

КАЧЕСТВО БЕЗ КОМПРОМИССОВ



ПЕПЕЛЯЕВ Андрей Валентинович
Технический консультант
ООО «ТЕХКОН», Москва

Автомобильный мост через реку Чусовая протяженностью около 1,5 км стал крупнейшим транспортным объектом Прикамья. Он и связанная с ним сеть дорог заметно улучшили жизнь сотен тысяч человек как в самой Перми, так и в многочисленных городах и поселках Пермского края.

Данный объект возводил Мостоотряд 123. Неразрушающий контроль (НК) качества при строительстве проводился с 1993 по 1996 гг. Этим занимались сотрудники НПО «Искра» – ведущего производителя ракетных двигателей на твердом топливе, в котором тогда, как и во всей оборонной отрасли, осуществлялись конверсия и переход к рыночной экономике. Руководил работами канд. техн. наук В.А. Пепеляев. За методическое обеспечение отвечала специалист 3-го уровня по УЗК Н.Н. Андронова. В трудовой коллектив входили также В.И. Дивинский, Н.И. Иванова, Л.П. Комарова, А.М. Куляпин, А.С. Токайчук. Позже к ним присоединился и я.

Организационно с 1995 г. данные работы выполнял ЗУАЦ «Нерконт +». Тогда было еще новым и непривычным, что контроль качества на таком важном объекте проводит небольшая частная фирма. Звучали требования привлечь для этого какую-нибудь крупную организацию или включить службу контроля в состав строительной компании. Выполняемый контроль многим казался слишком сложным и избыточным, поскольку «мосты в космос мы запускать не будем».



Рис. 1. Процесс сварки на нижнем поясе пролета моста

Представлена история из 1990-х и ее продолжение в 2010-х гг. – ультразвуковой контроль (УЗК) при строительстве моста через реку Чусовая и возведении моста на остров Русский. Показано развитие технологий от УД2-12 до многоканальных дефектоскопов с фазированными решетками.

Приходилось объяснять очевидные, казалось бы, вещи. Мост должен отработать много лет в условиях механических колебаний и значительных изменений температуры. При циклических нагрузках даже незначительный дефект – нарушение сплошности материала может стать концентратором напряжений, от которого разовьются усталостные трещины. Случаи разрушения мостов хорошо известны.

Решающей стала поддержка начальника Мостоотряда 123 Ю.И. Липаткина. Опытный и решительный руководитель, он отлично понимал реалии тех лет, когда «крупный» не означало «надежный». Поэтому, действуя в интересах дела, он выступил за независимого и компетентного подрядчика, главным активом которого были грамотные специалисты с достойным уровнем оплаты, без всяких лишних «надстроек» и «прокладок».

Основными объектами контроля (ОК) при строительстве моста являлись стыковые сварные швы I категории с толщиной свариваемых деталей от 12 до 25 мм. Данные швы соединяли между собой, а также с главными балками ортотропные плиты из стали 15ХСНД, образуя пролетные строения. При этом была освоена передовая технология автоматической сварки металла с применением металлохимических присадок в полевых условиях (рис. 1). Ортотропные плиты со сварными швами использовались на пролетах от пятой до четырнадцатой опоры. На опорах с первой по пятую при-



Рис. 2. Первый пролет моста на правом берегу Чусовой



Рис. 3. Пролеты моста в разной степени готовности

менялись болтовые соединения стальных деталей, а также железобетонные плиты.

Крайние пролеты собирались на постоянных и временных опорах (рис. 2). Но основная их часть, в том числе самые протяженные длиной 147 м, монтировалась на береговых стапелях, а затем с помощью понтонных систем перевозилась для установки на железобетонные опоры (рис. 3, 4). Пусть это был не запуск в космос, но выглядело тоже очень красиво и мощно.

Перевозка и установка на опоры были для пролетов первым испытанием на прочность. Сравнивая рис. 3 и 4, можно оценить возникающую при этом их стрелу прогиба.

Основным методом контроля сварных швов на внутренние дефекты типа нарушений сплошности был выбран УЗК. Данный метод обеспечивал надежное выявление дефектов, предусмотренных документом [1], и при этом являлся высокопроизводительным, экономичным (минимум расходных материалов) и безопасным для окружающих. Выполнение УЗК практически не замедляло проводящиеся рядом монтажные и сварочные работы. Для альтернативы в виде радиографического контроля (РК) это было бы невозможно по правилам радиационной безопасности.

Применение УЗК на объекте требовало создания специальной методики, что и было сделано одновременно с освоением технологии сварки. Самой важной частью этого документа стали нормы оценки качества сварных соединений, полученные и многократно проверенные экспериментально. После того как технология УЗК была отработана, РК и другие методы НК, за исключением визуального и измерительного, применялись достаточно редко в качестве дублирующих.

