект предполагает участие в конкурсах в области информационного моделирования и работы с наследием.

Принципы конструктивной модели могут быть использованы в современных решениях мостов с применением новых материалов и возможностей производства. Может найти место в городском ландшафте и реализация оригинального проекта, как памятника истории и архитектуры.



ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

28-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА-КОНГРЕСС

22-24 АПРЕЛЯ 2026

ЗАЩИТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ,
ТРУБОПРОВОДОВ, МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ И ОБЪЕКТОВ ТЭК

ДЕМОНСТРАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПО ТЕМАТИКАМ:

- подготавка поверхности
- защитные материалы и покрытия
- электрохимическая защита
- оборудование для нанесения покрытий
- техническая диагностика и контроль качества
- техническое обслуживание и ремонт



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ»

ОДНОВРЕМЕННО С ВЫСТАВКОЙ-КОНГРЕССОМ
«ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ» ПРОЙДУТ ОТРАСЛЕВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ:
РОССИЙСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФОРУМ,
МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА «ЖКХ РОССИИ»

18+

+7 (812) 240 40 40 (доб. 2207)
corrosion.expoforum.ru

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
EXPOFORUM
РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

САМАЯ АКТУАЛЬНАЯ
ИНФОРМАЦИЯ
О ПРОЕКТЕ –
В НАШЕМ
TELEGRAM-КАНАЛЕ!
[@corrosion_expo](https://t.me/corrosion_expo)



СЛЕДИТЕ
ЗА НОВОСТЯМИ
ВЫСТАВКИ-КОНГРЕССА
В СООБЩЕСТВЕ
«ВКОНТАКТЕ»!



MAGICORE: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ДЛЯ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ КЕРНА СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ

И. А. ГУЗЕЕВ, главный геомеханик; Б. Т. ИЛЬЯСОВ, технический директор;
А.С. МУСИХИН, управляющий директор
(ООО «Скиентия»)

СОВРЕМЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ПРЕДЬЯВЛЯЮТ ПОВЫШЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ И ДОСТОВЕРНОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ. ОСОБУЮ СЛОЖНОСТЬ ПРЕДСТАВЛЯЮТ ИССЛЕДОВАНИЯ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ, ГДЕ РАЗРУШЕНИЯ ЧАСТО ПРОИСХОДЯТ ПО ЕСТЕСТВЕННЫМ ТРЕЩИНАМ И РАЗЛОМАМ. ДЕТАЛЬНОЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЕ ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ЭТИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫМ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА. РЕШЕНИЕМ ПРОБЛЕМ ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ КЕРНА ЗАНИМАЕТСЯ КОМПАНИЯ «SCIENTIA», РАЗРАБОТАВШАЯ ВЕБ-СЕРВИС MAGICORE ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ.

ВВЕДЕНИЕ

Геотехническое документирование керна сопряжено со значительными временными затратами — ручная обработка одной скважины требует 2-4 часа работы квалифицированного специалиста. Монотонность операций повышает влияние человеческого фактора и приводит к ошибкам в документации. Дополнительную сложность создает отсутствие стандартизации: разные специалисты применяют различные подходы к описанию, определяя RQD для одного интервала с расхождением $\pm 10-15$ единиц. Дефицит профильных специалистов приводит к накоплению необработанных архивных данных — тысячи погонных метров керна остаются без документации.

Задача автоматизации документирования оптимально подходит для применения искусственного интеллекта: процесс является стандартизуемым и повторяющимся, а современные системы компьютерного зрения демонстрируют достаточную точность для решения подобных задач.

ОПИСАНИЕ ВЕБ-СЕРВИСА MAGICORE

Разработанный компанией «Scientia» Magicore представляет собой веб-сервис для автоматизированного структурного анализа керна на основе алгоритмов компьютерного зрения и машинного обучения. Система фокусируется на определении параметров трещиноватости: частоты трещин (FFm, трещин/метр), индекса качества породы (RQD, %), углов ориентации трещин относительно оси керна.

Технологический процесс включает: загрузку фотографий с автоматическим распознаванием глубин, обработку изображений с детектированием и классификацией структурных нарушений (природные трещины, зоны дробления, искусственные повреждения), формирование результатов в виде таблиц Excel и размеченных изображений. Система автоматически рекомендует участки отбора проб для лабораторных испытаний и формирует склеенные изображения керна для интеграции в ГИС (Micromine, Leapfrog Geo).

Производительность составляет до 50 скважин в час при их глубинах около 100 м. Magicore предоставляется как SaaS-решение через веб-интерфейс или для локального развертывания на инфраструктуре заказчика.



Рис. 1. Magicore: визуализация

ВАЛИДАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для оценки качества геотехнической документации принято выполнять сопоставление с теоретической зависимостью Priest-Hudson [1978] между показателями RQD (показатель качества породы) и FFm (количество трещин на метр):

$$RQD = 100 \times (0.1 \times FFm + 1) \times \exp(-0.1 \times FFm).$$

Данная формула описывает статистическую связь между указанными параметрами трещиноватости. Важно, что формула не встроена в алгоритм Magicore — RQD и FFm определяются независимо, что делает их взаимное соответствие объективным критерием валидации.

На рисунке ниже представлено сопоставление типичных данных полевой документации и Magicore с теоретической кривой Priest-Hudson для одной скважины. Данные Magicore демонстрируют более высокую согласованность по сравнению с полевыми измерениями, при этом значительная часть точек полевых данных располагается за пределами допустимого диапазона ($\pm 20\%$ от теоретической кривой).

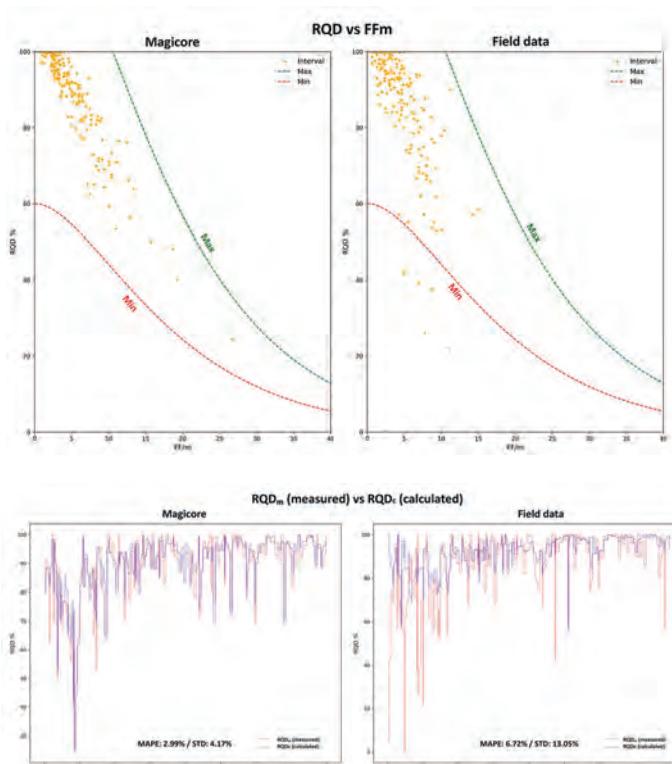


Рис. 2. Сопоставление типичных данных полевой документации и Magicore с теоретической кривой Priest-Hudson для одной скважины

Количественная оценка точности выполнена путем сравнения измеренных и расчетных (по формуле Priest-Hudson) значений RQD. Средняя абсолютная ошибка в процентах (MAPE) составляет 3% и 6.7% для данных Magicore и для полевой документации соответственно.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Точность алгоритмов постоянно увеличивается. Стандартное отклонение по RQD не превышает пяти единиц для 80% объектов. Меньшая точность наблюдается при анализе сильно нарушенных, выветрелых и текстурно-неоднородных пород (крупнозернистые граниты, катаклизиты, брекчии), однако условия получения неприемлемых результатов встречаются все реже.

Доля корректной классификации трещин (естественная/искусственная) выросла с 55% в 2024 году до 70% в 2025-м. Прогноз на 2027 год — 90%, что соответствует уровню квалифицированных геологов.

Результаты представляются в стандартных форматах (Excel, CSV, геопривязанные изображения) для экспорта в ГИС и базы геологических данных. Перспективной является API-интеграция с промышленными сервисами сбора и хранения геологической информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Magicore демонстрирует технологическую применимость методов компьютерного зрения для автоматизации геотехнического документирования. Сравнение с традиционными методами показывает сопоставимую точность (средняя ошибка до 5%) по RQD при значительно более высокой производительности и воспроизводимости результатов. Практическое применение подтверждает эффективность системы для аудита архивных данных, оперативного контроля качества документации и интерпретации геофизических данных.



Тел.: +7 (922) 203-24-60
E-mail: info@scientia.ru
<https://scientia.ru/>

МОСТОВАЯ ЦИФРОВИЗАЦИЯ: ВОЗМОЖНОСТИ И НЕРЕАЛИЗОВАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

Ю. В. РЫБАЛОВ,
зам. директора СибНИИ мостов СГУПС

В РОССИЙСКОЙ ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ УЖЕ НА ПРОТЯЖЕНИИ ДЕСЯТИЛЕТИЙ ПРИМЕНЯЮТСЯ ДВЕ МАСШТАБНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО УЧЕТА И РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ С ПРОЦЕССАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОСТОВ. ЭТО АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

ПО ИСКУССТВЕННЫМ СООРУЖЕНИЯМ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ АИС ИССО-Н И АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПО ИСКУССТВЕННЫМ ДОРОЖНЫМ СООРУЖЕНИЯМ РОСАВТОДОРА, ИЗВЕСТНАЯ КАК АБДМ. НЕСМОТРЯ НА ДЛИТЕЛЬНУЮ ИСТОРИЮ РАЗВИТИЯ И ОБШИРНЫЙ ФУНКЦИОНАЛ, ЗНАЧИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭТИХ СИСТЕМ ОСТАЕТСЯ НЕВОСТРЕБОВАННОЙ, ЧТО ПРИВОДИТ К ДУБЛИРОВАНИЮ УСИЛИЙ И СНИЖЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ.

Разработка системы АИС ИССО-Н началась в 1996 году. Позже, на базе ее шестой версии, была создана система АБДМ для нужд Федерального дорожного агентства. Ключевым моментом стало решение Росавтодора в 2009 году отказаться от устаревших решений и внедрить новую систему, дающую практический результат. Значительный вклад в развитие обеих систем внесли отраслевые специалисты, чьи усилия позволили сформировать мощный аналитический инструмент.

До 2016 года системы развивались параллельно, после чего прогрессирование АБДМ по независящим от разработчиков причинам существенно замедлилось, в то время как АИС ИССО-Н продолжила эволюционировать. Технически системы очень близки: они работают с единой структурой базы данных, что обеспечивает их взаимозаменяемость и позволяет одному программному обеспечению обращаться к данным, накопленным в другой системе.

Основное назначение обеих систем охватывает полный жизненный цикл искусственных сооружений. Это не только автодорожные мосты, но и практически все типы сооружений: трубы, тоннели, галереи, пешеходные переходы, подпорные стенки. Функционал включает в себя ведение реестра и оперативный доступ к конструктивному описанию, данные о дефектах и техническом состоянии. Системы позволяют проводить оценку и прогнозирование состояния, назначать режимы эксплуатации, а также в автоматизированном режиме определять возможность и условия пропуска любых нагрузок, включая тяжеловесные.

Важными возможностями является формирование стандартных отчетных документов и глубокий аналитический анализ состояния парка сооружений по произвольным параметрам для научно-исследовательских целей и совершенствования нормативной базы. Отдельное направление — расчет, планирование и оптимизация затрат на содержание, ремонт и реконструкцию, включая как нормативные, так и сверхнормативные работы.

Методической основой расчетных алгоритмов систем является комплекс нормативных документов, включающий в себя как действующие ГОСТы и своды правил, так и более ранние нормы проектирования, охватывающие период с 30-х годов прошлого столетия.

Примечательно, что ряд современных отраслевых дорожных методик был разработан непосредственно на основе алгоритмов, заложенных в АИС ИССО-Н. К таким документам относятся методика оценки технического состояния, рекомендации по определению параметров и назначению категорий дефектов, а также серия ОДМ по расчету грузоподъемности. Это свидетельствует о том, что система стала не просто учетным инструментом, а породила новые стандартизованные подходы к диагностике искусственных дорожных сооружений.

Несмотря на отработанную методологию и длительную практику применения, потенциал систем используется не в полной мере. Первая область нереализованных возможностей касается учета и классификации. В системах накоплен огромный массив данных: только в базе Росавтодора содержатся сведения о более чем 7 тыс. мостовых сооружений и 62 тыс. водопропускных

труб, а в Госкомпании «Автодор», использующей АИС ИССО-Н, — более 2 тыс. мостов. На протяжении 13 лет сотни профильных специалистов ежедневно работают с этой информацией, используя встроенную классификацию типов, конструкций и элементов конструкций сооружений, которая была разработана в рамках системы и легла в основу одного из ОДМ.

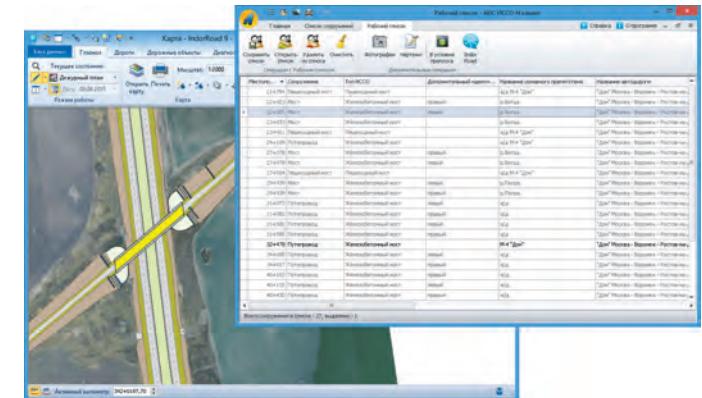
Однако в официальном обороте до сих пор присутствуют другие нормативные документы по классификации мостовых сооружений, например, ГОСТ 3378-2014, который не имеет практической значимости и не используется в реальной работе. Это создает правовой диссонанс, когда фактически действующий стандарт де-факто не совпадает с документом де-юре. Унификация терминологии на основе уже принятой в системах классификации позволила бы устранить это противоречие.

Второй и, пожалуй, наиболее значимый пример недействованного потенциала связан с определением условий пропуска тяжеловесных нагрузок. Одной из заявленных задач ФКУ «Росдормониторинг» является выдача разрешений на проезд тяжеловесного транспорта. Функционал для автоматизированного расчета возможности пропуска конкретной нагрузки по конкретным мостам был специально разработан в системе АБДМ по запросу данной службы.

Технически для этого необходимы два условия: наличие в базе расчетных данных по сооружениям и канал связи между системами. На сегодняшний день обследование и внесение данных в основном завершены, каналы связи существуют. Однако на практике процесс выдачи разрешений до сих пор осуществляется по старой схеме через запросы к балансодержателям сооружений.

Заявка, поступившая в электронном виде, вручную рассыпается по региональным управлениям, специалисты которых вручную вводят параметры нагрузки в АБДМ для получения результата. Полная интеграция портала выдачи разрешений с расчетным модулем АБДМ позволила бы автоматизировать этот процесс, исключив лишние ручные операции и ускорив принятие решений.

Аналитические возможности систем также используются недостаточно. Накоплен уникальный массив данных: только в АБДМ выполнено более 20 тыс. оценок технического состояния мостовых сооружений и зафиксировано свыше 230 тыс. дефектов. Эти данные позволяют проводить сложный статистический анализ, выявлять закономерности, прогнозировать износ и оптимизировать стратегии ремонта на сетевом уровне. Однако подобный анализ, как правило, проводится эпизодически, а не является постоянным инструментом для формирования технической политики и перспективного планирования.



Современным ответом на требования времени является веб-версия АИС ИССО-Н. Это полностью импортозамещенное решение, функционирующее на отечественном программном обеспечении. Оно обеспечивает стопроцентную совместимость с данными и алгоритмами классических настольных версий АИС ИССО-Н и АБДМ.

Система работает в любом современном браузере на компьютерах, планшетах и смартфонах, предоставляя полные функциональные возможности из любой локации при наличии доступа в интернет. Сохранен аутентичный интерфейс, что облегчает переход пользователям, ранее работавшим с настольной версией. Также разработаны мобильные приложения для оперативного осмотра сооружений и контроля выполнения работ подрядчиками по содержанию. В том числе с использованием NFC-меток для точной идентификации объектов. Эти технологические разработки снимают последние технические ограничения для повсеместного внедрения системы.

Таким образом, существующие автоматизированные информационные системы представляют собой развитый и технологически зрелый комплекс, прошедший длительный путь развития. Их реальные возможности значительно шире текущей повседневной практики применения. Для полной реализации потенциала необходимо не техническая доработка, а организационно-управленческие решения: унификация нормативной базы на основе фактически используемых в системах стандартов, интеграция с смежными государственными информационными системами и систематическое использование глубокой аналитики для стратегического планирования.

Это позволит перейти от функций учета и отчетности к упреждающей, профилактической модели управления инфраструктурой, основанной на данных и прогнозах, что в конечном итоге повысит безопасность и эффективность эксплуатации автомобильных дорог.

О МЕТОДЕ ПОПАРНОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ БАЛОК ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ ПРЕДНАПРЯЖЕННЫЙ БРУС ИЗ ФИБРОБЕТОНА



В. Ю. КАЗАРЯН,
генеральный директор ООО «НПП СК МОСТ»,

доктор транспорта Российской академии транспорта, действительный член
Инженерной академии Армении, член правления Московской областной ТПП,
член Международной ассоциации мостовиков IABSE

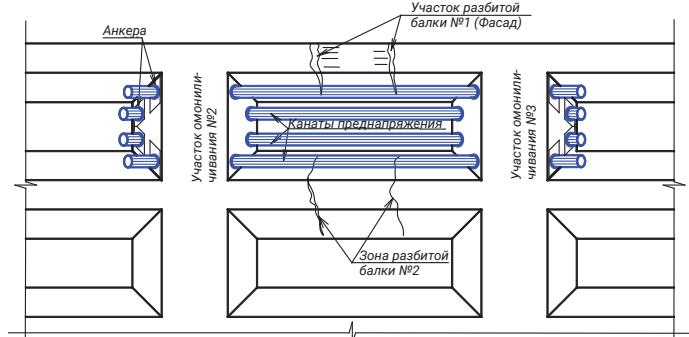
В ДАННОЙ СТАТЬЕ ПРЕДСТАВЛЕНА ЭВОЛЮЦИЯ УНИКАЛЬНОГО МЕТОДА ПОПАРНОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ БАЛОК ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ ПРЕДНАПРЯЖЕННЫЙ БРУС ИЗ ФИБРОБЕТОНА. ПРИ ЭТОМ САМОЕ НОВОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА МОСТА РАЗРАБОТАНО В 2025 ГОДУ.

