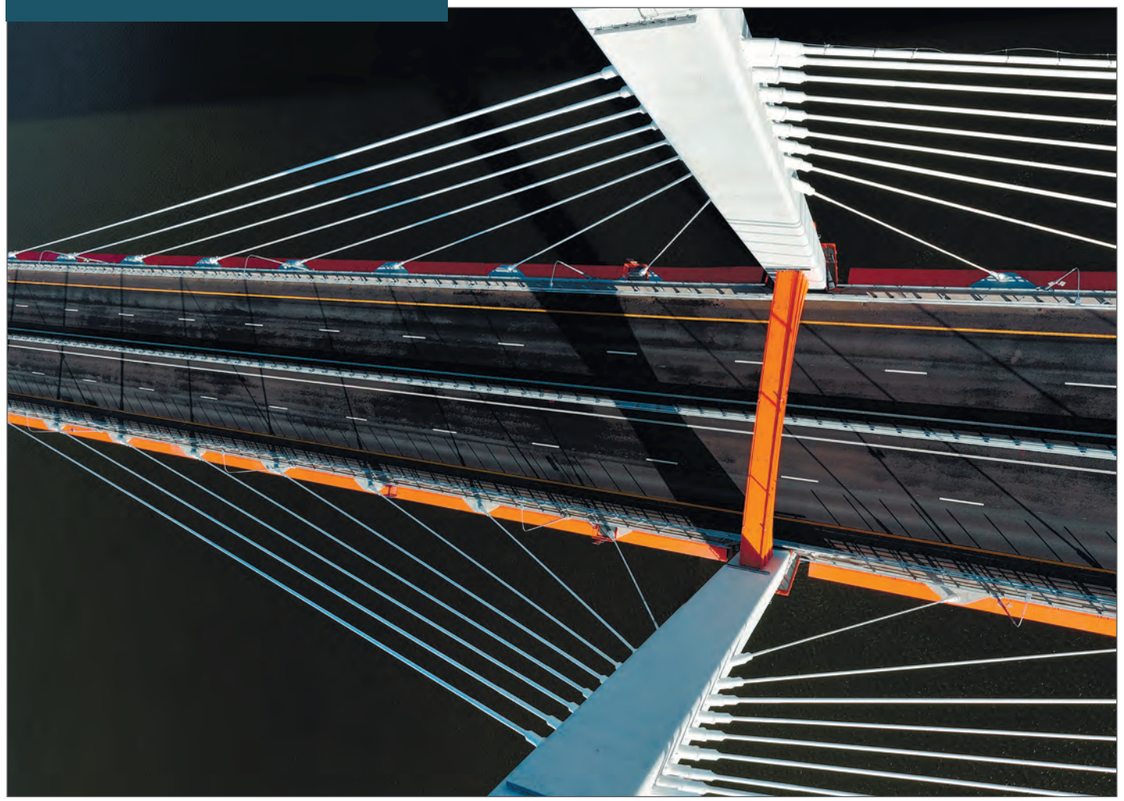


ОТ ИМПОРТА К СОБСТВЕННОЙ ШКОЛЕ:

КАК В РОССИИ СОЗДАЮТ ВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОСТОСТРОЕНИЯ

П. А. ДУБОВИЦКИЙ,
директор направления «Вантовые системы» АО «СТС»

