

МОСТОВАЯ СТАЛЬ ПО НОВОМУ ГОСТУ: НА РЕАЛЬНОМ ОБЪЕКТЕ В ПЕТЕРБУРГЕ

Д. Г. ФИЛИМОНОВ,
генеральный директор АО ЦНИИТС

В СТАТЬЕ РАССМОТРЕН ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В МОСТОСТРОЕНИИ СТАЛИ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ МЕТОДОМ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ПРОКАТКИ С УСКОРЕННЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ НА ОБЪЕКТЕ «ПОДКЛЮЧЕНИЕ ЗАПАДНОГО СКОРОСТНОГО ДИАМЕТРА К ШИРОТНОЙ МАГИСТРАЛИ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ С УСТРОЙСТВОМ ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКИ С ВИТЕБСКИМ ПРОСПЕКТОМ» В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ.

В 2024-2025 гг. АО ЦНИИТС выполняло научно-техническое сопровождение и мониторинг строительства (НТСС) участка эстакады на объекте «Подключение Западного скоростного диаметра к Широтной магистрали скоростного движения с устройством транспортной развязки с Витебским проспектом» в Санкт-Петербурге.

Основная цель НТСС заключалась в практической апробации стального проката по технологии «контролируемая прокатка с ускоренным охлаждением» по ГОСТ 6713 в металлических конструкциях пролетных строений эстакады на всех стадиях транспортировки, монтажа, эксплуатации при различных нагрузках и климатических условиях.

На основании анализа квалификационных испытаний, выполненных в АО ЦНИИТС, и протокольных решений Федерального центра нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве (ФАУ «ФЦС») внес изменения в свод правил СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы», разрешив применение проката из сталей марок 10ХСНД и 15ХСНД в термомеханически обработанном состоянии после контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением наряду с прокатом в термически обработанном состоянии после закалки с отпуском и нормализации.

Всего в процессе НТСС и мониторинга были задействованы пролетные строения в осях № 19-26, монтажные стыки верхних и нижних поясов главных балок нижнего и верхнего пролетных строений, узлы опирания главных балок нижнего и верхнего пролетных строений на опоры № 19-26, узлы стыковки встроенных ригелей с главными балками пролетных строений.

Все пролетные строения в осях опор № 19-26 выполнялись из стали марки 10ХСНД по ГОСТ 6713, произведенной Объединенной металлургической компанией.

Эстакадная часть от опоры № 19 до опоры № 26 выполнена по проекту АО «Институт «Стройпроект» в виде неразрезных сталежелезобетонных пролетных строений (верхнего и нижнего) раздельных под каждое направление движения по схеме 39,30+47,00+42,00+51,00+72,08+47,945+42,555 м. Габарит эстакады принят 2Г-14,0 м.

В поперечном сечении пролетных строений две главные балки двутаврового сечения — высотой 2280 мм. Расстояние между осями главных балок — 9000 мм. Проезжая часть выполнена в виде железобетонной монолитной плиты. Поперечные балки двутаврового сечения высотой 680 мм расположены с шагом 2,5-3 м. Для объединения железобетонной плиты проезжей части с несущими металлическими балками пролетных строений использовались гибкие упоры. Заводские стыки — сварные, монтажные стыки главных балок — комбинированные болтосварные, стыки поперечных балок с главными балками — на высокопрочных болтах.



Для отслеживания технического состояния несущих элементов и конструкций в целом, их деформаций при различных стадиях строительства для разных строительных и эксплуатационных нагрузок и воздействий осуществлялся локальный геодезический контроль монтажа элементов пролетных строений. Для этого

были оборудованы стационарные пункты геодезического контроля и высотные деформационные марки в основании всех опор. Измерения осадок и деформаций конструкций проводились ежемесячно (иногда несколько раз в месяц при различных технологических операциях на стройплощадке) цифровым нивелиром



Leica LS15 0,3. Обработка результатов полевых измерений выполнялась программой «КРЕДО НИВЕЛИР». За весь период геодезических измерений максимальные отклонения высотных перемещений от нулевого цикла составили -4,2 мм (марка 232, опора 23). Максимальные отклонения плано-высотных перемещений от нулевого цикла для нижнего пояса составили: в плане -12 мм (марка 1251, опора 25); по высоте -58,4 мм (марка 1234, опора 23).

Параллельно осуществлялся операционный контроль за элементами, узлами и соединениями пролетных строений на всех стадиях транспортировки, хранения и монтажа. Отслеживалось техническое состояние элементов, узлов, стыковых зон.