СТАРТ ТЕХНОЛОГИИ

Впервые новый способ усиления мостового сооружения ООО «НПП СК МОСТ» применило в 2017 году. Было произведено объединение двух парных балок ребристого пролетного строения путепровода после аварийного выхода из строя их нижнего пояса в резуль-



Повреждение балок путепровода наездом негабаритного автотранспорта на а/д Курск – Воронеж, 2017 г.



Применение метода при поврежденных наездом балках, 2017 г.

тате повреждения конструкции наездом негабаритного транспортного средства.

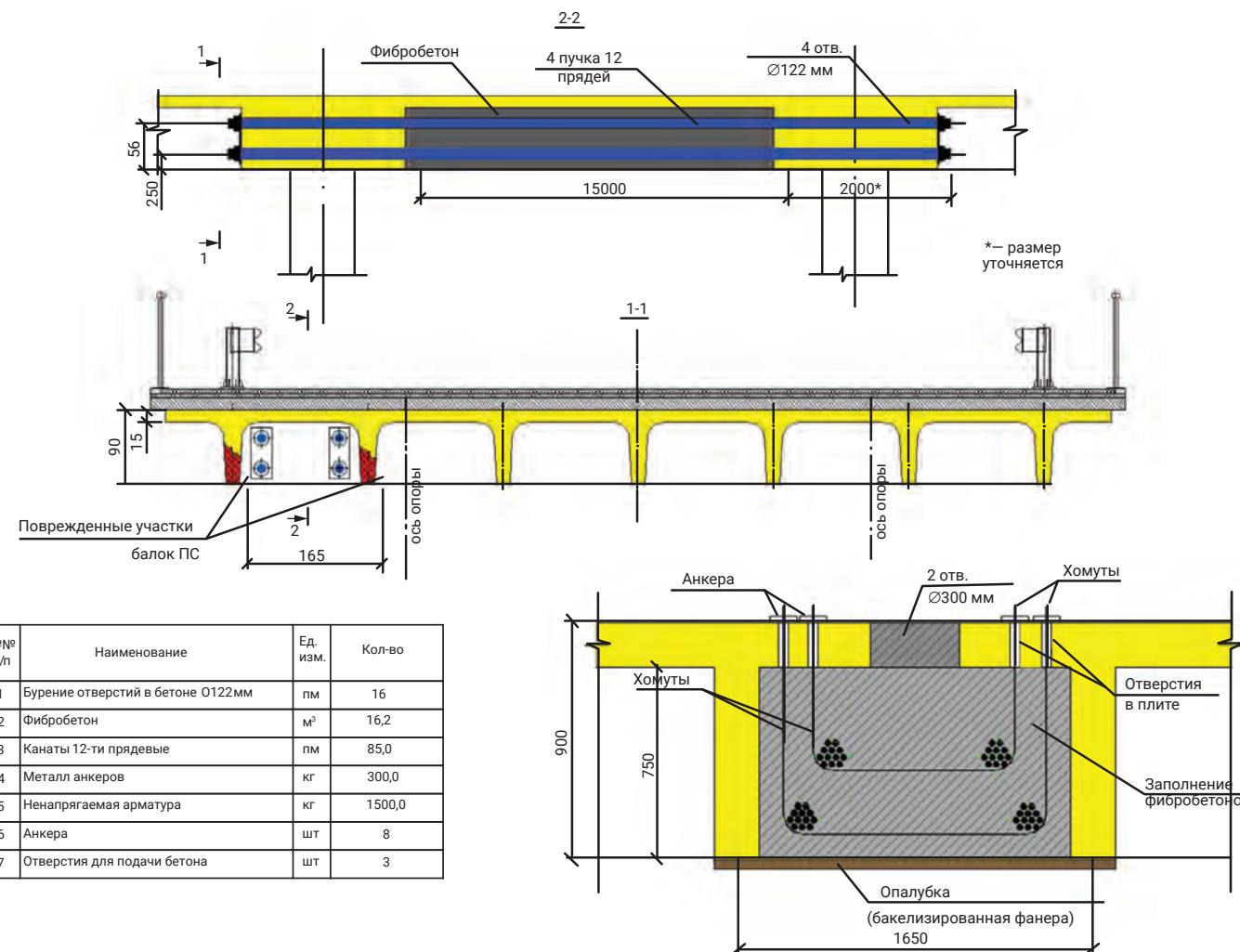
Мостовые элементы сооружения находились в аварийном состоянии и фактически все подлежали демонтажу. Но сложность его в данном случае заключалась в том, что у балок отсутствовал несущий нижний пояс и поднять их обычным способом было невозможно. Такую расчененную конструкцию требовалось подде-

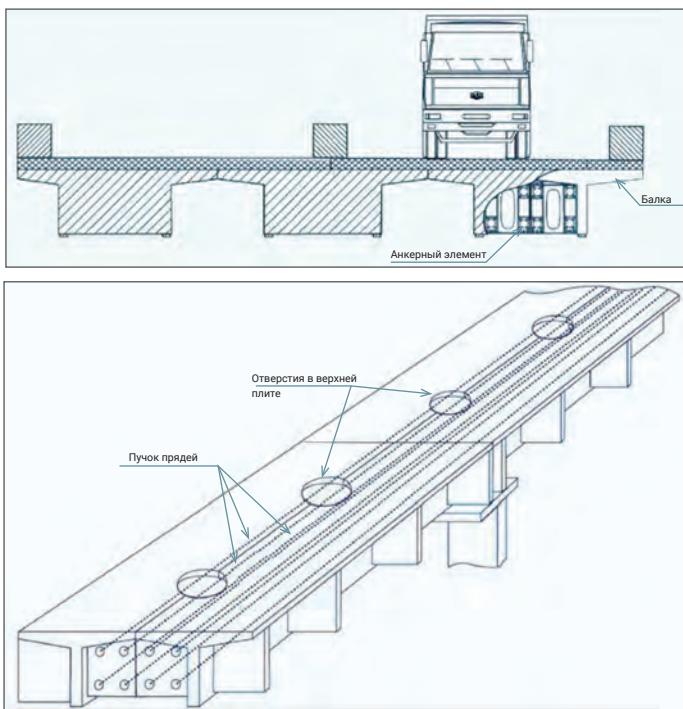
реть временными опорами, что, соответственно, привело бы к долговременному перекрытию движения по федеральной дороге под путепроводом и создало бы другие дополнительные неудобства. Аналогичные повреждения пролетных строений – явление достаточно распространенное. Как правило, это происходит на старых дорогах при недостаточных высотных габаритах мостовых сооружений.

Так, в сентябре 2004 года на обходе Владимира на автомобильной дороге Москва – Казань неустановленным транспортным средством были повреждены 6-я и 7-я балки пролетного строения путепровода. По системе «Балкорез», разработанной ООО «НПП СК МОСТ», была вырезана с расчленением на отдельные элементы балка № 6 и установлена новая с объединением ее со смежными балками и восстановлением тем самым пролетного строения. Балку № 7 удалось отремонтировать. Однако при случае в Воронежской области, где в аварийном состоянии находились сразу две балки, применить такое решение было невозможно.

ООО «НПП СК МОСТ» предложило новую технологию по ремонту аварийного пролетного строения. Суть заключается в следующем. Изначально необходимо снять слои дорожной одежды до плиты пролетного строения, освободить от слабого бетона места удара на обеих балках легкими отбойными молотками. Вторым этапом работы является восстановление каркасной арматуры балок с добавлением специального П-образного профиля в нижний пояс. Все аварийные участки нужно заполнить фибробетоном, затем оштукатурить внешние участки фасадной балки. Трещины необходимо заинъектировать эпоксидным составом на всей поверхности стенок аварийных балок.

В надопорных участках омоноличивания с каждой стороны следует пробурить по четыре отверстия диаметром 122 мм вдоль моста, тем самым создав в ригеле опоры каналы для пропуска прядевой арматуры. Для восприятия нагрузки от 12-прядевых пучков (~ 300 т) применяют упоры с четырьмя анкерами, установленные на эпоксидный состав – всего 8 шт.





Патент № 2640855 от 22.11.2016
«Способ усиления пролетного строения моста»

Основой указанного метода ремонта является пропуск канатов из прядей без оболочек (4 пучка по 12 прядей) и их натяжение, с предварительной установкой каркасной арматуры в нижней растянутой зоне на хомутах, опущенных с верхней плиты через каждый пологонный метр.

После устройства опалубки из бакелизированной фанеры по низу балок, деревянного бруса и металлических тяжей, опущенных из верхней плиты, через пробуренные два отверстия в плате диаметром 300 мм подают фибробетон с вибрированием глубинным вибратором. Весь процесс ремонта составляет 1-1,5 месяца. Работу выполняют исключительно средствами малой механизации, без закрытия движения как по сооружению, так и под ним.

Одним из преимуществ предложенного метода является отсутствие необходимости подключения к коммуникациям (электричество) и прохождения экспертизы (ремонт на стадии содержания). Нет необходимости также в демонтаже тротуарных блоков, перил, ограждений и возможных коммуникаций.

В заключение необходимо только выполнить окраску ремонтируемой части путепровода, устройство проезжей части (гидроизоляция, литой асфальтобетон), разметки.

Представленный метод – это новый взгляд и подход к переформированию элементов усиления пролетного строения: не в каждой отдельной балке, а с объедине-

нием двух, трех соседних балок в новую монолитную. Причем такая конструкция может быть использована как для усиления отдельного разрезного пролетного строения, так и для переустройства в неразрезное пролетное строение при замене опорных частей. Что касается рамного мостового сооружения, то метод идеален в чистом виде и заведомо проходит по всем расчетным показателям на прочность, устойчивость стенок и др.

Естественно, такое новое пролетное строение немыслимо без преднатяжения, что тоже решается использованием средств малой механизации и не приводит к ограничению движения как по мостовому сооружению, так и под ним.

ООО «НПП СК МОСТ» предложило абсолютно новую конструкцию пролетного строения, представляющую собой монолитную неразрезную цельную балку, где бывшие балки разрезной балочной системы служат на первой стадии только в качестве несъемной опалубки. А на последующей стадии, включившись в совместную работу, они становятся «каркасным элементом», в центре которого находится монолитная напряженная конструкция (патент РФ, заявка № 2016146815).

В итоге получаем принципиально другую конструкцию, обладающую большей долговечностью, грузоподъемностью под современные нагрузки и отвечающую всем нормам эксплуатации.

Метод реконструкции пролетных строений мостовых сооружений имеет ряд стадий, позволяющих производить работы непосредственно под движением, при этом исключено устройство объездных дорог и постройки временных мостов, что составляет значительную часть от стоимости нового строительства и очень нетехнологично, неэкологично, неконструктивно и малоэффективно. Новым решением является уход от представления балочного мостового сооружения как конструкции, состоящей из отдельных балок на момент ее проектирования или строительства. Рассмотрев все возможные системы повышения несущей способности отдельно взятой балки, ООО «НПП СК МОСТ» предложило способ, где задействованы балки попарно, и в конечном итоге из балочного пролетного строения получается новое сечение, которое может быть выполнено как в разрезной, так и в неразрезной продольной схеме мостового сооружения.

РЕКОНСТРУКЦИЯ МОСТА В КИНЕШМЕ

В 2017-2018 гг. ООО «НПП СК МОСТ» представило и реализовало новое технологическое решение при реконструкции арочного металлического моста через р. Кинешемку в г. Кинешме Ивановской области. Была



Общий вид Никольского моста

выполнена стальная затяжка в виде преднатяженно-го железобетонного бруса с восстановлением несущей способности главных балок.

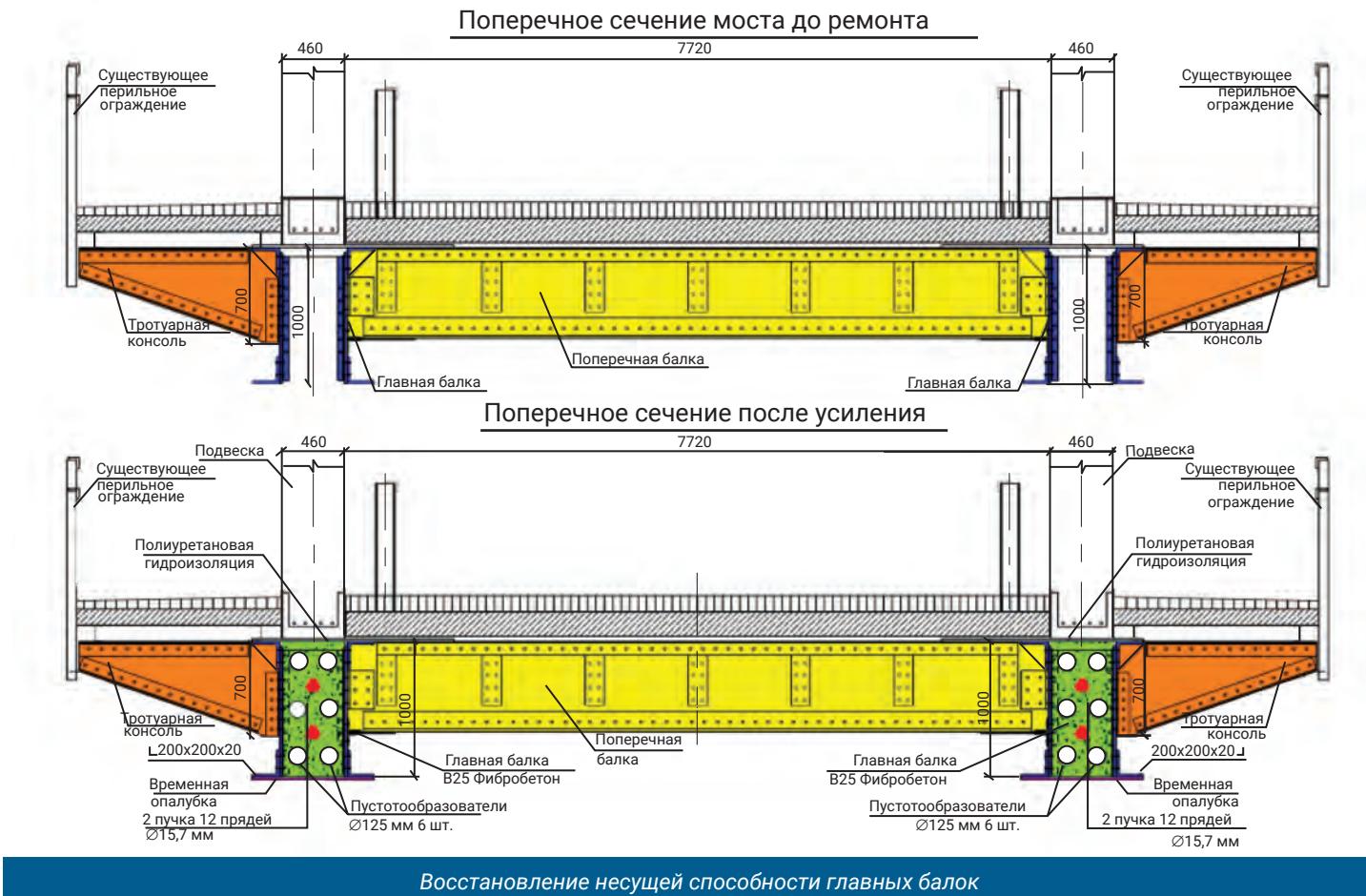
Построенный в 1959 году автодорожный Никольский мост фактически ни разу капитально не ремонтировался. За годы эксплуатации его конструкции, включая плиту проезжей части, тротуары, элементы арочной фермы, пришли в неудовлетворительное состояние.

Для восстановления несущей способности главных балок моста было предусмотрено их усиление. Основной задачей при этом являлось регулирование усилий в высокопрочных канатах (2 пучка по 12 прядей) в преднатяженных главных балках моста.



Стальная затяжка арочного металлического моста в виде железобетонного бруса

В связи с тем, что усилие высокопрочных канатов невозможно сразу довести до максимальных проектных нагрузок (балки находятся в неудовлетворительном состоянии: склоняется, и не на что опираться), а усилия в канатах превышают 480 т в каждой главной



Восстановление несущей способности главных балок

ПОДСЧИТАНО, ЧТО ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, РАЗРАБОТАННЫХ В ООО «НПП СК МОСТ», ПОЗВОЛЯЕТ ПРИ РЕМОНТЕ И УСИЛЕНИИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ОБЕСПЕЧИТЬ ФИНАНСОВУЮ ЭКОНОМИЮ В 1,5–2 РАЗА. УЧИТЫВАЯ ТО, ЧТО ПОДОБНЫЕ РАБОТЫ ВЫПОЛНЯЮТСЯ ЗА СЧЕТ БЮДЖЕТНЫХ СРЕДСТВ, МОЖНО ГОВОРИТЬ О ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВАЖНОСТИ ТАКИХ ИННОВАЦИЙ И В ЦЕЛОМ О ВКЛАДЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УВЕЛИЧЕНИЕ ВВП РОССИИ.

балке, была предложена схема постадийного преднатяжения канатов с синхронным секционным бетонированием отсеков главных балок.

В первую очередь выполнили работы по усилению и покраске арочной конструкции, возвышающейся над проезжей частью мостового сооружения (по проекту ООО «Энергетические системы»). Усиление при этом заключалось в наварке дополнительных пластин из металла, увеличивающих ширину полок составного двутавра.

Вскрытие деформационного шва показало, что металлические поперечные балки на обоих консольных концевых участках сгнили от попадания воды на 40%.

Далее специалисты приступили к вскрытию проезжей части моста, демонтажу тротуарных и сборных плит, покрывающих балки-затяжки. Было принято решение зафиксировать все элементы в том виде, в котором они работали с 1959 года, создать днище из металлического листа, то есть короб, и уложить в нем фибробетон. Кроме того, решили уложить два ряда стержневой арматуры в 20 мм сверху и внизу балки. Вследствие демонтажа плит было обнаружено, что металлические конструкции, а именно главные, поперечные балки и постилающий металлический настил под тротуарными плитами, полностью прогнили.

Пришли к выводу, что по существующему проекту дальше работать невозможно: его надо пересматривать, еще раз проходить госэкспертизу и только тогда возобновлять процедуру торгов и непосредственно производства работ.

Например, стало ясно, что железобетонную плиту демонтировать не представляется возможным, но не было понятно, какой из элементов моста является конструктивно несущим относительно другого. Это обычная ситуация, которая сопровождает строителей и проектировщиков капитального ремонта или реконструкции мостовых сооружений, не ремонтируемых такое продолжительное время (в данном случае с 1959 года, с момента ввода объекта в эксплуатацию).