ВАНТОВЫЕ МОСТЫ — ОДНИ ИЗ САМЫХ СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ СОВРЕМЕННОСТИ, И ДО НЕДАВНЕГО ВРЕМЕНИ В РОССИИ ИХ СТРОИЛИ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО НА ОСНОВЕ ЗАРУБЕЖНЫХ СИСТЕМ, ОБОРУДОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЙ И НОРМАТИВНЫХ ПОДХОДОВ. ПО ОЦЕНКАМ СПЕЦИАЛИСТОВ ОТРАСЛИ, ПОЛНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ВАНТОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОСТОВ СОСРЕДОТОЧЕН В ОГРАНИЧЕННОМ ЧИСЛЕ СТРАН. ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ, ОДНАКО, СИТУАЦИЯ НАЧАЛА МЕНЯТЬСЯ. В РОССИИ ФОРМИРУЕТСЯ СОБСТВЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ВАНТОВОГО МОСТОСТРОЕНИЯ. РАЗБИРАЕМСЯ, ИЗ ЧЕГО ОНА СКЛАДЫВАЕТСЯ И ЧТО УЖЕ УДАЛОСЬ ПРОВЕРИТЬ НА ПРАКТИКЕ.

Надежность вантового моста определяется не отдельным конструктивным решением, а согласованной работой целого комплекса компонентов: высокопрочных прядей, анкеров и их элементов, внешних вантовых оболочек, устройств отклонения и демпфирования, а также систем натяжения и контроля усилий.

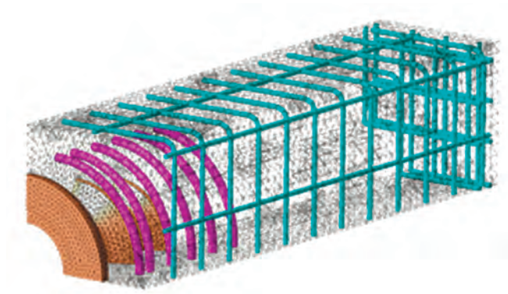
Поэтому создание отечественной вантовой системы нельзя свести лишь к производству отдельных компонентов. Необходимы исследования свойств материалов, разработка конструкций и методов расчета, создание технологий изготовления и монтажа, проведение испытаний и организация контроля состояния сооружения на протяжении всего срока эксплуатации.

С начала XXI века в России построено более двух десятков мостов с вантовыми системами из параллельных прядей (PSS — Parallel Strand System). Более половины из них — с пролетами свыше 200 м. Включая мост на остров Русский во Владивостоке, главный пролет которого длиной 1104 м на момент строительства был мировым рекордом для вантовых мостов. Эти сооружения создавались преимущественно с использованием зарубежных систем, оборудования, технологий и нормативных подходов. Постепенно, по мере реализации новых объектов и накопления собственного опыта, в стране начала формироваться научно-техническая база для создания отечественных решений.

ОТ НАКОПЛЕННОГО ОПЫТА — К ИССЛЕДОВАНИЯМ

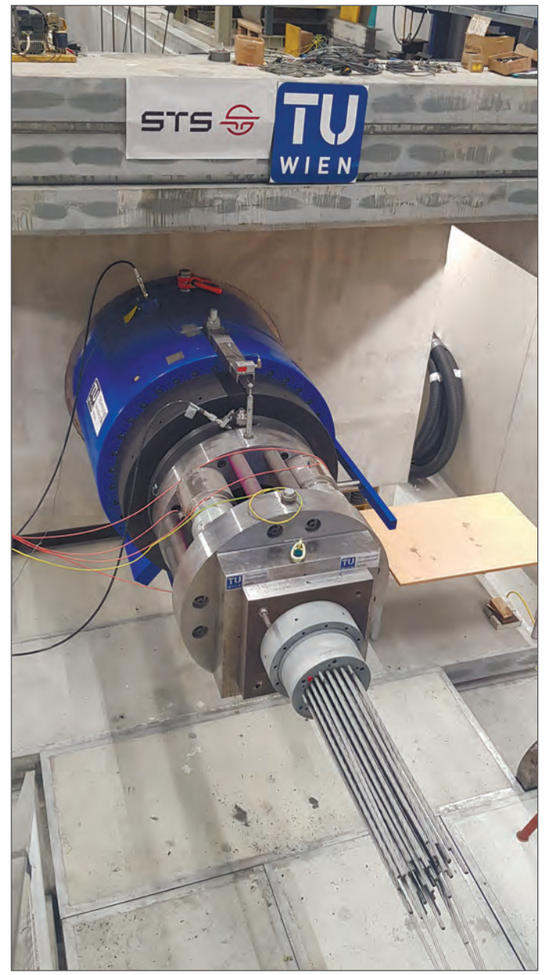
Основой для работы над отечественной вантовой системой стал накопленный опыт АО «СТС» в области систем предварительного напряжения. Более 30 лет компания занимается смежными технологиями — закреплением высокопрочных прядей и канатов в анкерах, разработкой оборудования для монтажа и натяжения.