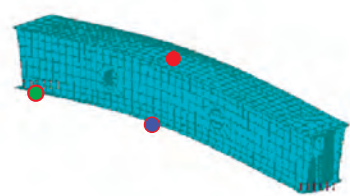
В тесном взаимодействии с представителями строительной организации ООО «ПУСК-ЛИМАК-Север», заказчика, проектного института, изготовителей металлоконструкций и металлопроката оперативно решались производственные вопросы. При этом специалисты АО ЦНИИТС разрабатывали и согласовывали разделы Проекта производства работ, технологические регламенты и технологические карты.



В процессе монтажа элементов пролетных строений осуществлялся визуально-инструментальный контроль лакокрасочного покрытия и монтажных сварных швов. Результаты выборочного контроля показали хорошее качество монтажных соединений и соответствие требованиям нормативных документов.



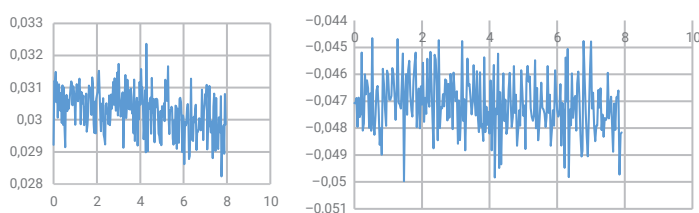
В процессе монтажа элементов пролетных строений выполнялся аппаратный мониторинг работы несущих элементов. Для этого на всех ригелях нижней эстакады были установлены акселерометры — инклинометры, позволяющие одновременно проводить высокоточные измерения колебаний в трех направлениях и дополнительно углы наклона элементов в трех плоскостях. Дополнительно на фундаменте (ростверке) опоры №26 также были установлены акселерометры.



- Расположение датчиков в 1/2 пролета ригеля, на верхней фибре. Опоры №№23, 22, 20, 25
- Расположение датчиков в приопорной зоне ригеля. Опоры №№24, 19, 26
- Расположение датчиков в 1/2 пролета ригеля, на нижней фибре. Опора №21

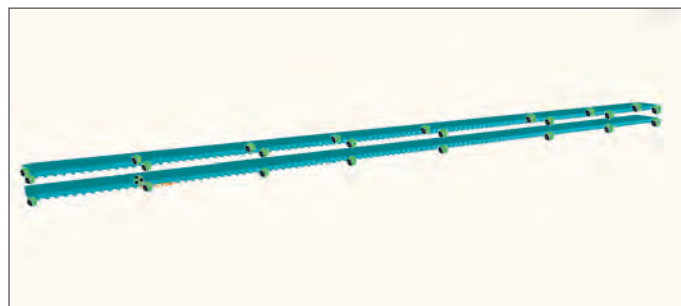


Были проведены испытания несущих элементов динамической нагрузкой под проходящим потоком железнодорожного транспорта вблизи эстакады, зафиксированы сигналы колебаний пролетных строений и амплитуды ускорений колебаний опор эстакады.

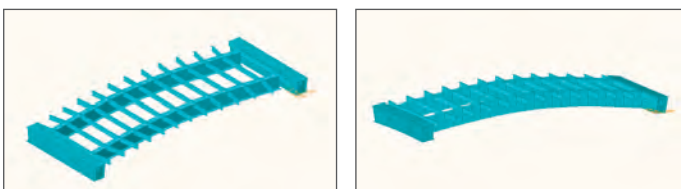


Анализ результатов динамических испытаний показал, что все конструкции работают в соответствии с расчетной схемой, частоты вертикальных колебаний находятся в диапазоне 8,5–27 Гц.

Полученные данные в дальнейшем были использованы при оценке грузоподъемности пролетных строений путепровода. Для этого была разработана компьютерная модель с использованием метода конечных элементов (МКЭ). При расчетах несущих конструкций путепровода применялись 3D плоские элементы типа оболочки, которые точно моделируют работу главных балок и диафрагм. На следующем этапе результаты расчетов были сопоставлены с данными натурных измерений.



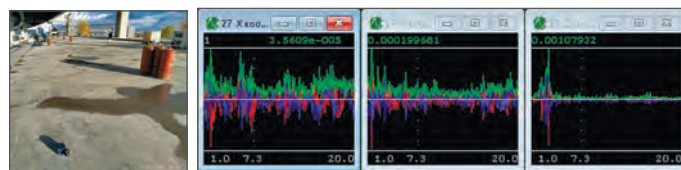
Компьютерная модель



Компьютерная модель: основные формы колебания пролетного строения

Анализ результатов показал, что значения собственных частот колебаний пролетных строений в осях опор 19-26 сопоставимы со значениями, полученными при динамических испытаниях. Это позволяет сделать вывод о нормативной работе конструкций во время монтажа, включая оценку общей их жесткости.