Одной из проблем, с которыми боролись специалисты НК, стали случаи массового брака. Его причиной были нарушения технологии монтажа и сварки. При этом в сварных швах образовывались в большом количестве цепочки и скопления пор, шлаковых включений, протяженные непровары и несплавления, а также трещины. Даже после обнаружения и устранения всех дефектов на таких швах



Рис. 4. Буксировка пролета длиной 147 м для установки на опоры моста

оставалось много ремонтных участков с ручными подварками. Иногда швы приходилось полностью вырезать и варить их заново.

В начале работ служба сварки заявляла, что это нормальная ситуация. Приходилось их мнение оспаривать. И дело не только в том, что дефекты, когда их много, резко увеличивают трудоемкость УЗК. Гораздо важнее, что по сравнению с регулярным швом ремонтные участки, испытавшие к тому же дополнительные термические воздействия, также становятся концентраторами напряжений. Это снижает длительную прочность конструкции.

Хорошим примером стал контроль сварных швов нижнего пояса толщиной 25 мм. Такие швы заваривались в несколько проходов. В первых же швах УЗК обнаружил многочисленные протяженные дефекты. При вскрытии ими оказались шлаковые включения, которые требуется полностью удалять после каждого прохода, что не было сделано. После разбирательства такие случаи резко сократились.

Из внештатных ситуаций можно вспомнить обнаружение в одном из сварных швов сквозной продольной трещины длиной до 400 мм и раскрытием до 1 мм. Данная трещина образовалась уже после перевозки пролета и установки его на опоры.

Тогда именно специалисты НК выявили причину инцидента. Оказалось, что на этом участке пролета одна из плит имеет толщину 12 мм вместо проектных 16 мм, что снизило прочность всей конструкции. В итоге было проведено совещание с участием руководства строительством, в дальнейшем подобные случаи не повторялись, а проектировщику пришлось принимать меры по восстановлению прочности данного участка пролета.

Несмотря на отдельные разногласия, отношения между специалистами НК и сотрудниками Мостоотряда оставались нормальными деловыми. Это позволило преодолеть все сложности и успешно завершить общее дело, чему во многом способствовал независимый статус специалистов НК. И полученный опыт позволяет задавать вопросы руководителям структур, где служба контроля подчинена, например, главному сварщику, поскольку тут возможен конфликт интересов.



Рис. 5. Контроль дефектоскопом УД2-12 проводит А. В. Пепеляев (справа), наблюдает представитель бригады ремонтников



Рис. 6. Образец сварного шва со сплошным непроваром



Рис. 7. Мост на остров Русский, 2024 г.

Часто приходилось вести контроль в весьма сложных условиях – практически в любую погоду и одновременно со сварочными и монтажными работами. Но специалисты НК ценой дополнительных усилий всегда старались поддержать высокие темпы строительства, если это не снижало надежности контроля. Основные объемы работ по УЗК были выполнены в 1995 г. и за первую половину 1996 г. Тогда одному дефектоскописту требовалось сдавать до 30 м швов за смену. Это значительный объем – с учетом условий проведения контроля и нередко большого расстояния между швами. Например, весной и осенью приходилось на буксире пробиваться к центральным опорам моста через лед на реке. А зимой, в снегопад и метель, достижение рабочего места превращалось в целый поход.

Контроль на объекте проводился дефектоскопом УД2-12, которому тогда в большинстве случаев не было альтернативы и который закрыл у нас эпоху аналоговых приборов. Он, конечно, не вполне подходил для полевых условий, но зато был доступен в больших количествах. Выяснилось, что из нескольких приборов можно подобрать весьма надежный экземпляр. Кроме того, специалисты сами дорабатывали дефектоскоп и, как оказалось, весьма успешно. Была повышена прочность и герметичность его корпуса, а вместо штатного короткого тубуса применялся специальный удлиненный. Он позволял четко видеть показания дисплея даже при сильной засветке (рис. 5). На каждом дефектоскопе старались регулярно проводить профилактические работы. Ну и отношение к нему было заботливым – как к личному оружию и кормильцу.

При сдаче в эксплуатацию на мосту были проведены прочностные испытания. Для этого по нему в большом количестве перемещались тяжело гружен-

ные самосвалы. Все прошедшие УЗК сварные швы I категории испытания выдержали. Но зато произошли множественные разрушения сварных швов вставок на ребрах жесткости, где по проекту не требовалась НК. По решению приемочной комиссии был проведен УЗК этих стыков. В итоге число сварных швов с выявленными недопустимыми дефектами достигло на некоторых пролетах 42 %, а над опорами – 50...100 % от их общего количества, причем на некоторых швах дефекты были сплошными (рис. 6).

Вот к таким плачевным результатам привело изначальное отсутствие контроля качества. Был выполнен ремонт дефектных сварных швов с последующим УЗК, после чего мост успешно прошел повторные испытания на прочность.