Однако применение этих технологий для вантовых систем потребовало решения дополнительных задач. В рамках разработки отечественной системы исследовались работа анкерных узлов, вантовых оболочек, динамическое поведение вант, системы демпфирования, технология натяжения и методы контроля усилий. Осуществлялись отдельные мероприятия по разработке отечественной вантовой пряди.



ИСПЫТАНИЯ И РАСЧЕТЫ

Испытания — необходимая часть разработки, они позволяют сопоставить расчетные предпосылки с фактическим поведением элементов системы. Вантовая система СТС в 2020 году успешно прошла полномасштабные квалификационные испытания в Техническом университете Вены.



В дальнейшем существенная часть экспериментальной работы была перенесена в российские испытательные центры, включая испытания вантовой оболочки на аэродинамическую устойчивость и испытания системы демпфирования. Отдельно были разработаны, испытаны и запущены в серийное производство однопрядные вантовые датчики усилия.

Важное направление связано с технологией натяжения. Для вантовых систем из параллельных прядей конечное состояние системы формируется непосредственно в процессе монтажа и зависит от последовательности натяжения, геометрии сооружения и фактических параметров элементов. Для решения этой задачи разработаны программные средства расчета натяжения вант, специализированное гидравлическое оборудование и автоматизированная система управления и измерения усилий. Это позволяет контролировать соответствие фактических параметров проектным значениям непосредственно в процессе монтажа.

РЕАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ КАК ЭТАП ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ

Первые крупные сооружения с отечественными решениями проектировались и строились в условиях, когда российская специализированная нормативная база для вантовых систем еще находилась в стадии формирования, использовались в том числе зарубежные нормативные документы.

Одним из первых таких объектов, где были применены отечественные решения в составе вантовой системы, стал экстрадозный мостовой переход через реку Зею в городе Благовещенске. Здесь вантовая система, состоявшая из 18 пар вант с количеством параллельных прядей от 48 до 55 в каждой ванте, установленных на трех пилонах, использовалась не только как часть постоянной конструкции, но и на этапе строительства — ванты обеспечивали устойчивость пролетного строения при надвижке, что позволило отказаться от временных опор в русле реки.



Другим важным объектом стал мостовой переход через реку Оку на км 321+528 автомобильной дороги М-12 «Восток» в районе города Мурома. Для моста разработана и применена вантовая система из параллельных прядей, состоящая из 34 пар вант; количество прядей в вантах — от 9 до 60. На момент строительства объекта существенная часть комплектующих вантовой системы имела отечественное происхождение, при этом оборудование для монтажа и программное обеспечение были полностью российскими.



Практическая реализация данных проектов позволила проверить не отдельные элементы, а весь комплекс этапов — подготовку, монтаж и натяжение, контроль усилий и выполнение завершающих технологических операций.

ОТ ПЕРВЫХ ОБЪЕКТОВ — К РОССИЙСКОЙ НОРМАТИВНОЙ БАЗЕ

Формирование нормативной базы происходило параллельно с развитием практики. По мере накопления российского опыта возникла необходимость адаптировать и формализовать подходы с учетом отечественных материалов, конструктивных решений, климатических условий и технологий производства. В результате сформирован ряд специализированных национальных стандартов, охватывающих эксплуатацию, элементы, материалы и полуфабрикаты вантовых систем, а также технические требования к вантам (табл. 1).