На следующем этапе работы по НТСС был проведен мониторинг законченных строительством пролетных строений в опорах 19–26 (верхний и нижний ярусы). Для этого вибродатчики устанавливались в центре пролетного строения. Для повышения точности измерений время проведения испытаний в каждом сечении было принято 60 мин.



Все экспериментальные вертикальные частоты, которые характеризуют вертикальную жесткость и прочность сталежелезобетонных пролетных строений эстакады, больше или равны расчетным. Это указывает на соответствие работы несущих конструкций эстакады и проектных предпосылок, а также показывает достаточную жесткость и прочность пролетных строений.

Экспериментальные измерения позволили также установить, что декременты колебаний балок верхнего

и нижнего ярусов до асфальтирования лежат в диапазоне 0,05–0,07. Рекомендуемое значение по СП 35.13330 составляет для сталежелезобетонных мостов 0,1.

На заключительном этапе НТСС после завершения строительства участка эстакады были проведены вибродинамические испытания в четвертях и середине всех пролетных строений, выполнены натурные замеры их динамических характеристик.

В качестве испытательной нагрузки использовался автосамосвал КамАЗ-6520 с общим весом 25 т.



Динамическими испытаниями было доказано, что пролетные строения эстакады в створе опор 19-26 работают в полном соответствии с требованиями нормативных документов СП79.13330, СП35.13330 и ГОСТ Р 59618. Пропуск по автодорожной эстакаде в осях опор 19-26 автомобильной нагрузки классов А14 и Н14 возможен без ограничений.

Проведенные АО ЦНИИТС работы по НТСС строительства участка эстакады на объекте «Подключение Западного скоростного диаметра к Широтной магистрали скоростного движения с устройством транспортной развязки с Витебским проспектом» в Санкт-Петербурге показали:

- все работы по монтажной сварке проведены в соответствии с Технологическим регламентом и за время наблюдений (ежедневный контроль) замечаний нет, дефекты сварных швов не зафиксированы; контроль осуществлялся методами ВИК (100% швов) и УЗД-контролем в несущих конструкциях;

- по результатам проведенных работ по НТСС сталь 10ХСНД по технологии «контролируемая прокатка с ускоренным охлаждением» по ГОСТ 6713 хорошо сваривается всеми видами сварки, в том числе ручной сваркой (корень) шва, механической сваркой (полуавтомат) и автоматической сваркой в полном соответствии со СТО ГК Трансстрой 012 (заводская сварка) и СТО ГК Трансстрой 005 (монтажная сварка) в полном соответствии с Технологическим регламентом;

- заводские сварные соединения выполнены в соответствии со СТО-ГК «Трансстрой»-012 «Конструкции стальные мостов. Заводское изготовление. Технические условия»;

- монтажные сварные соединения выполнены в соответствии со СТО-ГК «Трансстрой»-005 «Конструкции стальных мостов. Технология монтажной сварки. Технические условия»;

- все конструкции, выполненные из стали 10ХСНД Объединенной металлургической компании, показали хорошее качество изготовления, монтажа и надежность работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов лабораторных испытаний образцов из стали 10ХСНД по технологии «контролируемая прокатка с ускоренным охлаждением» по ГОСТ 6713-2021 и исследований натурных конструкций стальных мостов можно оценить ближайшие перспективы применения рассмотренной технологии в мостостроении:

1. В начале XXI века на основе прорывных исследований получили развитие технологии термомеханической обработки стального проката в виде контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением. Уже в 2000-х гг. в Дании, Нидерландах и Франции было построено несколько уникальных мостов именно из стали с термомеханической обработкой. Применение стали по ГОСТ 6713-2021 обеспечит технологическую независимость России при реализации многих стратегических инфраструктурных проектов.

2. В 2022 году был введен в действие новый ГОСТ 6713-2021, в котором (в отличие от ГОСТ Р 55374-2012) впервые стали доступны поставки листового проката для мостостроения не только в термически обработанном (ТО), но и в термомеханически обработанном состоянии (ТМО).

3. Новый ГОСТ 6713-2021 позволяет применение листового проката с широким использованием перспективных технологий с ускорением сроков и сортамента проката, что повышает конкуренцию и положительно сказывается на стоимости реализации проектов.

4. На сегодняшний день после многочисленных исследований, испытаний и опытного применения проката в термомеханически обработанном состоянии отрасль готова к переходу на единый межгосударственный стандарт ГОСТ 6713-2021. В соответствии с приказом Росстандарта №156-ст от 24.02.2026 ГОСТ 55374-2012 отменен с 01.05.2026.



АО ЦНИИТС
129329, г. Москва,
ул. Ивовая, д. 2
Тел.: +7 (499) 180-41-93
E-mail: info@tsniis.com
info@tsniis.com