

Виталий Лейбин

Почему устоял Крымский мост

Конструктивные особенности моста не могут застраховать его от террористических угроз, но делают потенциальные повреждения локальными



Фото: А. Чилибаджян

Ранним утром 8 октября на Крымском мосту был подорван грузовик. От взрыва загорелись семь топливных цистерн в находящемся рядом поезде на железнодорожной ветке моста, погибло три человека. Первые сообщения с места теракта — два пролета дорожного полотна рухнули, пожар, машины и поезда стоят — говорили о возможных существенных повреждениях. Однако по одной из четырех полос автомобильной части моста (по 40 минут в каждую сторону) и одной из железнодорожных линий движение частично возобновилось в тот же день. А уже назавтра машины ехали в обе стороны по двум полосам, освещение на мосту было отремонтировано, а разметка обновлена.

Упрдор «Тамань», организация, управляющая мостом, запросила у генерального проектировщика объекта, института «Гипростроймост — Санкт-Петербург», всю необходимую проектную документацию, на месте сразу же начали исследовать повреждения, в том числе подводные, и готовиться к восстановительным работам. По словам вице-премьера правительства РФ Марата Хуснуллина, в результате диагностики «выявлена необходимость устранения повреждений деформационного шва на

одной из опор». Деформационный шов — это конструкция, которую устанавливают между жесткими элементами опоры моста как раз для подобных случаев: она позволяет элементам моста «дышать» в случае температурных или аварийных деформаций. Замена такого шва — процедура несложная. Если исследования не выявят никаких дополнительных разрушений, заменить понадобится всего два пролета автомобильного полотна (частично) и два пролета одной из двух железнодорожных веток. На работах по восстановлению Крымского моста, по словам Хуснуллина, задействованы 250 человек и 30 единиц техники.

Мост из модулей

Какие конструктивные особенности моста позволили, судя по предварительным данным, ограничиться локальными повреждениями? Инженеры и управляющая организация пока воздерживаются от комментариев. Однако о некоторых важных моментах журналу еще на этапе строительства моста рассказали проектировщики из института «Гипростроймост — Санкт-Петербург» (см. «Что нам стоит мост построить», «Эксперт» № 11 за 2018 год).

Во-первых, в результате взрыва рухнули пролеты только на половине ширины дорожного полотна, поскольку при

Взрыв на Крымском мосту 8.10.2022

введении Крымского моста были использованы раздельные направления и раздельные пролетные строения, стоящие рядом на общих опорах. Иными словами, разные, силовым образом не связанные параллельные конструкции — по одной на две из четырех полос автомобильного полотна и на одну из двух веток железнодорожного. В интернете даже предложили дать «неизвестному инженеру» медаль «За технологическую устойчивость стратегического сооружения». Сами мостостроители, впрочем, говорят, что это решение современное, но далеко не уникальное, оно входит в действующие рекомендации проектных норм и правил.

Вообще, насколько нам известно, противодействие террористической или военной угрозе в задание на проектирование Крымского моста не входило, тем не менее ряд особенностей конструкции работает на сопротивление внешним воздействиям, в том числе аварийным.

Во-вторых, между опорами и пролетами моста установлены так называемые шок-трансмиттеры — гидравлические устройства, которые работают как амортизаторы, позволяющие элементам сдвигаться в разумных пределах в обычном режиме, но жестко удерживающие блоки при резком воздействии.

Технический директор института «ГипроСтроймост — Санкт-Петербург» Игорь Колюшев так объяснил принцип их работы: «Это как ремни безопасности в автомобиле. Они позволяют пролетам моста “дышать”, то есть беспрепятственно сдвигаться при незаметных перемещениях, вызванных температурными условиями. А во время землетрясения шок-трансмиттеры срабатывают и распределяют сейсмическую нагрузку равномерно по опорам». Всего на автодорожной части установлено более 760 таких устройств — не исключено, что некоторые из них сработали при взрыве.

Одни решения, повышающие надежность конструкции моста, были продиктованы требованием его сейсмической устойчивости, другие — необходимостью экономической и технологической эффективности. Например, Крымский мост — это на самом деле два параллельно смонтированных моста, железнодорожный и автомобильный.