Таблица 1. Специализированные национальные стандарты

Год	Документ	Что регулирует
2021	ГОСТ Р 59629-2021	Системы вантовые мостовых сооружений. Требования к эксплуатации.
2024	ГОСТ Р 71604-2024	Вантовые системы мостовых сооружений. Элементы. Общие технические условия.
	ГОСТ Р 71605-2024	Вантовые системы мостовых сооружений. Материалы и полуфабрикаты. Общие технические условия.
2025	ГОСТ Р 71612-2025	Ванты для мостостроения. Общие технические условия.
В разработке	Проект ГОСТ Р	Вантовые системы мостовых сооружений. Правила расчета.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАК ИСТОЧНИК НОВЫХ ДАННЫХ

Для сложной инженерной системы строительство — только начало жизненного цикла. Эксплуатация в течение нескольких лет уже дает информацию, которую невозможно получить в ходе кратковременных испытаний.

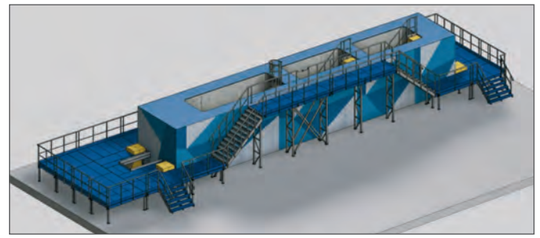
В июле 2026 года специалисты СТС провели обследование смонтированной вантовой системы мостового перехода через Оку на км 321+528 автомобильной дороги М-12 в районе Мурома. Были осмотрены вантовые оболочки и коннекторы, антивандальные трубы, гидравлические демпферы, анкерные узлы и датчики усилия. По результатам обследования значимых дефектов в элементах вантовой системы не выявлено, ее техническое состояние оценено как хорошее, а полученные данные с вантовых датчиков усилий сопоставимы со значениями на этапе сдачи моста в эксплуатацию.

Такие наблюдения имеют важное научно-техническое значение — сопоставление исходных и эксплуатационных данных позволяет формировать информацию о поведении системы во времени и в перспективе использовать ее для уточнения расчетных моделей, совершенствования конструкций и методов диагностики. Поэтому регулярные обследования в соответствии с требованиями действующей нормативной документации — необходимая часть жизненного цикла вантовой системы и источник данных о ее фактическом состоянии.

СЛЕДУЮЩИЙ ЭТАП — РАСШИРЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ

Развитие отечественной технологии продолжается. Один из следующих шагов — создание возможностей для полномасштабных испытаний вантовых пучков внутри страны. В настоящее время СТС ведет строительство стенда для проведения циклических испытаний при переменном осевом растяжении, поперечном изгибе и их совместном действии. На стенде также будут проводиться испытания на разрыв с нагрузкой до 5000 т, с возможностью испытаний при температуре до –50 °С в зоне одного из анкерных креплений. Запуск стенда предполагается до конца 2026 года.

Получаемые данные могут быть использованы для подтверждения характеристик вантовых систем, дальнейшего изучения долговечности, а также для совершенствования расчетных подходов. Для вантового мостостроения такая последовательность особенно важна, ведь опыт каждого нового объекта позволяет не только подтверждать принятые решения, но и формировать основу для следующих расчетов, исследований и нормативных требований.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переход от преимущественного использования зарубежных решений к формированию самостоятельного цикла «проектирование — исследование — испытание — строительство — эксплуатация — анализ данных» создает основу для формирования собственной российской инженерной школы вантового мостостроения. Это непрерывный процесс. Каждый новый объект, каждое обследование и испытательный стенд пополняют базу данных, на которую опирается следующий шаг — будь то новый норматив, уточненная расчетная модель или более совершенная конструкция анкерного узла.

STS
www.sts-hydro.ru