Ситуация осложнялась тем, что основные несущие элементы арки, которые восходят от одной опоры, пересекаются в средней части с главными балками-затяжками и далее возвышаются над проезжей частью, в месте пересечения имели преломление и не являлись цельной аркой, опирающейся на пять опор.

Со временем строительства, кстати, не сохранилось чертежей и, тем более, исполнительной документации. Исходя из ситуации, появилась мысль произвести преднатяжение в конструкции главных балок. Причем высокопрочные пучки, 2 по 12 прядей, решено было проложить в железобетонном брусе, который удалось создать между двумя вертикальными балками (они уже прогнили, но в данном случае служили как несъемная опалубка). Пучки расположены вертикально, друг над другом.

Процесс напряжения в железобетонном брусе главных балок производился в две стадии: постнатяжением на концевых участках, где была создана система анкеровки в четырех углах, и последующим преднатяжением основного подъарочного пространства с постадийным бетонированием участков между подвесками по специально разработанной схеме в плане производства работ (ППР). Применялся только фибробетон, а для осуществления совместной работы с внутренней поверхностью главных балок приваривались арматурные упоры, разработанные в институте «СОЮЗДОРНИИ».

Метод создания напряжения при помощи прядей в системах усиления стальных балок на сталежелезобетонных пролетных строениях уже существовал, однако передача усилия через железобетонный внутренний брус осуществлялась впервые в мире, что было зафиксировано и защищено патентом № 2018123965 от 02.07.2018.

После того, как главные балки-затяжки вступили в совместную работу с металлической аркой, было принято решение приступить к ремонту поперечных балок, которые держат железобетонную плиту в продольном направлении, а сами опираются на главные балки.

Некоторые поперечные балки сгнили до того, что держались за железобетонную плиту, поэтому «НПП СК МОСТ» совместно с ООО «Магистраль проект» разработало технологию их преднатяжения с одновременным поддомкрачиванием и последующим торкретированием со всех сторон, в том числе и снизу, где располагались пряди. Опирание при этом производилось на главные балки, которые уже были готовы к восприятию современной нагрузки.

Все процессы натяжения пучков производились однопрядевыми домкратами (естественно, по одной пряди), после чего концевые анкерные участки покрывались фибраторкетбетоном и замуровывались намертво.

Реализация проекта обеспечила, в том числе, организованный отвод воды выпадаемых осадков, а дренажный канал — вывод влаги из толщи асфальтобетона (общий поток уводит все воды в фильтры, которые расположены на откосах).

КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ МОСТА В СУЗДАЛЕ

В 2019–2021 гг. ООО «НПП СК МОСТ» выполняло работы по капитальному ремонту моста через р. Каменку по ул. Коровники в г. Суздале Владимирской области. Было осуществлено попарное объединение балок в поперечном сечении моста с изменением продольной схемы из разрезной 4/17 в неразрезное пролетное строение во время капитального ремонта (реконструкции) ребристого пролетного строения.



Общий вид моста через р. Каменку в г. Суздале

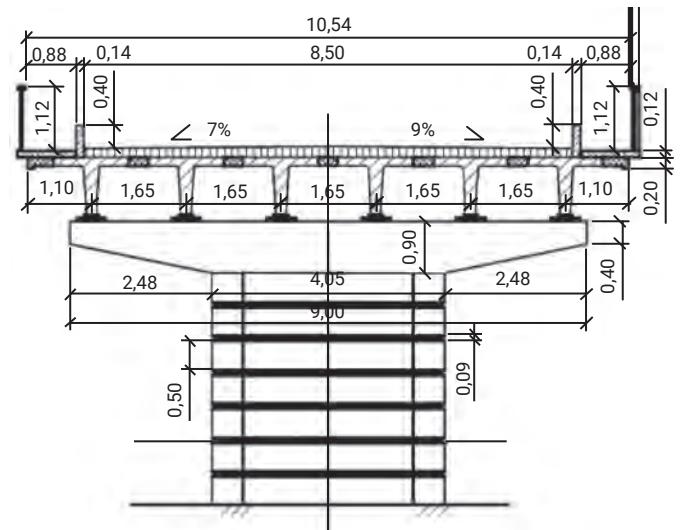
Сначала были сняты асфальтобетонное покрытие, слои дорожной одежды, осмотрены конструкции моста. В результате установили, что балки все-таки могут быть сохранены. В процессе производства работ в октябре 2019 года заказчик принял решение внести в проект ряд соответствующих корректировок. Первоначальный вариант предусматривал демонтаж несущих балок и других элементов конструкции, а также строительство временного пешеходного моста.

Данный объект выбран для примера, как типовой и широко распространенный — построенный в 1970-е гг. мост из ребристых 16-метровых железобетонных балок типового выпуска СДП № 710, двухполосный, 72 м длиной. Сооружение имело множество дефектов и находилось в неудовлетворительном, аварийном состоянии.

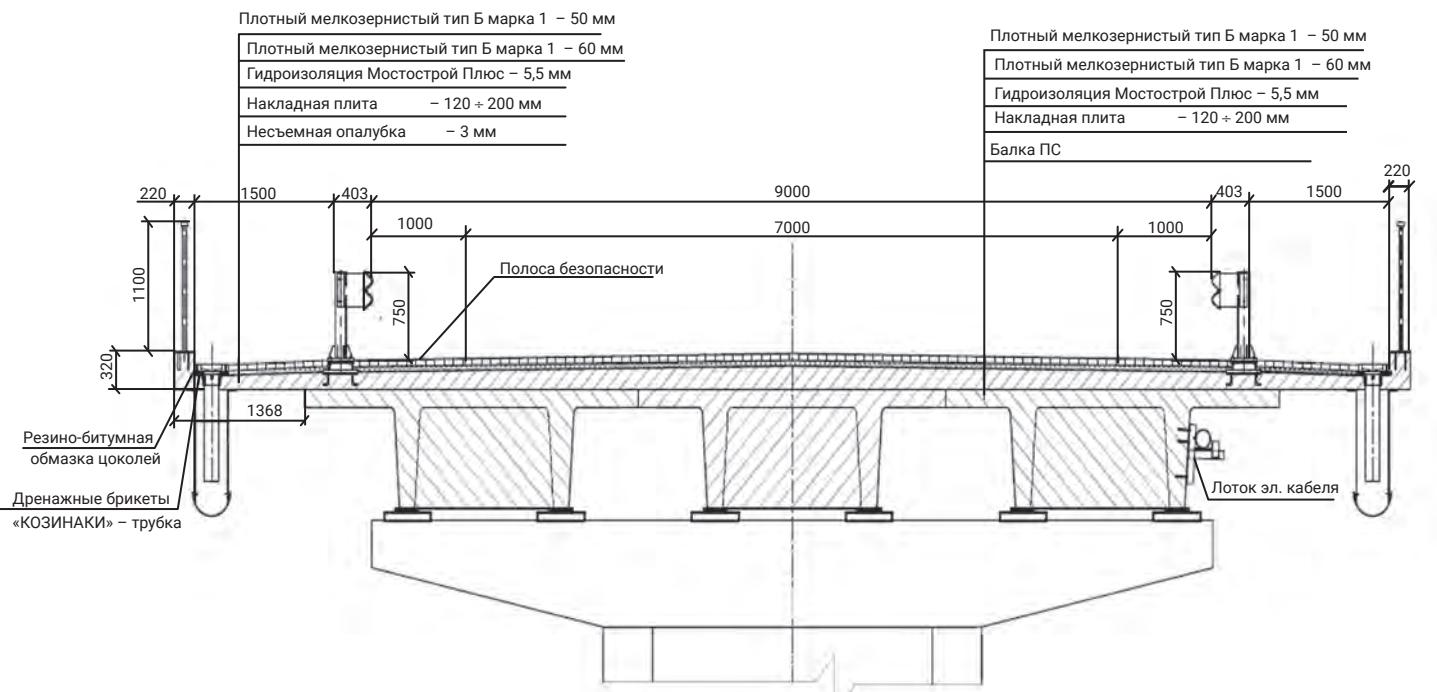
Примененная для капремонта технология разработана ООО «НПП СК МОСТ». Использовалась абсолютно новая конструкция пролетного строения. Она представляет собой монолитную неразрезную цельную балку, где бывшие балки разрезной балочной системы служат на первой стадии в качестве несъемной опалубки, а на последующей, включившись в совместную работу, — в



Вид снизу:
а – до ремонта; б – после ремонта



Поперечное сечение до ремонта



Поперечное сечение после ремонта



Канаты преднатяжены 6 x 12 прядей Ø 15.7 мм

качестве «каркасного элемента», в центре которого находится монолитная напряженная конструкция.

Эта технология менее затратна и более эффективна, чем традиционные решения. Она позволяет производить работы с сохранением пешеходного движения и исключает постройку временного моста. В результате корректировки проекта также существенно снизилась стоимость работ. По итогам ремонта с применением новой технологии увеличилась грузоподъемность моста. Расширилась проездная часть с 7 до 9 м. Была увеличена



Преднатяжение пучков в коробке

также длина тротуаров и проезжей части на подходах к мосту, установлены дополнительные опоры освещения.

Реализованное технологическое решение защищено патентом № 2640855 от 22.11.2016 «Способ усиления пролетного строения моста».

ДРУГИЕ РАБОТЫ

В 2022-2023 гг. новые технологические решения ООО «НПП СК МОСТ» применило на двух объектах в



Капитальный ремонт моста через р. Систу

Ленинградской области. В обоих случаях было произведено объединение балок.

При капитальном ремонте моста через р. Суду в Тосненском районе Ленобласти по желанию заказчика объединение произведено без полного заполнения фибробетона для облегчения конструкции, при этом шпренгельная система позволила из провисших балок создать выгнутые балки со строительным подъемом.

При капитальном ремонте моста через р. Систу в Кингисеппском районе была предложена система шпренгельного усиления для мостового сооружения, объединенного в температурное объединение по плите. Метод разработан для всех стадий, то есть реконструкция, капитальный ремонт и ремонт выполнены по всем этим стадиям.

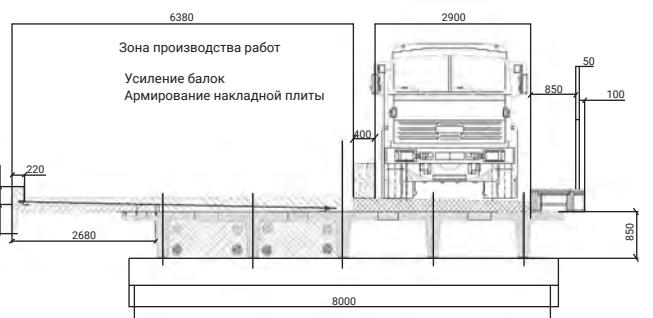
а



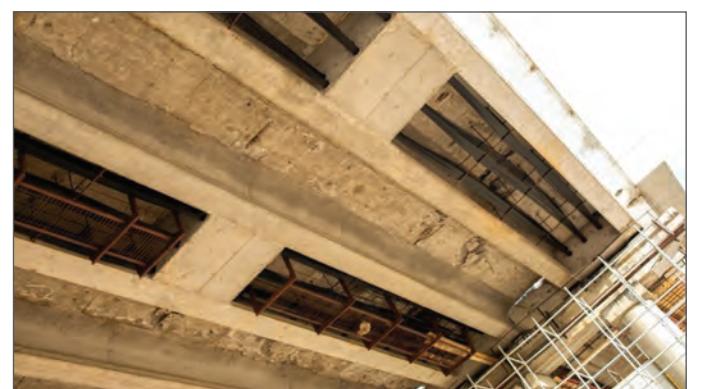
б



Капитальный ремонт моста через р. Систу:
а – устройство подвесных подмостей;
б – усиление пролетного строения



Поперечное сечение в процессе ремонта
с сохранением движения пешеходов и автотранспорта



Капитальный ремонт Боровецкого моста

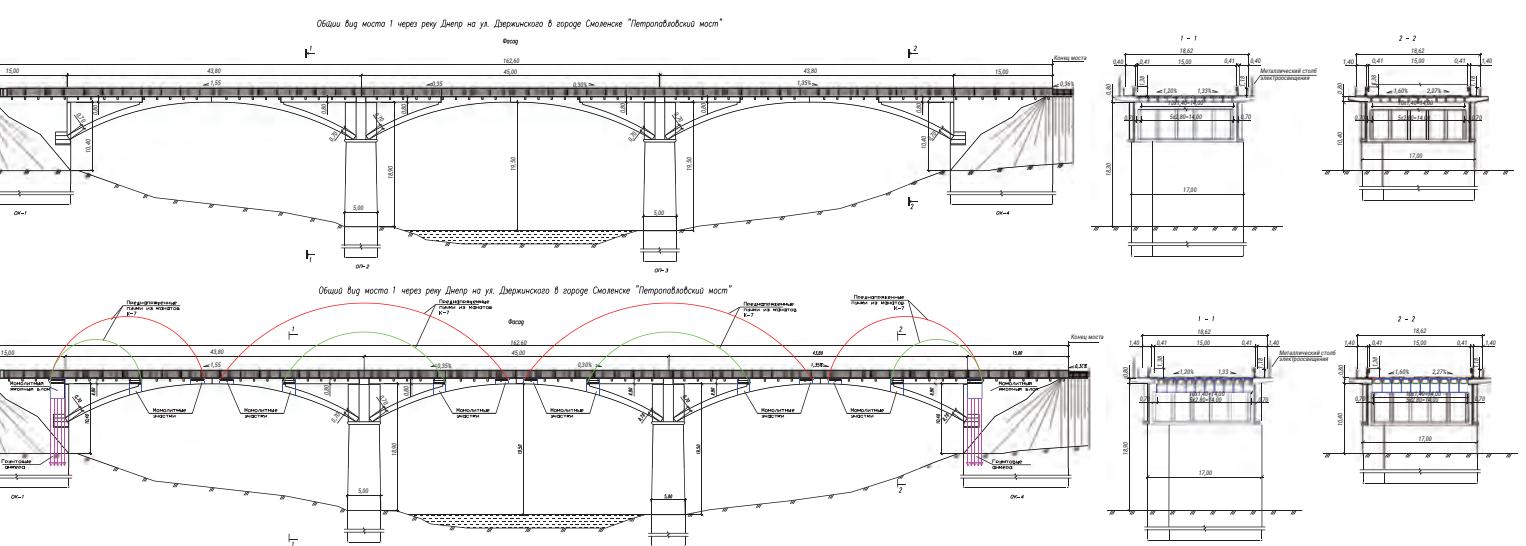


Усиление опор

В 2023-2025 гг. также разработан ряд проектов по усилению трубобетонных мостов в Башкортостане и Югре. Выполнено усиление преднапряженным бруском с фибробетоном. Конструкции из трубобетона, в настоящее время часто обсуждаемые для нового строительства, реализованы в проектах на стадии капитального ремонта и реконструкции на двух объектах.

ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ МОСТ: КОНЦЕПЦИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

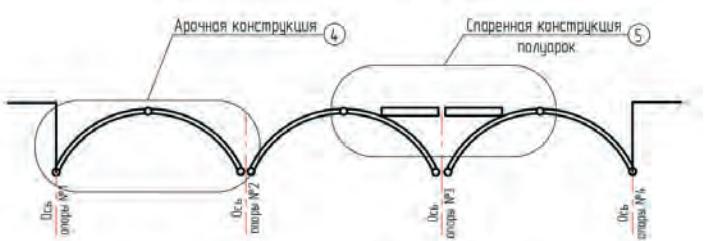
В 2025 году ООО «НПП СК МОСТ» разработало новую систему усиления арочного железобетонного пролетного строения, предложив ее для капитального ремонта Петропавловского моста через р. Днепр в Смоленске.



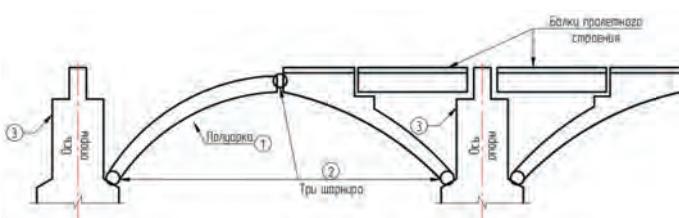
Мостовое сооружение построено в 1960 году. Пролетные строения выполнены по индивидуальному проекту с тремя арочными пролетами. Объект находится в неудовлетворительном состоянии уже несколько лет.

По результатам обследований рекомендована полная замена железобетонного арочного пролетного строения с воздвижением сталежелезобетонного балочного пролетного строения. Таким образом достигается цель уширения в две полосы движения в каждую сторону и обеспечение современного уровня безопасности с точки зрения несущей способности. Это решение, однако, поменяет архитектурный облик объекта и повлечет за собой высокие финансовые затраты в размере 3-4 млрд рублей.

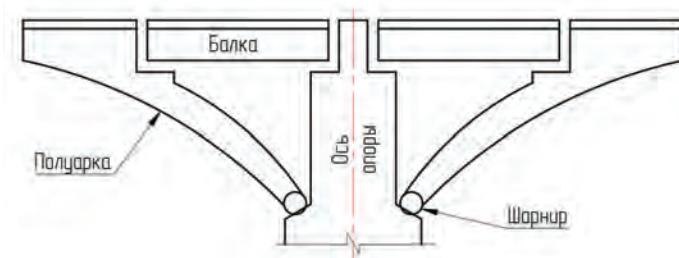
Конструкция моста состоит из статической схемы в продольном направлении в виде арочных пролетных строений.



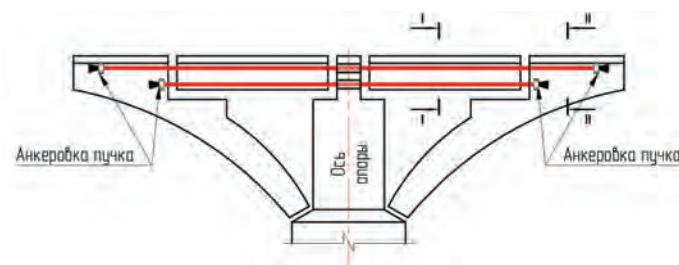
В свою очередь, каждая арка собрана из двух полуарок (1) и работает, как трехшарнирная арка (2). Полуарки упираются в опоры (3) и работают в распор, при этом на полуарки опираются балки (4) пролетного строения одним концом, а вторым упираются на опоры (3) в верхней части.



Для усиления данной конструкции моста предлагается мысленно уйти от арочной конструкции (4) и перейти к двум полуаркам, как к спаренным конструкциям (5).



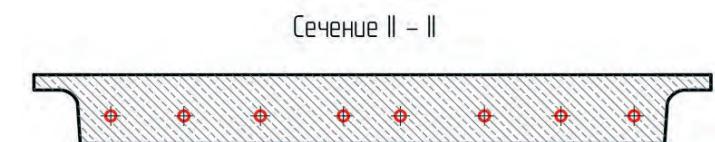
Предлагается для усиления произвести уравновешенное преднапряжение высокопрочными прядями относительно центральной оси, подобно методу сборки пролетных строений «уравновешенный монтаж».



