

идет по насыпи); длина железнодорожного моста — 18 118,05м.

Заместитель директора по проектированию АО «Институт „Гипростроймост-Санкт-Петербург“» Виктор Галас рассказал эксклюзивно для «Ъ-Науки», в чем специалисты усматривают научную новизну Крымского моста, в трех аспектах: конструкция, способ сооружения / технологии, материалы / вещества:

— Крымский мост, безусловно, объект уникальный и знаковый для нашего мостостроения. Вообще, любой внеклассный мост, а тем более такого масштаба, можно считать уникальным, ведь он требует адаптации под себя существующих технологий, их совершенствования, разработки новых методов работы. В первую очередь это связано с конкретными природными условиями, в которых строится мост. В нашем случае — это специфичная ледовая обстановка, сложная геология, высокая сейсмика, непростой климат, небольшие глубины в Керченском проливе. С учетом этого был принят вариант с двумя мостами, идущими параллельно, с балочными пролетными строениями, за исключением фарватерного участка.

Строить 19-километровый мост мы решили широким круглогодичным фронтом. То есть мост не «растет» от берега к берегу, он поднимается снизу вверх. Стройка развернута одновременно по всей длине, и десятки технологических процессов запараллелены. Для строительства свайных фундаментов и опор были разработаны технологические комплексы и вспомогательные мосты. Такая технология редко применяется в мостостроении, но именно она позволила свести к минимуму зависимость от дорогостоящего техфлота, от значительной ветровой нагрузки — частых штормов, и выдержать сжатый график без ущерба качеству.

Три временных моста общей длиной почти 5 км, по которым сейчас осуществляется доставка рабочих, грузов, с которых выполняются разные технологические операции, начали возводить еще на этапе подготовки к стройке, в 2015 году. Это наши надежные помощники в акватории, способные выдержать и груженный самосвал, и тяжелый гусеничный кран. Каждый такой мост тяжелее металлической конструкции Эйфелевой башни. Для создания фундаментов опор мы применили несколько тысяч металлических трубчатых свай большого диаметра. Если сложить их в одну линию, получится нить длиной 335 км. Это больше, чем от Керчи до Севастополя на автомобиле. Трубчатые сваи были погружены на большую глубину — до 105 м — передвижными агрегатами с применением вибропогружателей и гидромолотов. Каждая свая поэтапно наращивалась из секций путем сварки кольцевых стыков, выставлялась под нужным градусом и забивалась до

— **Двутапровая балка** — балка с поперечным сечением в форме буквы Н. Название от латинского taurus (бык), двутапровая балка двурогая с обеих сторон.

— **Мост с ездой на балласте** — мост, в котором поверх (стале)железобетонного полотна насыпается балласт — сыпучий материал, обычно щебень — и уже в него укладывается железнодорожный путь.

— **Керчь-Еникальский канал** — углубленный участок Керченского пролива, морской судоходный канал, связывающий Азовское и Черное моря.

— **Категория железнодорожной линии II** — вторая сверху по грузонапряженности и иным показателям категория железной дороги. Всего в российской классификации пять категорий.

— **Категория автомобильной дороги 1Б** — вторая сверху по основным показателям категория автодороги. Всего в российской классификации семь категорий.

— **Трубоплавильная база** — комплекс оборудования для сварки из отдельных труб более длинных секций (обычно трубопровода).

проектной отметки. Сварка кольцевых стыков выполнялась непосредственно на стройплощадке на **трубоплавильных базах** типа БТС с применением автоматической двухсторонней сварки под флюсом. Такая технология характерна для процесса прокладки газонефтепроводов. В мостостроении она применялась впервые.

Участок сваи, который работает в агрессивной морской среде, имеет антикоррозийную защиту в виде порошкового покрытия. Оно наносилось на поверхность труб в непосредственной близости от стройплощадки. На Таманском полуострове был развернут мобильный цех, технология нанесения покрытия включала восемь последовательных фаз.

В числе новых решений — антисейсмические устройства индивидуального проектирования, установленные между пролетами и опорами автодорожной части моста. Они работают по принципу ремней безопасности в автомобиле. В спокойном состоянии **шок-трансммитеры** позволяют металлическим пролетам «дышать» при температурных расширениях металла, а если происходят резкие и сильные толчки, трансмитеры жестко фиксируют конструктив, обеспечивая его целостность.

К новым решениям можно отнести и обтекатели — конструкции на фасадах самых больших, арочных пролетов моста. Обтекатели работают по принципу крыла самолета и обеспечивают безопасную работу конструкций с высокой парусностью в ветровом потоке.

Габаритные судоходные арки общим весом более 10 тыс. тонн были собраны на суше. Их транспортировка и установка на опоры над фарватером на высоту 35 м от уровня воды — это первая в истории отечественного мостостроения такая морская операция. Для ее проведения была изготовлена специальная плавсистема, а также разработанная система мониторинга всех элементов арок. Сотни датчиков в режиме реального времени следили за перемещением конструкций по воде и их подъемом на проектную высоту домкратами. Все это уникальный опыт, полезный для будущих проектов, для развития мостостроения в нашей стране.