Подведем итоги. Мостовой переход через реку Чусовая был сдан в эксплуатацию в конце 1996 г. При строительстве был выполнен УЗК всех сварных швов I категории общей протяженностью 16 300 м. Средний уровень дефектности составил примерно пять недопустимых дефектов (дефектных участков) на 10 м шва. Таким образом, выявлено и устранено около 8 тыс. одиночных дефектов, цепочек, скоплений и групп дефектов: непровары, несплавления, поры, шлаковые включения, а также трещины.

С первого предъявления, т.е. без обнаруженных недопустимых дефектов, сдавалось всего лишь 25 % сварных швов. Со второго предъявления, после ремонта с устранением дефектов сдавалось 67 % швов. Оставшиеся 8 % сварных швов были сданы с третьего предъявления после их повторного ремонта.

При сдаче моста в эксплуатацию был проведен дополнительный УЗК 2976 сварных швов вставок на ребрах жесткости. На данных швах уровень брака достигал 100 %, но по результатам контроля все недопустимые дефекты также были устранены.



Рис. 8. Мост через Чусовую, окончание строительства, 1996 г.

Приведенные факты и примеры показывают, что угроза разрушения пролетных строений по дефектным сварным швам была вполне реальной. Но специалисты НК предотвратили такую возможность, не только надежно обнаруживая дефекты, но и поддерживая технологическую дисциплину при строительстве. А выполненный контроль совсем не являлся избыточным. Наоборот, нужно было ужесточить требования проекта и изначально проводить НК не только на сварных швах I категории, но и на некоторых других.

Для меня два года работы на мосту стали полным погружением в производственную тему и романтику всепогодного УЗК. Но километры сварных швов, проконтролированных вручную, кроме чувства гордости, оставили еще и простую мысль, что лучше это делать с помощью автоматизированных или механизированных систем. Так будет намного быстрее и надежнее, хотя над внедрением новых технологий тоже придется поработать.

Когда с 2004 г. стали появляться относительно доступные ультразвуковые дефектоскопы с фазированными решетками, сразу возникло желание применить их в разных отраслях и на различных объектах, в том числе и на мостах. Для воплощения этих идей собрался коллектив единомышленников во главе с А.С. Трофимовым, который со временем был организован в ООО «ТЕХКОН».

В сфере мостостроения реализовать новые технологии удалось в 2010 – 2012 гг. при возведении крупнейшего вантового моста через пролив Босфор Восточный на остров Русский с центральным пролетом протяженностью 1104 м (рис. 7) [2]. Часть металлоконструкций для этого моста изготавливали Находкинский судоремонтный завод, где также был внедрен УЗК с фазированными решетками.



Рис. 9. Ветераны ЗУАЦ «Нерконт +», г. Пермь, слева направо: 1-й ряд: В.А. Исаев, А.А. Залилов, Л.П. Комарова, М.С. Залилова, Н.И. Иванова, Н.Н. Михайлова, И.В. Пепеляев, 2-й ряд: Н.Н. Андронова, В.А. Пепеляев

Общаясь тогда с представителями заказчика, ДСД «Владивосток», было приятно услышать, что контроль, проведенный нами при строительстве моста через Чусовую, им известен как пример хорошей организации и успешного выполнения работ.

В 2022 г. была открыта вторая часть Чусовского моста. В настоящее время на первой части после двадцати шести лет успешной эксплуатации начата реконструкция. В ходе нее будет увеличена высота опор моста, а на пролетах с первой по пятую опоры заменены железобетонные плиты. Но пролеты с пятой по четырнадцатую опоры с ортотропными стальными плитами и сварными соединениями, которые мы проконтролировали в 1993 – 1996 гг., признаны годными к дальнейшей эксплуатации.

Передаю горячий привет и наилучшие пожелания всем, кто трудился тогда на Чусовой и построил этот мост (рис. 8). Уже много лет он служит людям и будет служить дальше. Это лучшее доказательство того, что специалисты по контролю сделали свою работу грамотно и на совесть. Особенно приятно сказать эти слова сейчас, когда ЗУАЦ «Нерконт +» отмечает свое 30-летие (рис. 9).

В статье использованы материалы, предоставленные директором ООО ЗУАЦ «Нерконт +» В.А. Пепеляевым, а также фотографии из архива автора. Фотография рис. 7 выполнена В.И. Лузяниным, ООО «ТЕХКОН».

Библиографический список

- 1. СНиП 3.03.01–87. Несущие и ограждающие конструкции / ЦНИИОМТП Госстроя СССР. М., 1987. 93 с.**
- 2. Сафонов Ю.В., Игнатенко А.В., Темников К.В., Пепеляев А.В. Томография сварных швов – эффективный контроль на уникальном объекте // ДОРОГИ. 2011. № 6. С. 80–83.**