Усиляемая «птичка» состоит из двух полуарок. Сечение I-I: сборные балки. При этом используется межбалочное пространство, через которое проходят пучки преднапряжения, а анкеровка производится между диaphragmами на арках, которые после омоноличиваются.



Сечение II-II: монолитная часть. Здесь проходят и анкеруются только верхние пучки (элементы усиления). Межарочное пространство также омоноличивается фиброжелезобетонным заполнением с установкой дополнительных шарирных опорных частей на опоры.



Предлагаемый ООО «НПП СК МОСТ» метод капитального ремонта предполагает сохранить несущие ажурные арочные конструкции моста с применением современных методов усиления, дополнительного преднапряжения железобетонных конструкций, с обеспечением современной несущей способности, четырех полос движения и с сохранением архитектурного облика сооружения и исторического центра Смоленска (с учетом перспективной реконструкции набережной).



Не останавливаясь на достигнутом, ООО «НПП СК МОСТ» постоянно продолжает разработку инновационных решений для ремонта и усиления мостовых сооружений.

ООО «НПП СК МОСТ» – ПОСТОЯННЫЙ УЧАСНИК ОТРАСЛЕВЫХ КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ, НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОНФЕРЕНЦИЙ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ РЕГУЛЯРНО ОСВЕЩАЮТСЯ В СТАТЬЯХ, ПУБЛИКУЕМЫХ В ВЕДУЩИХ ПРОФИЛЬНЫХ СМИ. КОЛЛЕКТИВ ООО «НПП СК МОСТ» ЯВЛЯЕТСЯ РАЗРАБОТЧИКОМ И ПРАВООБЛАДАТЕЛЕМ ПАТЕНТОВ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ (ЧИСЛО ПАТЕНТОВ, ИЗОБРЕТЕНИЙ И ТОВАРНЫХ ЗНАКОВ ПРИБЛИЖАЕТСЯ К 75), В СВЯЗИ С ЧЕМ В. Ю. КАЗАРЯН БЫЛ ВЫДВИНУТ НА СОИСКАНИЕ ЗВАНИЯ ПОЧЕТНОГО ИЗОБРЕТАТЕЛЯ РФ.

ООО «НПП СК МОСТ»
143900, Московская область,
г. Балашиха,
мкр. Никольско-Архангельский,
ул. 8-я линия, владение 10
Тел./факс: 8 (495) 663-68-80
nppskmost@yandex.ru
www.nppskmost.ru



ДЕМОНТАЖ С ПОМОЩЬЮ ВЫМОРОЗКИ: УНИКАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННИКОВ

Владимир НИКУЛИН,
директор по производству ГСК «Реформа»

ПРОМЫШЛЕННЫЙ БИЗНЕС ЧАСТО СТАВИТ ПЕРЕД ДЕМОНТАЖНЫМИ КОМПАНИЯМИ НЕПРОСТИЕ ВЫЗОВЫ, КОТОРЫЕ ИХ ИНЖЕНЕРАМ ПРЕДСТОИТ РЕШАТЬ. ПРО ОДИН ИЗ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РАССКАЗАЛ ВЛАДИМИР НИКУЛИН, ДИРЕКТОР ПО ПРОИЗВОДСТВУ ГСК «РЕФОРМА», НА ПРИМЕРЕ ДЕМОНТАЖА НЕДОСТРОЕННОГО МОСТА.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫМОРОЗКИ

В Бодайбо, удаленном городе Иркутской области, строительство моста через реку Витим началось еще в 1985 году, но спустя 10 лет было заморожено. Для ликвидации аварийного объекта специалистам группы компаний необходимо было выполнить демонтаж тяжелой гусеничной техникой на середине реки, которая, несмотря на суровый климат, не промерзает до дна. Для реализации проекта совместно с Институтом строительства и архитектуры УрФУ была разработана технология применения метода выморозки, ранее использовавшейся только в судоремонте.

Выморозка осуществлялась следующим образом: верхний слой льда срезался бензопилами и удалялся, после чего под ним начинала замерзать вода. Затем убирался следующий слой, и процесс повторялся. Промежуточным результатом стали полые ячейки до дна реки. Они заливались водой, в результате чего получи-

лась усиленная ледовая площадка, выдерживающая вес техники. Для дополнительной прочности в лед вмешивались деревянные настилы.

Технология помогла демонтировать подводные части опор без участия водолазов — благодаря выморозке появилась возможность провести работы экскаватором прямо со льда.

ЭТАПНОСТЬ РАБОТ

Проект был реализован в три этапа с октября 2024 по апрель 2025: демонтаж пролетов моста на берегу, подготовка ледовой площадки на реке и ликвидация опор моста с ней. Сразу после доставки оборудования на берег реки группа компаний демонтировала сухопутную часть моста. Работа не зависела от погоды и была завершена в первый месяц после начала проекта.

Следующим этапом стала выморозка. Намораживание льда из-за теплой погоды смогли начать только 7



декабря. Процесс длился чуть более двух месяцев, и к 15 февраля площадка для работы экскаваторов была готова. Финальным этапом проекта стал демонтаж двух находящихся в русле реки опор. Для ликвидации их подводной части использовался дооборудованный для работы в воде гидромолот. Работы длились полтора месяца и были окончены 3 апреля.

ВЛИЯНИЕ НА ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Технология выморозки позволила впервые соорудить усиленные площадки на льду реки, которая не промерзает до дна, и использовать на них тяжелую технику без ограничений по весу. Для промышленности метод является инновационным подходом к благоустройству регионов Сибири. Он позволит реали-



зовывать проекты в арктическом и субарктическом климатах и среднемесячной зимней температуре от -24 °C до -40 °C.

Выморозка — эффективный инструмент не только для транспортной инфраструктуры, но и для объектов добывающей, энергетической и других отраслей промышленности. С ее помощью можно возводить ледовые переправы для доставки техники и оборудования к месторождениям, укреплять береговые линии и проводить демонтаж или восстановление водозаборных сооружений, пирсов для отгрузки полезных ископаемых без остановки основного производства. Технология может стать одним из ключевых инструментов для снижения рисков, затрат и сроков реализации проектов в арктической добывающей промышленности.

Метод особенно актуален для объектов, расположенных на непромерзающих до дна водоемах, где традиционные способы крайне затратны и малопроизводительны. Его альтернативой может быть алмазная резка с баржи с привлечением промышленных водолазов. Однако применение этого метода обойдется дороже, чем выморозка, поскольку он имеет низкую производительность — оборудование на воде невозможно установить стably и надежно, а для извлечения образовавшихся отходов необходим грузоподъемный механизм. Еще один вариант — использовать демонтажные роботы Brokk с природного льда, но стоимость их эксплуатации также выше в сравнении с реализацией выморозки.



ООО «КСМ ИНЖИНИРИНГ» – СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ КОМПАНИЯ, РАБОТАЮЩАЯ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ И УСИЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. В РАБОТЕ ИСПОЛЬЗУЕТ СИСТЕМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ХИМИИ, СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ. В СФЕРЕ МОСТОСТРОЕНИЯ ВЫПОЛНЯЕТ УСТРОЙСТВО, ГЕРМЕТИЗАЦИЮ И РЕМОНТ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ, ПРЕДОТВРАЩАЯ РАЗРУШЕНИЕ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЛЕБАНИЯХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ. ПРИМЕНЯЮТСЯ ЭЛАСТИЧНЫЕ ГЕРМЕТИКИ, ПРОФИЛИ И СИСТЕМЫ КОМПЕНСАТОРОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ДОЛГОВРЕМЕННУЮ ГЕРМЕТИЧНОСТЬ И СОХРАННОСТЬ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СООРУЖЕНИЙ.



ВСЕСЕЗОННЫЙ ЛОКАЛЬНЫЙ РЕМОНТ УЗЛОВ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ И ПРИШОВНЫХ ЗОН МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР СОПРОВОЖДАЕТСЯ ИНТЕНСИВНЫМ РАЗВИТИЕМ ДЕФЕКТОВ УЗЛОВ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ И ПРИШОВНЫХ ЗОН. СУЩЕСТВЕННЫЕ СЕЗОННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕМОНТА ПРИВОДЯТ К НАКОПЛЕНИЮ ПОВРЕЖДЕНИЙ И ПЕРЕХОДУ ЛОКАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ В СТАДИЮ КАПИТАЛЬНЫХ РАЗРУШЕНИЙ.

В статье рассматривается концепция всесезонного локального ремонта с применением быстротвердеющих полимерминеральных материалов, позволяющая выполнять восстановительные работы при температуре до -30°C с быстрым вводом объекта в эксплуатацию и снижением совокупных затрат на содержание мостов. Технологическое решение разработано компанией «КСМ Инжиниринг».

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ КАК УЯЗВИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ МОСТОВ

Узлы деформационных швов и пришовные зоны относятся к наиболее нагруженным элементам мостовых

сооружений. Именно в этих участках концентрируются динамические нагрузки от транспортного потока, температурные деформации пролетных строений, воздействие влаги, противогололедных реагентов и ультрафиолета, а также многократные циклы замораживания и оттаивания.



Генеральный директор
ООО «КСМ Инжиниринг»
Сергей Михайлович КОРОЛЕВ

ПРОБЛЕМА СЕЗОННОСТИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Большинство традиционных ремонтных технологий предусматривает выполнение работ при температуре не ниже $+5...+10^{\circ}\text{C}$. В условиях холодного климата это формирует «сезонное окно», вне которого оперативное устранение дефектов становится невозможным.

КОНЦЕПЦИЯ ВСЕСЕЗОННОГО ЛОКАЛЬНОГО РЕМОНТА

Альтернативой капитальным и сезонно ограниченным работам является концепция всесезонного локального ремонта, направленная на устранение дефектов на ранней стадии без полного демонтажа узла деформационного шва.

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Применяются быстротвердеющие полимерминеральные материалы, обеспечивающие выполнение работ при температуре до -30°C , быстрый набор прочности, высокую адгезию и долговечность.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Своевременный локальный ремонт деформационных швов и пришовных зон мостовых сооружений предотвращает развитие дефектов, снижает аварийность, сокращает ограничения движения и уменьшает затраты на капитальные ремонты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Всесезонный локальный ремонт узлов деформационных швов – это переход от устранения последствий к предотвращению разрушений и повышению надежности мостовых сооружений.



К ВОПРОСУ О НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА МОСТОСТАЛЬ



Д. В. НИЖЕЛЬСКИЙ,
начальник управления новых видов продукции
АО «Уральская Сталь»

ПОД «МОСТОСТАЛЬЮ» ПРОФИЛЬНЫЕ СПЕЦИАЛИСТЫ ПОНИМАЮТ ТОЛСТОЛИСТОВОЙ ПРОКАТ ТОЛЩИНОЙ ДО 50 ММ, ИЗ КОТОРОГО ИЗГОТАВЛИВАЮТ СВАРНЫЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ДЛЯ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ. СРОК СЛУЖБЫ ТАКИХ МОСТОВ – ДО 100 ЛЕТ. ЧТО ЖЕ КАСАЕТСЯ ВОПРОСОВ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ, СООРУЖАЕМЫХ СОГЛАСНО ГОСТ 6713 В РЕДАКЦИИ 2021 ГОДА, ТО СПОРЫ ОБ ЭТОМ НЕ СТИХАЮТ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ СООБЩЕСТВЕ ДО СИХ ПОР.

ПРЕДЫСТОРИЯ ПРОБЛЕМЫ

Для того чтобы вникнуть в суть текущих проблем с нормативной документацией на толстолистовой прокат, необходимо сделать небольшой экскурс в историю и сложившуюся на текущий момент ситуацию с производителями проката и состоянием отечественного рынка мостостали.

Круг производителей мостостали сложился еще в прошлом веке. Это металлургические комбинаты нового цикла, в составе которых были толстолистовые станы и термические участки:

- МК «Азовсталь» (г. Мариуполь, в 2022 году остановлен), стан 3600 + термический участок;
- АО «АМК» (г. Алчевск), стан 3000 + термический участок;
- ПАО «ММК» (г. Магнитогорск), станы 4500 и 2350 + термический участок;
- ПАО «Северсталь» (г. Череповец), стан 2800 + термический участок;

- АО «Уральская Сталь» (г. Новотроицк), стан 2800 + термический участок.

До недавнего времени термическая обработка являлась обязательным условием получения высококачественного металла для мостостроения (сталь 10ХСНД, 15ХСНД, категории 2 и 3 по ГОСТ 6713-91 и ГОСТ Р 55374-2012, а также стали 10ХСНДА и 15ХСНДА по СТО 13657842-1-2009).

Динамика производства и применения листового проката для мостостроения с начала текущего десятилетия претерпела существенные изменения. В начале 2020-х гг. наблюдался стабильный рост объемов возведения мостовых сооружений, где основным локомотивом являлись государственные масштабные стройки, например, трасса М-12 «Восток» от Москвы до Казани, введенная в эксплуатацию в конце 2023 года, и ряд других крупных объектов.

С 2023 года начался существенный спад потребления мостостали в Российской Федерации, причиной чему является окончание реализации многих строительных

проектов и снижение объемов финансирования новых объектов. Статистика, по нашим данным, представлена в табл. 1.

Таблица 1.
Рынок мостостали

Период	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Объем рынка мостостали РФ, тыс. т	175	310	333	270	145	160

Развитие трубопроводного транспорта газа и нефти в России в 2000-2010-х гг., строительство отечественными экспортерами новых трубопроводов подтолкнуло металлургов к развитию собственных производственных мощностей по выпуску сварных труб большого диаметра до 1420 мм включительно (ТБД), для которых необходимы широкоформатные листы шириной до 4600 мм, производимые на станах 5000.

В 2000-2010-е гг. были реконструированы или построены стапы 5000 для производства такого листа:

- ПАО «ММК» (г. Магнитогорск), новый прокатный стан + термический участок;
- ОАО «ВМЗ» (г. Выкса), новый прокатный стан без термического участка;
- ПАО «Северсталь» (г. Колпино), модернизированный прокатный стан + термический участок.

Важной особенностью технологии производства штапса для ТБД является отсутствие необходимости в термическом участке. Подобный металл получают с помощью так называемой технологии термомеханической обработки:

- контролируемой прокатки (далее КП);
- контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением (далее КП+УО),

Технология не требует дополнительной термической обработки. Поэтому не все производители широкоформатного листа вложили средства в строительство термических участков на своих станах.

Спад производства ТБД, а значит и заготовки для них, начался несколько раньше, чем в мостостали, и загрузка станов 5000 существенно просела. Металлурги начали поиск других ниш для загрузки своих мощностей по производству толстого листа.

Предприятия, которые имеют в своем составе термические участки, увеличили объемы производства судостали, мостостали, а также броневых и специальных сталей, прокат из которых требует обязательной термической обработки для придания требуемого уровня механических свойств. Компании же, которые не име-



ют на своих станах термических участков, для загрузки своих мощностей начали активно продвигать внедрение технологий производства проката без термической обработки (КП, КП+УО) в нормативную документацию для широкого марочника сталей, в том числе и для мостостроения. Такой подход значительно экономичнее, чем вкладывание денег в строительство собственных производственных мощностей.

Проверенные временем и сотнями построенных металлических мостов ГОСТ 6713-91 и ГОСТ Р 55374-2012 были отменены 15.03.2022 с утверждением нового стандарта – ГОСТ 6713-2021 с «революционными» нововведениями для металлических мостовых металлоконструкций ответственного назначения:

- возможность поставки листового металлопроката 2, 3 категории не только в термообработанном, но и в горячекатаном (далее ГК), термомеханически обработанном состоянии (состояния поставки КП, КП+УО), после закалки с прокатного нагрева, отпуска, отжига, нормализующей прокатки (то есть все эти состояния разработчики просто переписали из ГОСТ 19281-2014 на прокат для конструкций общего назначения в новую редакцию ГОСТ 6713, видимо, забыв, что мостовые конструкции, кроме статических нагрузок, испытывают постоянные динамические воздействия);

- возможность поставки проката в толщинах до 110 мм, при этом механические свойства такого проката указаны как факультативные, а опыт производства мостостали и металлоконструкций из нее толщиной более 50 мм на территории РФ отсутствует;

- снижение норм на свариваемость проката (Сэ);
- применение микролегирования бором для стали 10ХСНД, а также некоторые другие изменения.

Ни одно из нововведений не было предварительно проверено на практике: ни в лабораторных, ни в промышленных условиях, тем более на натурных опытных объектах, как это принято в мостовой отрасли.

Таблица 2.
Сортамент металлопроката отдельных производителей, прошедший испытания по Программе испытаний

Марки стали	15ХСНД						10ХСНД						14ХГНДЦ	09Г2СД	
Толщина, мм	16	20	25	32	36	40	50	16	20	25	32	36	40	8-50	8-50
ГК	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Зпр+О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Отжиг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отпуск	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
НП	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КП	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КП+УО	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-
КП+УО+О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. ГК – горячекатаное (без термической обработки) состояние; Зпр+О – закалка с прокатного нагрева с отпуском; НП – нормализующая прокатка; КП – контролируемая прокатка (разновидность термомеханической обработки); КП+УО – контролируемая прокатка с ускоренным охлаждением (разновидность термомеханической обработки); КП+УО+О – контролируемая прокатка с ускоренным охлаждением с последующим отпуском (разновидность термомеханической обработки).

2.

«+» – испытания проведены для отдельного производителя;
«–» – испытания не проводились.

3.

Согласно программе испытаний от 08.07.2022:

«Для проведения исследований металлопрокат следует разделить на 4 группы по толщине:
1 группа – толщина 10–24 мм;
2 группа – толщина 25–39 мм;
3 группа – толщина 40–50 мм;
4 группа – толщина 51–110 мм.

Результаты испытаний листового проката распространяются на толщину фактически испытанного проката и на меньшие толщины внутри каждой группы толщин».

МЕТАЛЛУРГИ БЕЗ МОСТОВИКОВ?

Дорогу новому ГОСТу проложил Технический комитет № 375 «Металлопродукция из черных металлов и сплавов», а разработчиками традиционно выступили ФГУП «ЦНИИчермет им. И. П. Бардина» и АО «ЦНИИТС». Стандарт введен в действие 15.03.2022 приказом Росстандарта, при полной поддержке профильного министерства. Основных потребителей – мостовиков – на обсуждение ГОСТа, однако, не привлекали, а их мнение, судя по реакции на ГОСТ 6713-2021, явно расходилось с логикой разработчиков. Таким образом металлурги обезопасили себя, расширили свои возможности для производства мостостали, даже не имея мощностей по термической обработке, а мостостроители остались в ответе за надежность мостовых металлоконструкций из традиционных сталей в новых, ранее не применявшихся и не проверенных для мостов состояниях поставки.