От том, как возникла такая идея, рассказал заместитель директора по проектированию института «ГипроСтроймост — Санкт-Петербург» Виктор Галас: «Вариант конструкции из двух отдельных мостов позволил снизить требования по нагрузке на фундамент и использовать для свай трубы диаметром 1420 миллиметров — фактически стандарт для труб большого диаметра, широко используемых в России при строительстве магистральных трубопроводов. Возвведение совмещенного двухъярусного моста, напротив, потребовало бы использования труб диаметром 1720–2500 миллиметров — нестандартных, куда менее распространенных и значительно более дорогих».

В-третьих, особенностью Крымского моста являются сравнительно короткие пролеты и большое количество опор. На суше длина пролета составляет 55 метров, а в акватории — 64 метра, всего установлено 595 опор, в том числе 288 под автомобильным и 307 под железнодорожным мостом. По утверждению конструкторов, это решение тоже в тренде: оно делает мост более модульным, локализуя риски.

Расчет на девять баллов

Решение о длине пролетов и количестве свай стало следствием технико-экономических расчетов, сделанных на основе исследования грунта, местами очень непростого, и требования обеспечить сейсмоустойчивость даже при сильных землетрясениях (до 9 баллов по 12-балльной шкале).

На этапе проектирования анализ сейсмической опасности выполнял Институт физики Земли им. О. Ю. Шмид-

та. Согласно заключению ученых, на участке строительства моста зон тектонического смещения нет, но возможны вибрационные движения. Специалисты оценили вероятную периодичность землетрясений в этом районе: силой до 8,6 балла — раз в 500 лет, до 9 баллов — раз в 1000 лет и до 9,3 балла — раз в 2000 лет. И хотя за весь период наблюдений серьезных землетрясений здесь не регистрировалось, в задание для проекта были включены требования к сейсмоустойчивости конструкции. Кроме того, геологи из МГУ в верхних слоях морского дна по пути следования будущего моста обнаружили грунты, теряющие жесткость в случае сейсмического воздействия. Этот фактор также был учтен при проектировании количества и глубины опор.



В итоге для строительства моста взяли три типа свай. Буронабивные сваи поставили там, где прочные слои грунта находятся относительно неглубоко, — на таманском берегу, в среднем на глубине 35 метров. Призматические сваи сечением 400 × 400 миллиметров были использованы со стороны Керчи, где грунты наиболее устойчивы, они залегают примерно в 16 метрах от поверхности. А для сложных морских грунтов потребовались стальные трубчатые сваи диаметром 1420 миллиметров, вбитые на глубину до 94–95 метров в зависимости от геологии. Здесь также применялись очень современные решения и по материалам, и по геометрии свай — например, некоторые из них были вбиты с наклоном. «В условиях Керченского пролива возможно разжижение верхнего слоя песчаных грунтов, а наклонные сваи лучше переносят горизонтальное сейсмическое воздействие», — пояснил Игорь Колюшев.

Это тоже мировой тренд: именно так сделан двухуровневый сталежелезобетонный мост через реку Падму в Бангладеш. Но там была глубина погружения около 50 метров — значительно меньше, чем у Крымского моста. Кроме того, российские конструкторы подчеркивают, что ростверки (верхние части свайного фундамента) с наклонными сваями более устойчивы к воздействию льда.

Установка свай на море сопровождалась множеством исследований — как общих, так и индивидуальных для каждой опоры. В частности, оценивались скорость коррозии металла в соленой воде (и по итогам было использовано антикоррозионное напыление) и устойчивость к нагрузкам — расчеты проверялись в конкретных условиях. Бурение скважин для оценки глубины и свойств грунтов проводилось для каждой сваи, что позволило уточнить необходимую длину конструкции.

В целом можно сказать, что Крымский мост сконструирован с учетом современных трендов мостостроения, но из элементов, которые уже применялись в России и мире и надежность которых проверена. Сроки, доступный набор материалов и решений привели инженеров к идеи модульной структуры с относительно короткими пролетами и конструкции с двумя мостами в одном. Крымский мост отличает от других подобных строений протяженность (самый длинный мост в Европе и России) и расположение в сейсмически нестабильном месте, поэтому был использован ряд уникальных решений, включая погружение наклонных металлических свай с антикоррозийным покрытием на глубину до 95 метров и использование специально спроектированных антисейсмических устройств. Возобновление работы моста после замены поврежденных пролетов и анализ последствий инцидента, скорее всего, подтвердят правильность примененных конструктивных решений.