Мост через реку Обь у Сургута

Оригинальные конструкции и не менее оригинальный внешний вид делают Сургутский мост уникальным в мировом мостостроении. В мире есть несколько подвесных мостов с одним **пилоном**. В целом самый длинный из них в Германии, проложенный через Рейн. Но там длина основного пролета 360 м, а в Сургуте — 408 м. Общая длина всего Сургутского моста — более 2 км. Для поддержки конструкции потребовалось поднять над рекой 15 опор.

Проект моста был создан еще в 1980-х годах. Воплотить замысел взялся сургутский трест

СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УНИКАЛЬНЫХ МОСТОВ

Мосты — сооружения повышенного риска. При строительстве мостов в России создана многоуровневая система контроля качества, включающая контроль как со стороны генподрядчика и заказчика, так и со стороны государственных надзорных ведомств. Спектр применяемых приборов на таких сооружениях очень большой. Юрий Сафонов, кандидат технических наук, главный инженер ФКУ Упрдор «Тамань», рассказал «Ъ-Науке» о томографии монолитных железобетонных конструкций и сварных соединений.

Еще в 1928 году профессор Ленинградского электротехнического института Сергей Соколов предложил для контроля строительных работ использовать ультразвук. Суть идеи в следующем: в исследуемый объект подаются ультразвуковые волны, ультразвук отражается от противоположной стенки и от внутренних пустот. Отраженные волны принимаются и выводятся на экран в форме эхограмм. Дефекты, встречающиеся на пути волны, влияют на эхограмму. По форме принятого сигнала можно судить о внутреннем состоянии объекта. Идея Соколова в послевоенные годы была применена на практике. С 1950-х годов ультразвук используется для измерения толщины металла, контроля сварных швов и поиска внутренних дефектов в металлах.

Но бетон, в отличие от металла, крайне неоднородный материал. Заполнители разных размеров, формы и плотности порождают хаотичное волновое отражение и ослабляют ультразвук, рассеивая и поглощая его. Все эти проблемы были решены в низкочастотном ультразвуковом томографе А1040 MIRA разработки научно-производственной фирмы «Акустические контрольные системы». Он позволил провести контроль конструкций из бетона, железобетона и камня при одностороннем доступе к ним — для определения целостности материала, поиска инородных включений и полостей, а также измерения толщины объекта. Данные представляются в виде томограмм по разрезам и в трехмерном виде.

В состав приборного обеспечения в последние годы входит высокочастотный ультразвуковой томограф на фазированных решетках. Его применение в разы (до 20 раз) увеличивает скорость контроля, а электронное сканирование сводит к минимуму человеческий фактор. Цель применения ультразвуковой фазированной решетки — надежное выявление дефектов разных типов, форм и ориентаций. Для этого проводят контроль объекта с разными углами ввода ультразвука. В обычных же пьезоэлектрических преобразователях угол ввода задается конструктивно, и для его изменения нужно использовать разные преобразователи, то есть проводить многократный контроль. А с помощью ультразвуковой фазированной решетки можно практически одновременно генерировать лучи под любыми углами, нужными для надежного выявления дефектов.



Плохо ли, хорошо, но эти московские мосты Проскурякова сохранились. Третий его мост через Москву-реку, в районе платформы Москворечье Курского направления, разобран в 2007 году.

В том же самом 2007 году сдано на металлолом и главное творение инженера Проскурякова — мост через Енисей на Транссибирской магистрали. Несмотря на то что мост Проскурякова был признан объектом культурного наследия России. Несмотря на то что мост получил золотую медаль на Всемирной выставке в Париже в 1900 году, его конструкцией восхитился Гюстав Эйфель — а автор Эйфелевой башни знал толк в металлоконструкциях! Несмотря на то что мост участвовал в конкурсе символов России, а американцы включили его в список выдающихся архитектурных сооружений, где Россию представляют еще только Кремль и Петергоф.

Нет этого моста, в общем. Ветхий, сказали железнодорожники, денег ремонтировать и содержать его у РЖД не нашлось.



— Моста еще нет: молебен по случаю закладки мостового перехода через Енисей

Работа над мостом началась в 1895 году. В нынешней бюрократической действительности такое представить невозможно, но на проект потребовалось всего четыре месяца, а утверждение его в Министерстве путей сообщения заняло месяц. Итак: шесть пролетов по 144,7 м каждый, отверстие моста — 852 м, общая длина — 925 м, общий вес — 5440 тонн. Мост был спроектирован со значительным запасом прочности и рассчитан на увеличение нагрузки до 40% — и по нему без реконструкции уже в советское время проходили современные тяжелые поезда.

Длина пролетов — второе место в Европе: 157 м у моста через реку Лек в Голландии, там такой длинный пролет появился во имя сохранения реки судоходной, но один, а тут шесть! Для Енисейского моста Проскуряков спроектировал криволинейное очертание верхних поясов и большую (21,64 м) высоту фермы, весила каждая 900 тонн. Установка опор оказалась невероятно сложной задачей. Скорость течения Енисея — 3,6 м/с, летом часты мощные паводки и сильный ветер. Дно каменистое — в него надо было заложить на 20-ме-