Для обоснования нововведений в ГОСТ 6713-2021 в авральном порядке, уже после его внедрения, была разработана заинтересованными сторонами, в том числе металлургами, и согласована Минтрансом и Минстроем России «Программа квалификационных испытаний...» от 08.07.2022 (далее – Программа). К сожале-

нию, подходы, принятые при внедрении ГОСТ 6713-2021, перекочевали и в процесс исследований. Испытания мостового проката по Программе выполнены лишь в малой части размерного (в части толщин) и марочного сортамента ГОСТ 6713-2021 (подробная информация – в табл. 2), а именно – только для:

- сталей 10ХСНД, 15ХСНД;
- термомеханически обработанного состояния – «контролируемая прокатка с ускоренным охлаждением» и одна толщина для «закалки с прокатного нагрева с отпуском»;
- проката в диапазоне толщин 10-16, 25-32, 40 мм.

Таким образом, описанный в новом ГОСТе прокат в других состояниях поставки, кроме КП+УО, – прокат толщиной 17-20, 33-36, 41-50, 51-110 мм (одна толщина 40 мм для состояния поставки Зпр+О), а также прокат из стали марок 09Г2СД, 14ХГНДЦ, – на соответствие требованиям Программы фактически не испытывался. Но даже та малая часть испытаний, которая проведена, по мнению представителей мостового сообщества, детально ознакомившихся с результатами исследований, вызывает сомнения и не дает гарантии безопасности применения проката в особо ответственных конструкциях мостовых переходов, которые работают не только



ко при статической, но и при динамической нагрузке (в отличие от объектов ПГС). Такая позиция экспертов не раз озвучивалась на многочисленных совещаниях в Минстрое и Минпромторге России, однако аргументы мостовиков были проигнорированы (Протокол Минстроя №1269-ПРМ-СМ от 05.09.2023).

Итогом более чем двухлетних споров стал приказ Росстандарта от 04.04.2024 по ГОСТ 6713-2021 с легитимизацией состояния поставки «ГК» и одного нового состояния поставки – КП+УО – для всего применяемого на практике диапазона толщин 8-50 мм для всех категорий проката, несмотря на то, что фактические испытания для состояния ГК не проводились, а испытания для проката в состоянии КП+УО в толщинах 17-20, 33-36, 41-50 мм не проведены до сих пор. Приказ Минстроя от 30.05.2024 № 361/пр по утверждению Изменения № 4 к СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» вышел с аналогичными изменениями в табл. 8.2 свода правил. Подход схожий: разрешено к применению состояние «ГК» для всех категорий и сталей из ГОСТ 6713-2021; разрешено к применению состояние КП+УО – для всего применяемого на практике диапазона толщин 8-50 мм для всех категорий проката из стали 10ХСНД и 15ХСНД.

Следует подчеркнуть тот факт, что новый ГОСТ принимался с учетом результатов голосования в АИС Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС) стран Содружества Независимых Государств, а затем имплементировался в национальное законодательство каждой из них. Тем удивительнее выглядит появление поправки от 31.10.2023 и приказа Росстандарта от 04.04.2024 № 404-ст с принципиальными изменениями, внесенными в ГОСТ 6713-2021, без обратной

трансляции в нормативное поле всех стран-участников МГС. Таким образом, на территории РФ будет применяться скорректированный стандарт, а за пределами РФ строительство мостов будет продолжаться из металлопроката по первоначальной редакции ГОСТ 6713-21.

Кроме того, 26.10.2023 зарегистрирована поправка к ГОСТ 6713-2021, представленная ТК 375 «Металлопродукция из черных металлов и сплавов» (ФГУП «ЦНИИчермет им. И. П. Бардина»). Она затрагивает не устранение опечаток и неточностей (как это регламентирует ГОСТ 1.2-2015), а содержит основание для возможности производства проката в различных состояниях поставки при наличии у изготовителя положительных результатов испытаний без четкого указания объема и видов испытаний, а также квалификации испытательных центров.

Оформив указанное изменение в форме поправки, а не изменения, ТК 375 по факту уклонился от проведения публичного обсуждения изменения согласно требованиям ГОСТ 1.2-2015, заведомо зная о существенных разногласиях в профессиональном сообществе по внедрению новых положений ГОСТ 6713-2021. Несмотря на то, что данный стандарт является межгосударственным, применение поправки установлено только на территории РФ.

В ПОИСКАХ КОНСЕНСУСА

Важным индикатором системной проблемы в отрасли стало многократное продление действия, проверенного временем и сотнями изготовленных мостовых переходов ГОСТ Р 55374-2012 на мостосталь. Он продлевался уже четыре раза, в настоящий момент продлен до 01.01.2027. Это делается для возможности проекти-

техническое регулирование

рования, изготовления и строительства мостовых переходов из надежного проката.

Кроме того, заводы по производству металлоконструкций также проводили свои исследования мостового проката без термообработки [1, 2]. Испытания околосшовной зоны сварных образцов и проката после термической правки (стандартная процедура, применяемая для правки сварных конструкций после сварки) показали неудовлетворительные результаты как по ударной вязкости, так и по прочностным свойствам.

Аналогичное мнение имеют и другие мостовые организации, что подтверждается решениями координационных советов представителей мостовой отрасли, проходящие на ежегодной основе [3, 4, 5, 6], других участников мостового сообщества [7, 8, 9], резолюциями профильных конференций [10, 11].

Видимо, поэтому ни утверждение в нарушение всех правил стандартизации ГОСТ 6713-2021, учитывающего только «мнение» конкретных производителей металлоизделий, ни авральная разработка после утверждения ГОСТа Программы испытаний, не имеющей оправданий с точки зрения порядка и методик стандартизации, изложенных в основополагающих документах – ГОСТ Р, ФЗ и т. д., – не привели к консенсусу в мостовой отрасли.

Обсуждаемая ситуация сложилась по нескольким системным причинам:

1. Снижение качества отечественной прикладной науки – многие крупные отраслевые НИИ вышли из зоны государственного управления и превратились в частные компании, главной целью которых стало получение прибыли.

2. Заинтересованность технических комитетов в пересмотре тех стандартов, в которых материально заинтересован крупный бизнес, а значит, и результат такого пересмотра оказывается под влиянием ключевых заказчиков, но не государства. При этом сам документ будет носить статус государственного стандарта, а мнение потребителей продукции имеет второстепенное значение.

Литература

1. А.А. Сергеев, В. И. Звирь «У каждой проблемы есть «фамилия, имя и отчество», журнал «Дороги. Инновации в строительстве», 2023, № 114.
2. А.А. Сергеев, В.И. Звирь «ГОСТ 6713-2021 – это мина в стальном мостостроении, но уже совсем не замедленного действия», журнал «Дороги. Инновации в строительстве», 2024, № 117.
3. Нижельский Д.В. «Результаты проведенного координационного совета представителей мостовой индустрии», журнал «Мостовые сооружения. XXI век», 2(61) – 2024.
4. Нижельский Д.В. «Применение ГОСТ 6713-2021 создается критическую ситуацию на рынке мостостали», журнал «Мостовые сооружения. XXI век», 3(59) – 2023.
5. Нижельский Д.В. «Мостовики требуют доработать ГОСТ на конструкционную сталь», журнал «Дороги России», № 5 (137) 2023.
6. «ГОСТ для мостового проката: от споров до выводов», журнал «Дороги. Инновации в строительстве», 2022, № 103.
7. Харламов Д.Н. «К вопросу о новых ГОСТах в металлическом мостостроении», журнал «Дороги. Инновации в строительстве», 2023, № 110.
8. Нижельский Д.В. «Особенности ГОСТ 6713-2021. Опыт производства горячекатанного проката для мостостроения АО «Уральская Сталь», журнал «Мостовые сооружения. XXI век», 4(56) – 2022.
9. Харламов Д.Н. «С позиции Трансстройпроекта: чем не прост новый ГОСТ», журнал «Дороги. Инновации в строительстве», 2022, № 101.
10. Резолюция конференции «Дорожное строительство в России. Мосты и искусственные сооружения» при поддержке ФДА «Росавтодор» 21-22.09.2023.
11. Резолюция конференции «Дорожное строительство в России. Мосты и искусственные сооружения» при поддержке ФДА «Росавтодор» 26-27.09.2024.

3. Отсутствие прозрачного и понятного для всех порядка проведения испытаний и исследований при внедрении новых марок сталей для такого ответственного процесса, как мостостроение. С советских времен подобный процесс сопровождали профильные государственные НИИ, которые были заинтересованы в качестве металла и конструкций из него и отвечали за конечный результат.

Для купирования проблемы необходимо в срочном порядке пересмотреть ГОСТ 6713 с исключением тех состояний поставки и сортамента проката, которые фактически не были проверены в рамках спешно согласованной Программы.

Для исключения повторения сложившейся ситуации должен быть утвержден в профильных технических комитетах, отвечающих за проектирование и сооружение мостовых конструкций, регламент (ГОСТ/ПНСТ) по внедрению стального проката, отличного от традиционно применяемого в настоящее время (ГОСТ Р 55374-2012). Этот нормативный документ будет гарантировать надежную и безопасную эксплуатацию в России мостовых сооружений из новых материалов с обязательным pilotным проектированием и научно-техническим обследованием объектов.

Такая работа начата в 2024 году в профильном ТК 418 с привлечением широкого круга мостовых организаций. С проектом окончательной редакции ПНСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Методы испытания стальных элементов и листового металлопроката» можно ознакомиться на сайте ТК 418 в разделе «Стандартизация (обсуждение документов по стандартизации)» или запросить у разработчиков – ООО «Мастерская Мостов».



КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В РОССИИ

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ. НОВЫЕ ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

29.01.2026 | МОСКВА

Российский университет транспорта (МИИТ)



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ И УЧАСТИИ



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР



АВТОДОР
государственный концерн



Минпромторг
России



ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ДУМА



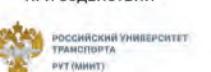
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА
РУТ (МИИТ)



ЦИФРОВАЯ ЭРА
ТРАНСПОРТА



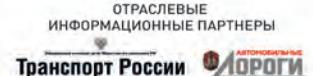
РОСАСФАЛЬТ
Ассоциация Производителей и Потребителей Асфальтобетонных Смесей



РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА
РУТ (МИИТ)

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР
ПУТЬ
дорожника

ОТРАСЛЕВЫЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ
Транспорт России | **Автомобильные Дороги**



ГЕНЕРАЛЬНЫЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ
Дорожная Контрольная Комиссия | **Мир Дорог**



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ
Мосты и Технологии | **Мир Дорог** | **Дороги** | **J COMM**
СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ

ОПЕРАТОР
J COMM
СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ

МОНТАЖНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ: **МНЕНИЕ ТЕХНОЛОГА СВАРКИ**

В. С. АГЕЕВ,
к. т. н. (ООО «НПЦ мостов»)

ТЕХНОЛОГИЯМ СБОРКИ И СВАРКИ МОНТАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ В ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ УДЕЛЯЕТСЯ МАЛО ВНИМАНИЯ. ОДНАКО В ЭТОЙ ТЕМЕ ЕСТЬ МНОГО СЛОЖНЫХ И НЕРЕШЕННЫХ ВОПРОСОВ, О КОТОРЫХ СЛЕДУЕТ ПОГОВОРИТЬ.

НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

В настоящее время вопросы конструирования и технологии сварки заводских и монтажных соединений регулируются, главным образом, стандартами уже не существующей ГК «Трансстрой».

В середине 90-х годов два института – НИИ мостов ЛИИЖТа и НИЦ «Мосты» – обратились в Научно-техническое управление Корпорации «Трансстрой» с предложением о разработке нормативных документов, в которых должны быть изложены технологии изготовления и монтажа стальных конструкций мостов. Так появилась серия стандартов предприятия СТП 005-97, СТП 006-97, СТП 012-2000, СТП 015-2000, СТП 016-2001. Они подробно излагают технологию сборки и сварки монтажных соединений, а стандарты СТП 005-97 и СТП 012-2000 содержали описание их конструкции. Целью создания нормативных документов являлось предотвращение снижения качества проектирования, изготовления и монтажа стальных мостовых конструкций, которое мы наблюдали в результате появления на мостостроительном рынке большого количества новых мелких проектных фирм, неспециализированных производств и строительных организаций, не обладающих достаточными знаниями.

Авторитет Корпорации «Трансстрой», созданной в результате реорганизации Министерства транспортного строительства СССР, придал этим стандартам общеотраслевой статус, который в силу традиционности мышления они сохраняют до сих пор. Своды правил СП 35.13330 и СП 46.13330, единственные нормативные документы, которые могут иметь статус общеотраслевых стандартов, к удивлению, почти не затрагивают эти темы.

Ставшая общепринятой обязательность стандартов организации ГК «Трансстрой», которые восемь лет актуализируются уже без участия правообладателя, отрицательно повлияла на несколько поколений специалистов, которые признают единственно допустимыми конструкцию и технологию сборочно-сварочных работ, описанные в стандартах. У многих произошла подмена теоретических основ профессиональных знаний, особенно в области сварки, шаблонами готовых «обязательных» конструктивно-технологических решений. Конечно, следование положениям данных стандартов при конструировании монтажных соединений не приведет к каким-либо отрицательным результатам, поскольку все, что в них написано, проверено многолетней практикой предшествующих поколений мостостроителей.

Вместе с тем все чаще и чаще появляются проекты мостовых конструкций, отличающиеся оригинальными архитектурными решениями, для которых необходимо разрабатывать такие же оригинальные технологические решения сборочно-сварочных работ. Эти решения кардинальным образом отличаются от привычных шаблонов. И довольно часто на регламенты по сборке и сварке монтажных соединений мы получаем замечания о том, что в той или иной части последовательность работ не соответствует СТО ГК «Трансстрой»-005.

В ответ на эти замечания бывает очень сложно объяснить, что конструктивно-технологические решения и последовательность сборочно-сварочных операций не могут быть предметом стандартизации. Что нормировать можно лишь конечные параметры конструкции и соединений, такие как прочность и соответствие геометрической формы рабочей документации и допускаемым отклонениям, на каждом этапе технологического

процесса. Что конструкция соединений определяется многими факторами – например, членением на блоки в зависимости от возможностей завода-изготовителя и условий транспортировки до объекта, способом монтажа, возможностями кранового оборудования на монтаже и т. д., а последовательность технологических операций – производными от конструкции пролетного строения, толщинами свариваемых элементов, необходимостью минимизировать сварочные деформации и т. д.

Однако не только СТО ГК «Трансстрой», но и СП 46.13330 содержат предписывающие требования по последовательности сборочно-сварочных работ. Например, вызывает удивление положение п. 10.25, предписывающее производить обязательную частичную или полную работу болтового соединения стенки в болтосварных стыках всех без исключения типов конструкций после выполнения сварки соединений горизонтальных листов сечения. Авторы этого положения требуют таким способом снимать остаточные сварочные деформации в стенке, не допуская даже мысли, что можно другими технологическими приемами минимизировать сварочные деформации, как это делали с 70-х годов до 2017 года, когда это положение было внесено в Свод правил.

Надо отметить, что нецелесообразность выполнения данного требования СП 46.13330 в части удорожания в 2,5 раза работ, в невозможности выполнения требования при навесном монтаже, например, консольных плит, в необходимости замены болтов с покрытием, признают все участники строительного производства. Следовательно, наличие положений, не выполняемых в практической работе, свидетельствует о необходимости изменения нормативных документов в области технологии строительно-монтажных работ. А именно, перехода от предписывающих норм к параметрическому принципу нормирования с изложением обязательных функциональных требований и предоставления профильным специалистам свободы творчества в разработке конструкций и технологий.

Надо отметить, что авторский коллектив одной организации, выполнившей в последнее десятилетие актуализацию Сводов правил и СТО ГК «Трансстрой», не справился с задачей написания стандартов, соответствующих современным требованиям. В настоящее время разработка нормативных документов стала бизнесом. Наблюдения последних лет свидетельствуют о том, что организация, выигравшая конкурс, не приглашает в авторский коллектив специалистов из других организаций, считая собственный опыт достаточным для создания отраслевых нормативных документов. Но, увы, разработанные ими документы зачастую фактически повторяют текст ранее изданных норм. Много-

численные замечания, поступающие в адрес разработанных стандартов, большей частью не учитываются. К сожалению, ожидать изменения существующего порядка не приходится.

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Нормативная документация не содержит требований к организациям, выполняющим разработку технологии сборки и сварки монтажных соединений. Эти требования содержатся в статье 55.8 Гражданского кодекса РФ, предусматривающей обязательное членство в саморегулируемой организации и получение допуска к технологическому проектированию. Членство в СРО предполагает создание в технологической организации определенной структуры и наличия достаточно большой численности персонала. А по части железнодорожных пролетных строений персоналу технологической организации к тому же необходимо пройти аттестацию в Ростехнадзоре для получения допуска к работе на особо опасных объектах.

Но таких технологических организаций одна или две на всю страну. Большинство представленных на рынке имеет минимальный штат, состоящий в некоторых случаях (судя по доступной информации от налоговых органов) из одного–трех человек. Здесь не рассматриваются проектные организации, разрабатывающие технологию строительства. В части получения допуска к проектированию они полностью соответствуют законодательству РФ, но в своей работе не затрагивают области сборки и сварки монтажных соединений.

В результате несоблюдения большинством технологических организаций требований законодательства строительные подрядчики не имеют гарантий компенсации в случае некачественно составленной документации. Поскольку, не являясь членом СРО, технологические организации не страхуют свою деятельность, не проводят периодическое повышение квалификации, не имеют нормоконтроля, и квалификация их специалистов зачастую весьма сомнительна. (О ней можно судить по содержанию регламента, который состоит из текста, заимствованного их СТО ГК «Трансстрой» 005 или из регламентов других технологических организаций.)

На все перечисленные несоответствия строительные организации при проведении конкурсов не обращают внимания, оценивая лишь стоимостные показатели предложений. Такая практика ведет к деградации технологической документации в области сборки и сварки монтажных соединений до уровня кратких инструкций или технологических карт вместо полноценного

проекта производства сварочных работ, поскольку, как известно из социологии, при принятии стоимости как основного показателя качество продукции нивелируется по худшему результату.

БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Еще в 90-е годы в НИИ мостов ЛИИЖТа была разработано предложение по комплексной защите от коррозии болтовых стыков полной заводской готовности, исключающей подготовку болтокомплектов и контактных поверхностей на монтаже. Благодаря работам Н. И. Сотскова (ЦНИИ ПСК им. Мельникова) и Е. Б. Кабанова (ЦНИИ КМ «Прометей») была разработана методика термодиффузационного цинкования болтокомплектов. Позднее ООО «НПО «Мостовик» вывел на рынок болтокомплекты с цинкламельным покрытием. В части болтокомплектов задача была решена.

В то же время в ЦНИИС и в НИИ мостов ЛИИЖТа выполнялись исследования фрикционно-защитных покрытий для контактных поверхностей. Идея применения таких покрытий пришла из EN 1090.2, где для консервации поверхностей использовали этилсиликатные грунтовки. Исследование фрикционных свойств грунтовок разных фирм, представленных на отечественном рынке, показало соответствие их среднестатистического значения показателя нормативному значению коэффициента трения для металлических поверхностей, равного 0,58. Это значение и было внесено в СП 35.13330 для фрикционно-защитных покрытий.

Однако не были учтены такие факторы, как величина среднеквадратичного отклонения, зависящая от шероховатости металлической поверхности, правильности определения коэффициента закручивания для болтокомплектов, точности приложения крутящего момента, точности создания усилия обжатия болтоконтакта из-за рассеивания значений коэффициента закручивания и, самое главное, от толщины слоя и качества нанесения грунтовки. В результате заводы мостовых конструкций не смогли обеспечить постоянство коэффициента трения 0,58 (и выше) и не знали, что делать с левой частью кривой нормального распределения, содержащей значения от 0,5 до 0,58.

Внимательное прочтение EN 1090.2 показывает, что в зарубежной практике для этилсиликатных покрытий на контактных поверхностях устанавливают более низкое значение коэффициента трения 0,4, который определяют по усилию, создающему сдвиг в образце 0,15 мм ($\mu_{0,15}$). В нашей стране коэффициент трения

(празр) определяют по усилию, приводящему к исчерпанию несущей способности образца при упругой деформации сдвига в болтовом соединении (рис. 1). Это и объясняет различие расчетных величин в отечественных и зарубежных нормах.

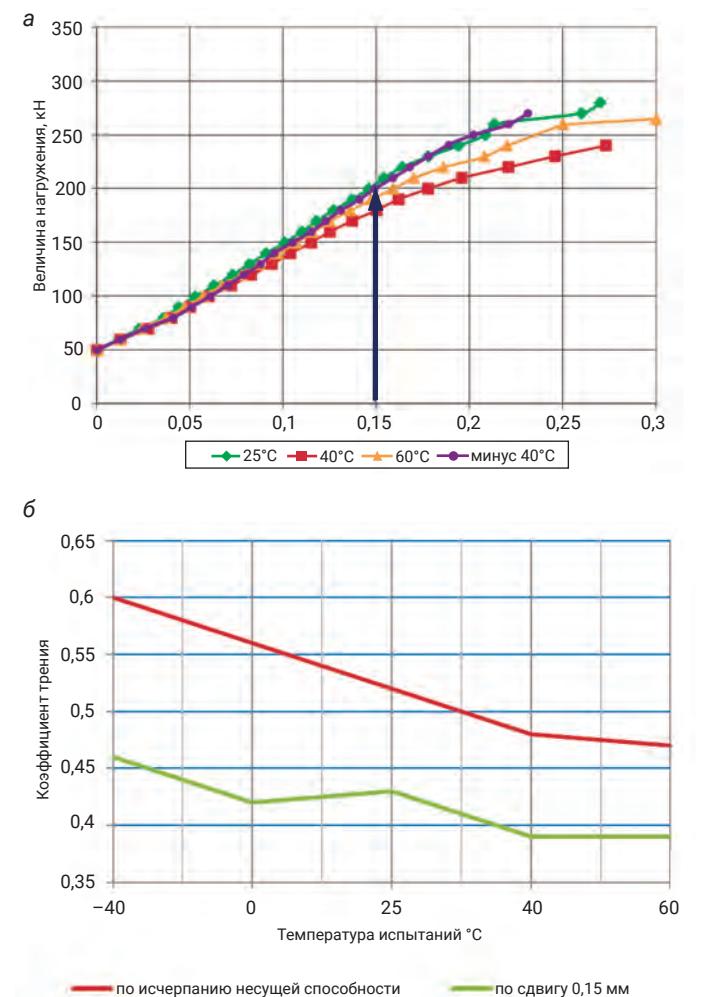


Рис. 1. Коэффициент трения:
а – графики сдвига при испытании по СТП 006-97 образцов с покрытием ЦВЭС+ЦВЭС-А;
б – изменение значения коэффициента трения покрытия ЦВЭС+ЦВЭС-А от температуры конструкции

Следует отметить, что EN 1090.2 и ГОСТ Р 54257 устанавливают разный доверительный интервал рассеивания коэффициента трения (табл. 1). Коэффициент трения 0,58 был определен в 1974 году в НИИ мостов ЛИИЖТа как среднестатистическое значение по имеющемуся обширному массиву результатов испытаний нескольких институтов с обеспеченностью 0,95, что и определяет ширину доверительного интервала.

Таблица 1.
Интервалы рассеивания коэффициента трения

Расчетный коэффициент трения	Границы доверительного интервала			
	По EN 1090.2 $\pm\sigma (\pm 8\%)$		По ГОСТ Р 54257 $\pm 2\sigma (\pm 16\%)$	
	минимальное	максимальное	минимальное	максимальное
$\mu_{разр} = 0,58$	—	—	0,49	0,67
$\mu^{0,15} = 0,5$	0,46	0,54	—	—
$\mu^{0,15} = 0,4 \rightarrow \mu_{разр} = 0,5$	0,37	0,44	0,42	0,58

Исследования ООО «НПЦ мостов» показали, что коэффициент трения для этилсиликатных грунтовок без наполнителя или с карборундовым наполнителем зависит от температуры металлоконструкции и опускается ниже 0,5 для коэффициента трения $\mu_{разр}$ и ниже 0,4 для коэффициента трения $\mu^{0,15}$, рассчитанного при сдвиге 0,15 мм. Таким образом, значение коэффициента трения для контактных поверхностей с этилсиликатными покрытиями в СП 35.13330 необоснованно завышено и не может гарантировать безопасность мостовых сооружений. В СП 35.13330 коэффициент трения для контактных поверхностей с этилсиликатными покрытиями должен быть равен $\mu_{разр} = 0,50$. Только снижение его расчетного значения позволит применять в мостостроении этилсиликатные грунтовки с карборундовым наполнителем.

КОНСТРУКЦИЯ БОЛТОСВАРНОГО СТЫКА ГЛАВНЫХ БАЛОК

Несколько слов о рациональном проектировании стыка, а именно о целесообразности применения вставки в верхнем поясе главной балки.

В болтосварном стыке главных балок, разработанном в 70-е годы в НИИ мостов ЛИИЖТа, первоначально предусматривалось расположение стыкового соединения верхнего пояса по оси стыка балки. При этом в стенке у соединения верхнего пояса был предусмотрен технологический вырез, аналогичный по форме и размерам вырезу у нижнего пояса. Это решение преследовало не только цель снижения усталостной прочности, поскольку болтосварной стык разработан для автодорожных пролетных строений, где вопросы

выносливости менее значимы, чем в железнодорожных мостах.

При многослойной сварке листов с односторонней разделкой кромок происходит поперечное укорочение и угловая деформация соединения с изгибом в сторону корня шва.

Благодаря плавному изменению высоты обрыва стенки в большом технологическом отверстии у верхнего пояса, концы стенок при сварке соединения деформируются, и давление на стенку за пределами стыковой накладки болтового соединения стенки не передается (рис. 2, а).

Все меняется, когда в верхнем поясе проектируют вставку длиной 400 мм и уменьшают размер технологического отверстия (рис. 2, б). В этом случае давление от угловой деформации в каждом шве передается на стенку за пределами ширины стыковой накладки и создает в стенке вертикальное сжимающее усилие. Кроме этого, поперечное укорочение при сварке двух поперечных стыковых швов передает на стенку сжимающие усилия, направленные в сторону оси стыка.

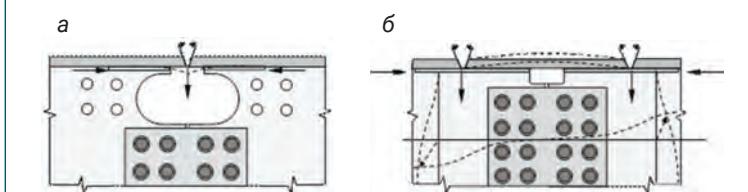


Рис. 2. Варианты оформления стыка верхнего пояса (пунктиром показана форма деформации):
а – без вставки с большим технологическим отверстием;
б – со вставкой и малым технологическим отверстием

Сложenia этих факторов в стенке вызывает потерю устойчивости в стенах толщиной 12–14 мм на участках вблизи стыковой накладки болтового соединения стенки. Вероятность и величина выпучивания в стенке зависит от ее толщины и размеров неподкрепленного ребрами участка, а также от толщины верхнего пояса. Именно для ликвидации выпучивания п. 10.25 СП 46.13330 и требует разборки болтового соединения стенки. Вместе с тем в нашем арсенале есть технологические приемы снижения угловой и поперечной деформации в стыковых швах, приемы управления сварочными деформациями.

Рассмотренная выше картина напряженно-деформированного состояния доказывает, что размещение поперечного стыкового соединения верхнего пояса по оси стыка балки является наиболее рациональным конструктивным решением даже без большого

технологического отверстия в стенке. В отличие от цельносварного стыка балки, вставка в верхнем поясе в болтосварном стыке не имеет существенного технологического смысла. Компенсировать неточности изготовления и сборки балки можно за счет припуска длины пояса на одном из блоков, прирезаемом при монтаже.

КОНСТРУКЦИЯ ЦЕЛЬНОСВАРНОГО СТЫКА ГЛАВНОЙ БАЛКИ

Цельносварной стык, разработанный в ИЭС им. Е. О. Патона в 60-х годах, предназначен для внедрения автоматической сварки. Размеры сварочных автоматов, созданных в ИЭС, определили размеры проемов в стенке и в верхнем поясе. Из-за того, что эти размеры указаны в СТО ГК «Трансстрой» 005 и СТО ГК «Трансстрой» 012, возник миф, что цельносварной стык в мостовых конструкциях может быть только таким.

Явными недостатками цельносварного стыка ИЭС им. Е.О. Патона является неуравновешенность длины сварных швов в нижнем и верхнем поясе и неспособность поперечного сечения балки сопротивляться общим сварочным деформациям, поскольку нейтральная ось поперечного сечения при сварке второго вертикального соединения стенки находится всегда ниже зоны горения дуги (рис. 3). Деформации поперечной усадки сварного шва создают изгибающий момент, приводящий к искривлению балки в плоскости стенки. Геодезический контроль на реальных конструкциях показал, что при автоматической сварке второго вертикального шва возникают 90% сварочной деформации общего изгиба.

Для уменьшения сварочных деформаций общего изгиба рационально исключить вставку в верхнем поясе балки. Повсеместный отказ от автоматической сварки под флюсом с принудительным формированием шва

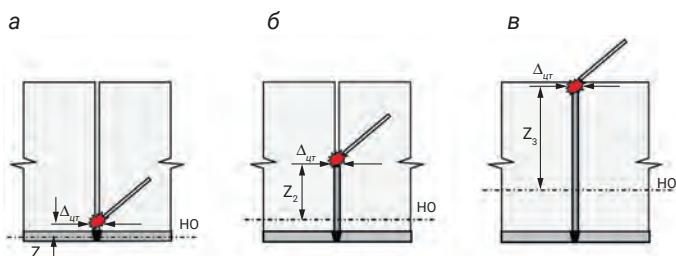


Рис. 3. Изменение положения нейтральной оси при сварке вертикального стыкового шва стенки:
а – в начале шва; б – в середине шва; в – в конце шва

вертикальных соединений и применение взамен механизированной сварки в смеси газов, расширяющей возможности управления сварочными деформациями, позволяет отказаться и от вставки. Ожидаемым выражением здесь будет усложнение установки вставки в стенку при отсутствии вставки в верхнем поясе. Однако следует заметить, что в болтосварном стыке коробчатой балки еще сложнее установить стыковые накладки той же высоты, что и вставка в цельносварном стыке, и совместить монтажные отверстия.

Альтернативные конструкции цельносварных стыков уже встречались в практике нашей организации. В конструкции арочного моста через р. Кубань в г. Краснодаре (АО «Трансмост», ГИП В. В. Мартынов) стык верхнего пояса коробчатых главных балок и арки коробчатого сечения расположен по оси стыка, а вставка в стенках сохранена (рис. 4, а).

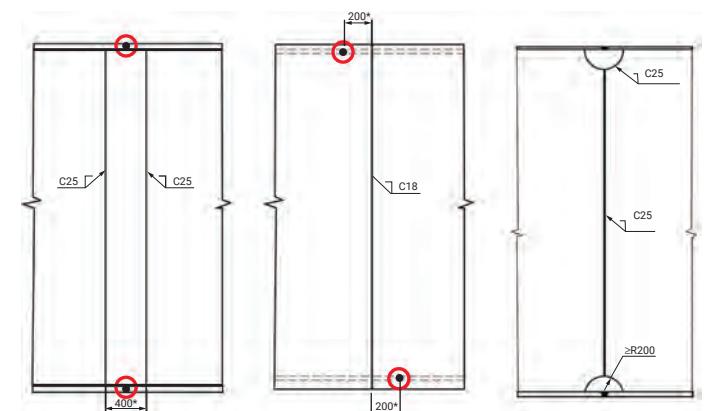


Рис. 4. Варианты конструкции цельносварных стыков главных балок и арок: а – стыковое соединение верхнего пояса по оси стыка; б – стыковые соединения поясов смещены в разные стороны от оси стыка (Z-образный стык); в – стыковые соединения поясов по оси стыка отделены полуциркульными вставками

В конструкции арки моста через р. Москву в створе Берегового проезда (ОАО «Институт Гипростроймост», ГИП М. А. Баранов) применен Z-образный стык без вставки в стенку, со стыковыми соединениями поясов, разнесенными в разные стороны от оси стыка (рис. 4, б). Для удобства сварки соединений поясов в коробчатом сечении арки ее нижний пояс должен быть размещен между вертикальными листами стенок, а верхний может иметь свесы или также должен быть размещен между листами стенок.

Возможен и вариант расположения стыковых соединений поясов в одном сечении со стыковым соединением стенки (рис. 4, в). В этом случае вблизи по-

ясов в стенке делают выкружки, в которые вваривают вставки. Как видно из рисунка, длина сварных швов полукруглых вставок значительно меньше, чем протяженность стыковых соединений вставки на полную высоту стенки.

Все варианты цельносварного стыка объединяет то, что в них исключается развитие магистральной трещины по всему сечению стыка балки в случае хрупкого разрушения стыкового шва в одном из поясов.

КЛАССИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СВАРКИ ЦЕЛЬНОСВАРНОГО СТЫКА ГЛАВНОЙ БАЛКИ

Последовательность сварки возможных конструктивных вариантов цельносварного стыка и приемы управления сварочными деформациями в каждом случае индивидуальны.

В классическом варианте цельносварного стыка ИЭС им. Е. О. Патона при последовательной автоматической сварке соединений управление сварочными деформациями невозможно. На практике применяется лишь метод компенсации общих сварочных деформаций изгиба за счет создания предварительного перелома продольного профиля в стыке путем опускания свободного конца монтируемого блока. Величина опускания задается приближенно на основании личного опыта технолога, поскольку зависит от геометрических размеров блока и толщин свариваемых элементов. Хотя и здесь можно предложить упрощенную формулу расчета, которую используют в АО «Дороги и мосты», в виде

$$\Delta = \frac{L}{H} \times 4...6,$$

где L и H – длина и высота блока в мм, а множитель в диапазоне от 4 до 6 выбирают в зависимости от толщины поясов.

Но в силу приближенного назначения предварительного перелома профиля, а также из-за колебаний величины зазоров в соединении, случайных остановок сварочного автомата при сварке, величина общей сварочной деформации изгиба изменяется в достаточно широких пределах. Не редки случаи, когда после сварки балка в стыке приобретает обратный изгиб. В результате для данной технологии сварки устанавливают допускаемое отклонение высотных отметок продольного профиля балки после сварки ± 30 мм.

УПРАВЛЕНИЕ СВАРОЧНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ПРИ СВАРКЕ ЦЕЛЬНОСВАРНОГО СТЫКА

Под управлением сварочными деформациями мы понимаем возможность за счет различных технологических приемов менять величину и направление общих и местных деформации изгиба и укорочения. В данной статье рассмотрим некоторые приемы управления сварочными деформациями общего изгиба балки.

Возможность управления сварочными деформациями общего изгиба балок вытекает из качественного анализа формулы для оценки кривизны нейтральной оси балки при выполнении продольных или поперечных сварочных швов, расположенных с эксцентризитетом по отношению к нейтральной оси:

$$C = \mu q_n \frac{z}{J} = -3,53 \cdot 10^{-6} \cdot q_n \cdot \frac{z}{J}, \text{ 1/см},$$

где: q_n – погонная энергия сварки; z – расстояние от оси шва до нейтральной оси поперечного сечения элемента; J – момент инерции поперечного сечения элемента.

На основе этой формулы можно разработать множество технологических приемов и применять их по отдельности или в разном сочетании для любого конкретного случая.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШПРЕНГЕЛЯ

Приведенная формула подсказывает простейшее решение для уменьшения деформаций общего изгиба в балке с классическим цельносварным стыком при автоматической сварке вертикальных стыковых соединений стенки, а именно – формирование поперечного сечения в зоне монтажного стыка, обладающего моментом инерции и способного сопротивляться деформации



Рис. 5. Установка шпренгелей в стыке главной балки высотой 6 м. Ворошиловский мост через р. Дон в Ростове-на-Дону

ся высота расположения нейтральной оси в стыке. В результате при сварке вертикального стыкового соединения стенки ниже нейтральной оси меняется направление деформации на противоположное, что компенсирует деформацию при сварке на участке выше нейтральной оси.

Установка шпренгеля не исключает необходимости создания предварительного перелома продольного профиля в стыке, поскольку в шпренгеле при сварке накапливается потенциальная энергия деформации сжатия, высвобождаемая при демонтаже шпренгеля. Но величина предварительного перелома в этом случае в два раза ниже, чем без шпренгеля. Следовательно, и отклонение высотных отметок в продольном профиле арки не превысили установленное в регламенте по сварке допускаемое отклонение ± 5 мм.

ПОРЯДОК СВАРКИ ЭЛЕМЕНТОВ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ В СТЫКЕ

Установка шпренгелей требует дополнительного расхода материалов, и потому целесообразно поискать другие способы формирования сечения с необходимой величиной момента инерции. Поскольку наибольшая величина деформации общего изгиба накапливается при сварке второго вертикального стыкового соединения стенки, то, заварив до сварки этого шва все соединения верхнего пояса, мы получим тот же эффект, что и при установке шпренгеля. Но в силу разного сечения верхнего и нижнего пояса нейтральная ось сечения будет смешена в сторону одного из поясов. В коробчатых сечениях с продольными ребрами положение нейтральной оси можно регулировать за счет оформления стыков продольных ребер верхнего или нижнего пояса. А если это недостаточно или невозможно, то уравновесить поперечное сечение можно за счет наложения на пояса дополнительного металла.

Например, так сделано при сварке монтажных соединений пролетного строения временного моста через р. Северский Донец на автодороге М-4, в поперечном сечении которого восемь главных балок Т-образного сечения с различной толщиной стенки и размерами нижнего пояса (рис. 6). Для каждого типоразмера главной балки были подобраны выравнивающие накладные элементы на верхний или нижний пояс и предусмотрена особая очередность ручной дуговой сварки второго вертикального стыкового шва стенки по одну или другую сторону от нейтральной оси. В ре-

зультате геодезического контроля высотных отметок в 16 опорных сечениях главных балок только в одном узле отклонение высотной отметки составило 4 мм, в остальных 15 узлах было 0–2 мм.

Аналогичные решения были применены при сварке стыков арки моста через р. Кубань в Краснодаре, где для каждого стыка по длине арки подбирали выравнивающие накладные элементы, что позволило унифицировать расположение и очередьность механизированной сварки участков стыкового шва в стенке для всех стыков. Отклонения высотных отметок в продольном профиле арки не превысили установленное в регламенте по сварке допускаемое отклонение ± 5 мм.

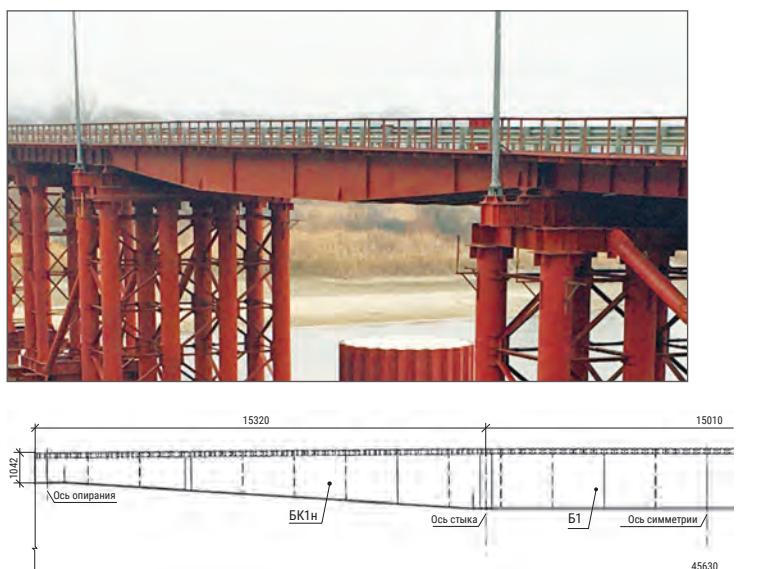


Рис. 6. Пролетное строение временного моста через р. Северский Донец на автодороге М-4 в Каменске-Шахтинском

Очередность сварки участков второго вертикального стыкового соединения стенки также вытекает из приведенной выше формулы. Участки, центр тяжести которых расположен наиболее близко к нейтральной оси, должны быть заварены в первую очередь. Это создает укорочение блока в продольном направлении, но минимизирует деформации общего изгиба балки.

При этом в арсенале технолога имеются приемы манипуляции сварочной дугой, индивидуальные для каждого участка, уменьшающие величину поперечной деформации при сварке стыкового шва. А уменьшив деформацию поперечной усадки шва, мы уменьшаем и ее накопление по длине шва, тем самым снижая величину изгибающего момента в балке под действием сварочных деформаций.

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИЕМОВ УПРАВЛЕНИЯ СВАРОЧНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ

Наибольшее количество технологических приемов компенсации и управления сварочными деформациями было применено при монтажной сварке пролетного строения и пylonов вантового пешеходного моста через р. Москву в Нагатинском затоне в г. Москве (АО «Проектирование мостов и тоннелей», ГИП С. М. Лютый, строительная организация — «Мостоотряд-6», филиал АО «Дороги и мосты»), см. рис. 7. Конструкция пролетного строения коробчатого сечения с ортотропной плитой проходящей части и нижней ребристой плитой отличалась большой шириной верхнего пояса 12 м и нижнего 6,3 м при высоте в береговых пролетах 800 мм и в русловых пролетах 1600 мм. Стыки продольных ребер верхнего пояса — 26 штук, нижнего пояса — 13 штук и на стенках.



Рис. 7. Пешеходный вантовый мост через р. Москву в Нагатинском затоне в г. Москве

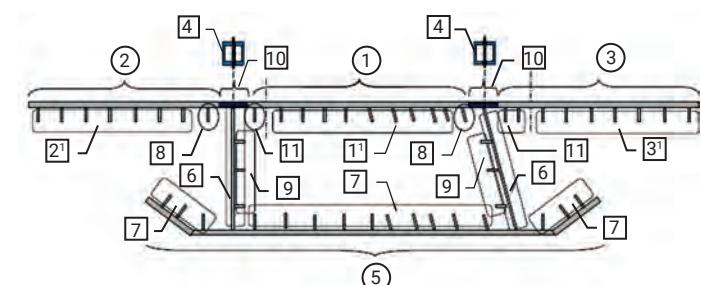


Рис. 8. Пример очередности сварки элементов поперечного сечения в одном из стыков пролетного строения

Вставки в стенки устанавливали в последнюю очередь через проемы в листе настила верхней ортотропной плиты (рис. 9), которые заваривали после завершения всех сварочных и отделочных работ внутри коробчатой балки.

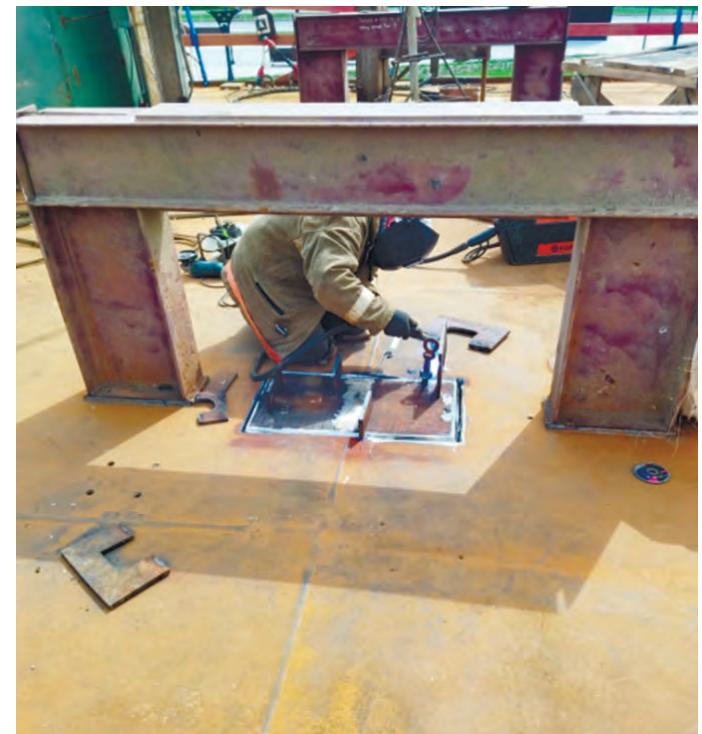


Рис. 9. Заварка проемов в листе настила верхней ортотропной плиты над вставкой в стенки коробчатой балки

По данным геодезического контроля, во всех стыках отклонения высотных отметок продольного профиля не выходили за пределы расширенного для этого пролетного строения допускаемого диапазона ± 15 мм.

техническое регулирование



Рис. 10. Очередность сварки монтажных соединений пилонов

Нетрадиционное технологическое решение было применено для сварки монтажных соединений пилонов. Все сварочные и отделочные работы внутри кольчатого сечения пилонов выполнены через не заваренный проем в одной из стенок (рис. 10). Последняя стенка была заварена односторонними швами.

Технологическое отверстие в стенке пилона потребовалось лишь для того, чтобы на заваренной в последнюю очередь стенке выполнить сварку угловых швов роспусков. Для реализации такой технологии были изменены и согласованы с проектной организацией типы всех сварных швов в данном узле.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ограниченных рамках статьи рассмотрены лишь отдельные вопросы, касающиеся конструкции и технологии устройства монтажных соединений металлоконструкций стальных мостов.

В этой области технологического проектирования необходимо отказаться от предписывающих стандартов и провести переработку СП 46.13330 для того, чтобы уйти от устаревших стандартов уже несуществующей ГК «Трансстрой». Возможен и другой вариант решения нормативных задач, а именно разработка Стандартов организации ведущих мостостроительных компаний АО «Дороги и мосты», АО «Мостострой-11» (а может, и объединяющего их холдинга ГК «Нацпроектстрой»). Один из таких стандартов в 2021 году был разработан по заказу АО «Дороги и мосты» по неразрушающему контролю соединений стальных конструкций мостов.

Уже сейчас необходимо задуматься о мерах по предотвращению деградации технологической документации на объекты, разрабатываемые в ИП или во вновь создаваемых малых предприятиях. К сожалению, ситуация в этой области очень напоминает ситуацию 90-х годов в области проектирования, изготовления и строительства мостов. С той лишь разницей, что тогда существовали только два научных института, работающих в этой области и написавшие все стандарты ГК «Трансстрой».

В настоящее время научные отраслевые институты, которые и создавали с 50-х годов индустрию сварки в мостостроении, потеряли свою ведущую роль в результате реорганизаций и ухода на пенсию специалистов. Ведущие специалисты сейчас рассеяны по проектным институтам и научно-производственным центрам. Но было бы полезным для отрасли собрать из них авторский коллектив для изменения идеологии создания нормативных документов.



СИБИРСКИЕ ДОРОГИ

МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИЧЕСКАЯ СЕМИНАР КОНФЕРЕНЦИЯ



2025 | 4.12-5.12 ТЮМЕНЬ

2026 | 5.02-6.02 ИРКУТСК

2026 | 5.03-6.03 ХАБАРОВСК

ИННОВАЦИИ И ОПЫТ



t.me/sibdor



sibdor2020



сибирснедороги.рф

8 800 201 85 38



ПОСЛЕДСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЮЖНОЙ ЕВРОПЕ

Г. С. ШЕСТОПЕРОВ, д. г.-м. н., профессор

(Продолжение. Начало в №№ 122, 124–127)

В ПРЕДЛАГАЕМОМ ОБЗОРЕ СОБРАНЫ СВЕДЕНИЯ О НЕСКОЛЬКИХ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ В ПОРТУГАЛИИ, ИСПАНИИ, ИТАЛИИ И ГРЕЦИИ, ОКАЗАВШИХ В ПРОШЛОМ СУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ СРЕДИЗЕМНОМОРСКИХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ. ИЗЛОЖЕНИЕ ДОПОЛНЯЕТСЯ ДАННЫМИ О СОВРЕМЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ, ПРИВОДЯТСЯ ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ БАЛОЧНЫХ, РАМНЫХ, АРОЧНЫХ, ВАНТОВЫХ И ВИСЯЧИХ МОСТОВ, ВКЛЮЧАЯ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ СЕЙСМОЗАЩИТЕ, РАЗРАБОТАННЫЕ С УЧЕТОМ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.

ИТАЛИЯ

Землетрясение на Сицилии 1693 года

Согласно сведениям о современных и происходивших до начала XX века исторических землетрясениях, приведенным в работах Б. А. Болта и Дж. А. Эйби [2, 15] со ссылкой на «Каталог разрушительных землетрясений» Дж. Милна и материалы Национального ведомства США по океанам и атмосфере, Сицилийское землетрясение 1693 года относится к числу наиболее разрушительных природных бедствий в Южной Европе.

Импульсная подвижка плит земной коры произошла вдоль Сицилийско-Калабрийского рифта, простирающегося вдоль западного (Тирренского) берега Калабрии, Мессинского пролива, разделяющего Калабрию и Сицилию, и далее к югу вдоль восточного (Ионического) берега Сицилии. Протяженность рифта в меридианном направлении – около 370 км (рис. 8).

За период с 1169 по 1908 год в зоне рифта несколько раз происходили катастрофические землетрясения, сопровождавшиеся интенсивными колебаниями грунта, смещениями выветрелых пород на склонах, разрывами покровных отложений в равнинной местности, цунами на морских побережьях с массовыми повреждениями зданий и сооружений. Разрушение техносферы вызывало губительные последствия для населения.

Далее рассмотрим последствия Сицилийского землетрясения 1693 года. По современным оценкам, магнитуда основного толчка $M=7,4$, глубина гипоцентра – 20 км, координаты эпицентра – $37,3^{\circ}$ N, $15,1^{\circ}$ E, продолжительность воздействия – около 4 мин. Дата и время события:



Рис. 8. Разломы Сицилийско-Калабрийского рифта (источник: upload.wikimedia.org)

11 января 1693 года в 21 ч по местному времени. После основного толчка сильные колебания грунта возникали до 1696 года. Изосейсты землетрясения построены

сейсмологами, исходя из описания последствий основного воздействия свидетелями землетрясения (рис. 9).

Подробные сведения о наблюдавшихся жителями и путешественниками эффектах катастрофы 1693 года содержатся в письме V. Bonajutus, отправленном из Италии в Лондонское Королевское общество (Академию наук Англии) [17], а также в публикациях современных авторов.

В начале письма корреспондент сообщает о двух известных импульсных воздействиях прошлых лет, потрясших острова и превративших в руины города и замки на побережье Ионического моря. Первое по времени воздействие сопровождало извержение вулкана Этна в 1680 году до н. э. Второе землетрясение датируется 1542 годом н. э., т. е. произошло спустя более чем 3 тыс. лет после первого события, оставившего провальную полость на восточной стороне вулкана.

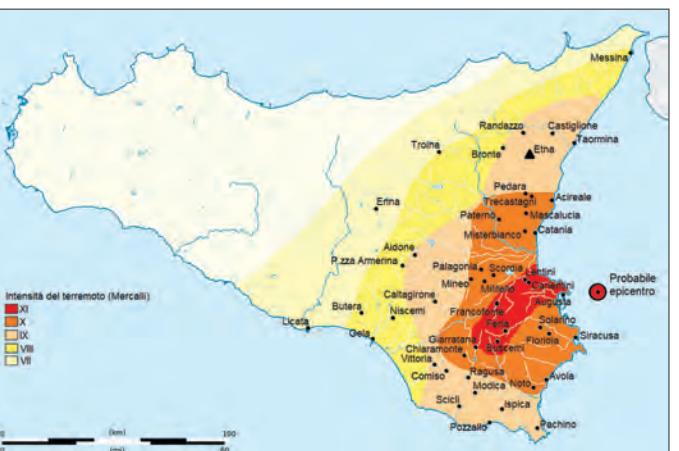


Рис. 9. Изосейсты основного толчка землетрясения 1693 года (источник: translated.turbopages.org)

Основному толчку 1693 года предшествовал форшок 9 января того же года с магнитудой $M=6,2$ и силой в эпицентре 8-9 баллов. Положение очага форшока было смешено к северу относительно очага основного толчка.

Непосредственно перед форшоком на небе наблюдалась яркая вспышка. Верховые лошади путешественников были сильно испуганы, окружающие дорогу деревья сотрясались, бывшее до толчка спокойным море стало чрезвычайно бурным, обрушающим на берег большие волны прибоя.

Колебания грунта при форшоке происходили в основном горизонтально, опрокидывая высокие и прочные башни. Большинство жилых домов в городе Катания были полностью разрушены, многие строения в Сиракузах сильно повреждены, но не превращены в груды обломков, как в Катании.

В отличие от форшока, главный толчок сопровождался сильнейшими колебаниями грунта в ортогональном к горизонтальной плоскости направлении. Вертикальные импульсы вызвали повреждения жилой застройки и дорог в населенных пунктах Сицилии, Неаполитанского королевства и острова Мальта на удалении до 150-160 км от эпицентра. В плейстосейстовой области (вблизи эпицентра) повторяющиеся толчки сбивали с ног прохожих, подбрасывали и переворачивали упавших на землю людей. Стены домов отрывались от фундаментов и перемещались в новое положение без разрушения.

На поверхности земли возникли разрывы в виде протяженных расщелин шириной не менее одного метра и глубиной до нескольких метров. В городе Ното мощные камнем улицы длиной до 700 м были разорваны расщелинами с раскрытием бортов не менее одного метра и глубиной до нескольких метров, исключавшими движение пешеходов и всадников. В других местах грунт провалился на несколько десятков метров, образовав на поверхности круглые в плане дислокации.

Вблизи деревни Кассаро, расположенной в речной долине между двух горных массивов, от склонов оторвались громадные скальные блоки, скатившиеся на дно долины, где образовались плотина и озеро значительной глубины длиной около 5 км. В населенном пункте Сортино 2,5 тыс. жителей погибли в домах, разрушенных каменными лавинами.

Землетрясение сопровождалось значительными гидродинамическими эффектами. Свидетели наблюдали временное понижение уровня моря с последующим накатом цунами на берег. По современным оценкам, обобщающим сведения об опасности цунами в Средиземноморье, на участках, более всего подверженных риску гравитационных волн, высота их наката достигала 7 м при среднем периоде повторения 1000 лет. Такие волны могут распространяться вверх по течению рек и затапливать низкие участки морских берегов на 1,5-2 км от моря.

Наблюдавшие землетрясение жители видели фонтаны воды высотой около 2 м на сложенных песком участках побережья, характерные для реакции водонасыщенных покровных отложений из-за потери ими устойчивости при сильных сотрясениях с выходом на земную поверхность воды и уплотнением песчаных слоев.

На участках, сложенных глинами, песками и мелкими каменными обломками, разрушений построек было гораздо больше, чем на вынужденной коренной породе. Наименее опасными по последствиям землетрясения в Сиракузах оказались центр города, остров с древней крепостью и все места обнажения скальных грунтов. В этих районах повреждения зданий и сооружений были минимальными.

На других участках эпицентральной зоны дворцы, крепости, жилые дома и дороги превратились в руины (рис. 10) с летальными потерями десятков тысяч жителей и необходимостью восстановления деревень, городов и транспортной инфраструктуры в течение следующего столетия.

По распоряжению испанских властей (Сицилия присоединилась к Испании в 1479 году) было выполнено обследование пострадавших от землетрясения территорий и разработаны планы восстановления городов на восточном побережье острова. Всего обследовали 54 населенных пункта с точным указанием числа жителей в каждом из них. Суммарно в обследованных районах проживало 254 936 человек, из них погибли 59 963 горожан и крестьян, или 24% от всего населения, без учета последующего распространения инфекций, особенно губительных для детей.



Рис. 10. Гравюра 1696 года, показывающая разрушение зданий и обрушение склонов при Сицилийском землетрясении (источник: en.wikipedia.org)

Летальные потери в наиболее крупных населенных пунктах по отношению к численности населения составили: в Аугусте – 37%, в Катании – 95%, в Лентини – 12%, в Модике – 19%, в Ното – 25%, в Рагузе – 50%, в Сиракузах – 26%. Упомянутые пункты расположены в зоне 9-10-балльных воздействий.

При планировании восстановительных работ учитывали географическое положение городов, инженерно-

геологические условия на их территории и степень причиненного землетрясением ущерба.

Расположенные на берегах судоходных заливов Ионического моря Катания и Сиракузы восстанавливались на прежнем месте – с изменением плана и усилением застройки порта (Катания) или только с восстановлением (усиление) застройки (Сиракузы) без изменения существовавшего плана города. Города Авала и Ното были перенесены на участки с более благоприятными грунтовыми условиями.

Кафедральный собор Рождества Пресвятой Девы Марии в Сиракузах построен на прежнем месте с использованием конструкций воздвигнутого в 480 году до н. э. языческого храма, посвященного богине Афине. Из конструкций, применявшихся в Древней Греции, византийцы при реконструкции храма после 535 года н. э. сохранили фундамент, десять дорических колонн и каменный массивный блок, перекрывавший пролет между колоннами.

Дальнейшие изменения назначения и интерьера собора происходили при завоевании Сицилии арабами и восстановлении его в качестве христианской церкви норманнами. В 1693 году землетрясение разрушило храм, имевший деревянные перекрытия и каменные стены, сложенные из конструкций разного возраста и состояния. Восстановление кафедрального собора Рождества Пресвятой Девы Марии выполнено в 1728-1753 гг. с украшением фасада скульптурами и декоративными элементами в стиле сицилийского барокко (рис. 11).



Рис. 11. Кафедральный собор Пресвятой Девы Марии в Сиракузах (источник: en.wikipedia.org)

Другой пример относится к городу Модика, расположенному на юго-востоке Сицилии в зоне разрушительных землетрясений 1542, 1693 и 1848 гг. В позднем Средневековье по численности населения город относился к наиболее крупным поселениям Сицилии наряду с Палермо, Катанией и Мессиной. Частые землетрясения постоянно разрушали жилые строения, церкви и храмы, вызывали гибель многих горожан. Подземными толчками 1542 и 1613 гг. была разрушена приходская церковь. На ее месте построили храм Святого Георгия. Здание, опять же, было разрушено катастрофическим землетрясением 1693 года, восстановлено и вновь повреждено землетрясением 1848 года. Монументальный памятник архитектуры после капитального ремонта показан на рис. 12.

Кафедральные соборы в Сиракузах, Модике, Рагузе, Мессине и многих других городах Италии относятся к выдающимся произведениям зодчества, включенным в перечень объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО. Повреждение и разрушение таких сооружений не допускается государством. Мероприятия по защите исторических памятников регламентированы национальными нормами Италии.



Рис. 12. Кафедральный собор в Модике (источник: ua.ru)

Землетрясение в Калабрии 1783 года

Калабрийский полуостров расположен на крайнем юге континентальной Италии. Простирается с севера на юг на 248 км при максимальной ширине 110 км, занимая площадь 15 222 км². Калабрийский перешеек отделен от Сицилии Мессинским проливом шириной более 3 км, ограничен с севера соседней с Калабрией областью Базиликата, с запада – Тирренским морем, с востока –

Ионическим морем. Географическое положение Калабрии с нанесенными на карту эпицентрами основного и последующих толчков 1783 года показано на рис. 13.

Рельеф Калабрии преимущественно горный и предгорный. Районы гор и холмов занимают суммарно до 90% территории области. Отдельные горные вершины Калабрийских Апеннин на юге, в центре и на севере региона поднимаются соответственно на 1956, 1423 и на 2271 м над уровнем моря.

Очертание в плане западного берега Калабрии соответствует расположенному от него к югу восточному берегу Сицилии, что указывает на тектонический сдвиг по Калабрийско-Сицилийскому рифту, отделившему Сицилию от Калабрии примерно 12 млн лет назад под воздействием Африканской плиты (поддвигаясь под западную часть Евро-Азиатского материка со скоростью примерно 1 см в год). Импульсные подвижки по рифту вызывают разрушительные исторические и современные землетрясения на востоке Сицилии, на берегах Мессинского пролива и в провинциях Калабрии.



Рис. 13. Положение эпицентров основного толчка и афтершоков землетрясения в Калабрии 1783 года (источник: en.wikipedia.org)

Административно область Калабрия с общей численностью населения (по переписи 2021 года) в 1,88 млн подразделяется на пять провинций. В южной части – провинции Реджо-ди-Калабрия – проживало в последние годы до 30% всех граждан региона. Одноименный с названием провинции ее административный центр расположен на берегу Мессинского пролива (рис. 14).



Рис. 14. Провинция Реджо-ди-Калабрия (источник: ya.ru)

В феврале и марте 1783 года провинция Реджо-ди-Калабрия испытала серию разрушительных толчков с эпицентрами в предгорьях Калабрийских Апеннин и на побережье Тирренского моря в полосе длиной 100 км. Тектонические подвижки в очагах вызвали сейсмотектонические, сейсмогравитационные и вибрационные дислокации на земной поверхности, разрушения зданий и сооружений, многочисленные летальные и санитарные потери населения.

Итальянские сейсмологи определили глубину очага $h < 20$ км, магнитуду $M = 7,0$ и силу в эпицентре $I_0 = 11-12$ баллов для основного удара, произошедшего в дневное время 5 февраля 1783 года, соответствующие характеристики четырех наиболее сильных афтершоков и продолжительность процесса восстановления устойчивости земной коры в зоне Калабрийского участка Сицилийско-Калабрийского рифта [20].

По используемым в России методикам оценки сейсмического риска [12, 13] глубину основного разрыва и энергию излучения им сейсмических волн можно уточнить до значений $h = 15,1$ км и $M = 7,1$. В этом случае опасность землетрясения по шкале MSK-64 на расстоянии до 15 км от линии тектонического разрыва на земной поверхности будет 10 баллов. В этой зоне амплитуды упругих колебаний среднего по сейсмическим свойствам грунта изменяются в интервале значений от 22,6 до 45,2 см, скорости от 45,2 до 90,5 см/с, ускорения от 566 до 1131 см/с².

По макросейсмической шкале последствий 10-балльных землетрясений на участках, сложенных песчано-глинистыми грунтами, на склонах гор и вблизи тектонических разрывов земной поверхности возникают расщелины с шириной раскрытия краев более 1 м. Погребенные слои водоносных песков теряют устойчивость с выбросом на поверхность песчаных частиц и заполняющей грунтовые поры воды через вертикальные каналы с образованием конусов грифонов.

При обрушении горной массы с береговых склонов в морские заливы и проливы на водной поверхности возникают гравитационные волны. Обвалы выветрелых бортов ущелий в русла рек создают сейсмогравитационные плотины. В верхних бьефах обвальных плотин образуются глубокие протяженные озера, создающие при размыве препятствий из выветрелых грунтов разрушительные водно-грязевые потоки (сели) в предгорьях.

По воспоминаниям очевидцев литосферного бедствия в провинции Реджо-ди-Калабрия, наблюдались следующие эффекты:

- деревья колебались так сильно, что их ветви обламывались, кроны касались земли, стволы обламывались у земли;
- работавшие в полях крестьяне были сбиты с ног горизонтальными колебаниями грунта;
- вертикальные импульсы подбрасывали камни мостовых и фундаменты домов;
- скальные обвалы обрывистого морского берега Тирренского моря к западу от Сциллы сопровождались сильным волнением морской поверхности с подтоплением низменных участков побережья;
- несколько десятков небольших городов и селений с усиленными после предыдущих землетрясений жилыми домами, соборами, крепостями и дворцами были разрушены до основания;

■ громадные оползни с километровыми размерами по фронту и падению склонов спустились в речные долины и накрыли рыхлыми отложениями некоторые населенные пункты;

■ в покровных отложениях раскрылись глубокие протяженные трещины с зиянием более 1 м, в которые проваливались люди и домашние животные (рис. 15).

Социально-экономический ущерб от катастрофы превышал обычные потери от 10-балльных землетрясений из-за совокупного воздействия пяти разрушительных толчков и многих менее сильных афтершоков, продолжавшихся до конца 1783 года.

Количество погибших в Калабрии и в Сицилии, по оценкам разных авторов, составило от 30 до 40 тыс. человек. Наиболее достоверные сведения получены геофизиками и инженерами, обследовавшими по пору-



Рис. 15. Старинная гравюра с изображением разрывов в грунте при землетрясении 1783 года в Калабрии (источник: ya.ru)

ченю Королевской академии наук в Неаполе наиболее пострадавшие населенные пункты. В зоне максимальных разрушений выявлены 23 городских и сельских поселения с числом погибших от 310 до 3331, в том числе в Мессине на побережье Сицилии — 617, в Пальми и в Сцилле (Калабрия) — 999 и 1450 соответственно.

Наибольшие потери людей выявлены в эпицентральной зоне наиболее сильного первого толчка. Основная причина гибели людей днем 5 февраля 1783 года — обвалы кровли и стен жилых строений. Количество погибших могло быть более значительным в случае возникновения такого землетрясения в ночное время при нахождении большинства жителей в своих домах.

Землетрясение в Калабрии 1905 года

Историческое землетрясение с эпицентральной зоной в области Калабрия произошло 8 сентября 1905 года в 2 ч 43 мин по местному времени. По данным Геологической службы США, магнитуда основного толчка составила $M=7,2$, глубина очага $h=15$ км, эпицентр определен на дне Тирренского моря в нескольких км от мыса Ватикано на западном берегу Калабрии (рис. 16).

Уточненные сведения о параметрах разрыва земной коры при главном толчке приводятся в статье итальянских геофизиков M. F. Loreto, G. Pognoni и др. [21], полагающих длину разрыва L равной 40 км, амплитуду A сдвига по зоне дробления — до 2,3 м.

Используя статистические зависимости между характеристиками очага M , L , A и величиной излучения сейсмических волн (магнитудой) M , балльностью в эпицентре, шириной и длиной эпицентральной зоны, параметрами колебаний средних по сейсмическим свойствам

грунтов вблизи эпицентра и на удалении от него, найдем по формулам российских норм: $MA=7,3$ — магнитуда, соответствующая амплитуде разрыва; $ML=7,1$ — магнитуда, соответствующая длине разрыва; $MP=7,2$ — среднее (расчетное) значение магнитуды; $h_p=16,2$ км — уточненное значение глубины очага; $I_0=9,6$ — балльность в эпицентре в децибаллах; $B=32$ км — ширина эпицентральной зоны; $L=72$ км — длина эпицентральной зоны; $U=26,0$ см — амплитуда колебаний среднего грунта вблизи эпицентра; $V=52,0$ см/с — скорость колебаний среднего грунта вблизи эпицентра; $W=650$ см/с² — ускорение колебаний среднего грунта вблизи эпицентра.

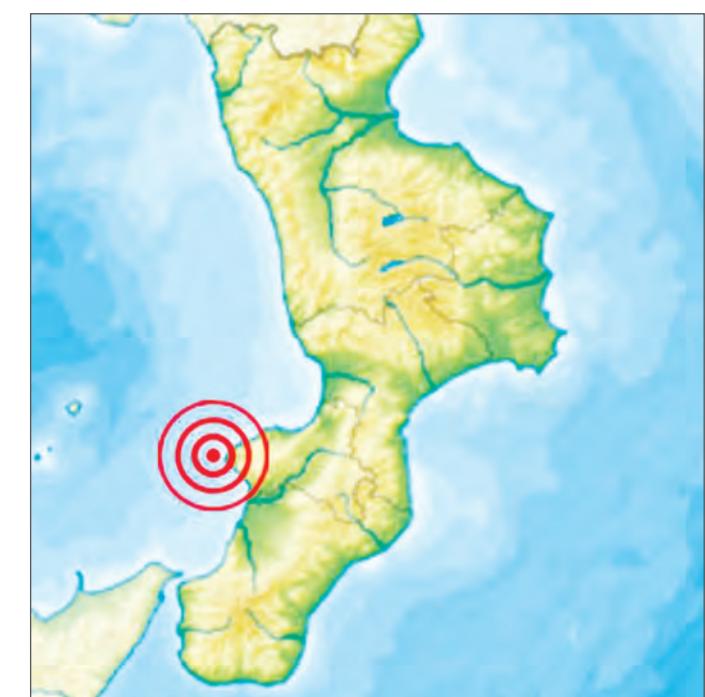


Рис. 16. Положение эпицентра землетрясения 1905 года в Калабрии (источник: en.wikipedia.org)

В городах Мессина (Сицилия) и Реджо (Калабрия) на расстоянии около 60 км от эпицентра параметры колебаний среднего по сейсмическим свойствам грунта соответствовали силе толчка 7,5 балла, а именно: $U=6,1$ см, $V=12,1$ см/с, $W=152$ см/с².

В центре области Калабрия городе Катандзоро и в двух провинциальных центрах Реджо и Козенца землетрясение разрушило 8220 и повредило 14 тыс. домов. Застройка нескольких небольших городов и поселений была сильно повреждена (рис. 17). Некоторые здания в Мессине также получили повреждения, что повлияло на их способность противостоять катастрофическому землетрясению 1908 года.

сейсмическая безопасность



Рис. 17. Частичное разрушение домов землетрясением 1905 года в Калабрии (источник: ascenzairriggiju.com)

Землетрясение сопровождалось сходом в долины и в Мессинский пролив десятков оползней с разрушением поселений и подводного телеграфного кабеля. В Тирренском море возникло небольшое цунами с затоплением пониженных мест побережья Калабрии волнами на расстоянии более 30 м от линии берега. В водонасыщенных песчаных грунтах наблюдалось разжижение, в покровных отложениях — трещины.

Литература

1. Богданович К.И. Землетрясения в Мессине и Сан-Франциско // СПб: Изд-во О.Н. Поповой, 1909.
2. Болт Б.А. Опасность землетрясений // Геологические стихии. М.: Мир, 1978.
3. Большая советская энциклопедия // М.: Изд-во БСЭ, второе издание, 1954.
4. Витрувий. Десять книг об архитектуре // М.: Изд-во Академии архитектуры, 1936.
5. Военный энциклопедический словарь // М.: Воениздат, 1983.
6. Галикарнакский Д. Римские древности // Изд-во «Рубежи XXI», 2005.
7. Горький М. Землетрясение в Калабрии и Сицилии 15-29 декабря 1908 г. // М. Горький и В. Мейер — СПб: Знание, 1909.
8. Макдональд Г.А. Опасность вулканических извержений // Геологические стихии. М.: Мир, 1978.
9. Ливий Т. История Рима от основания города // М.: «Наука», 1989.
10. Никонов А.А. Современные движения земной коры // М.: Наука, 1979.
11. Черепашинский М. Очерк истории мостов // М.: Университетская типография, 1898.
12. Шестоперов Г.С., Шестоперов С.Г. Пособие по уточнению исходной сейсмичности и сейсмическому микрорайонированию участков транспортных сооружений // М., 2019.
13. Шестоперов Г.С., Шестоперов С.Г. Пособие по дистанционной экспресс-оценке повреждений дорог при землетрясениях в отдаленных и труднодоступных районах // М., 2019.
14. Шуази О. Строительное искусство древних римлян // М.: Изд-во Всесоюзной академии архитектуры, 1938.
15. Эйби Дж.А. Землетрясения // М.: Недра, 1982.
16. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефона // СПб, 1890-1907.
17. Bonajutus V. An Account of the Earthquakes in Sicilia on the Ninth and Eleventh of January, 1693 // Труды Лондонского Королевского общества.
18. Braga F., Petrangeli M.P. Considerazioni sul comportamento di ponti, viadotti ed altre opere stradali // L'Industria Italiana del Cemento, 1976.
19. Corona G., Manchini G. Giaglione viaduct for the Frejus motorway near Susa (Turin) // Reprint from: L'Industria Italiana del Cemento, № 643, 1990.
20. Jacques E., Monaco C. et al. Faulting and earthquake triggering during the 1783 Calabria seismic sequence // Geophysical Journal International, vol. 147, 2001.
21. Loreto M.F. et al. Reconstructed seismic and tsunami scenarios of the 1905 Calabria earthquake (SE Tyrrhenian sea) as a total for geohazard assessment // Engineering Geology, vol. 224, 2017.
22. Mancini G. Turin-Frejus Highway Bridges, Italy // Structural Engineering International, vol. 7, num. 1, 1997.
23. Mihailov V. Friuli Earthquakes 1976. Strong Motion Accelerograph Records // Seminar on Constructions in Seismic Zones, — Bergamo-Udine (Italy), 1978.
24. Parducci A., Braga F. et al. Considerazioni generali // Fascicolo monografico sul terremoto del Friuli // L'Industria Italiana del Cemento, 1976.
25. Pino N.A. et al. The 28 December 1908, Messina Straits earthquake (Mw=7,1): A great earthquake through a century of seismology // Instituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Italy, 2008.
26. Spence R. et al. Damage Assessment and Analysis of the 1997 Umbria-Marche Earthquakes // SEJ, №3, vol. 9, 1999.

После основного толчка в течение двух лет происходили импульсные подвижки по разлому, сопровождавшиеся афтершоками. Наблюдатели отмечали более тяжелые повреждения зданий на участках выхода на поверхность известняка, брекчий и сланцев по сравнению с обнажениями магматических пород. Согласно этим наблюдениям, некоторые разрушенные поселения были перенесены на места, менее опасные при землетрясениях. Летальные потери от основного толчка оценивались современниками в 550 человек, санитарные — в 2000 пострадавших. Возможно, эти оценки занижены, в связи с упомянутым выше числом разрушенных домов и ночных временем главного импульса.

Основной толчок 8 сентября сопровождался усиливением деятельности вулканов Стромболи и Везувия. Активность Этны не увеличилась, что указывает на сложную зависимость извержений вулканов от тектонических подвижек земной коры. Поток лавы из кратера Везувия повышенного объема пересек железную дорогу на побережье Неаполитанского залива, ограничив перевозки между областями Кампания и Калабрия.

(Продолжение следует...)



Национальный
Авиационный
Инфраструктурный
Салон



Крупнейшая* в России выставка оборудования и технологий для инфраструктуры гражданской авиации

4-5 февраля 2026
Москва, Крокус Экспо



БЕСПИЛОТНЫЕ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ
И РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

Уникальная деловая площадка
для производителей и разработчиков
беспилотных систем, роботизированных
и автономных решений

При поддержке



Минпромтorg
России



МИНТРАНС РОССИИ



РОСАВИАЦИЯ



РОСТРАНСНАДЗОР
ФКУ «РОСТРАНСМОДЕРНИЗАЦИЯ»

Организатор ExpoVision
Rus

Реклама | 000 «ЭВР» | *По количеству участников