

ШЕСТЬДЕСЯТ ЛЕТ ЦЕЛЬНОСВАРНОМУ МОСТУ им. Е. О. ПАТОНА

Л. М. ЛОБАНОВ, В. И. КИРЬЯН

ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ. 03680, г. Киев-150, ул. Боженко, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Вопрос о постройке в Киеве автодорожного моста через р. Днепр был поднят перед Великой Отечественной войной. Тогда же был составлен и утвержден технический проект моста с ездой поверху и разрезными сквозными главными фермами, изготавливаемыми с помощью клепки. В этот период в Институте электросварки АН УССР был разработан способ автоматической сварки под флюсом, позволяющий получать высококачественные швы, и Е. О. Патон предложил изготавливать пролетные строения моста с помощью сварки. Несмотря на мнение оппонентов, инициатива Е. О. Патона была поддержана Правительством СССР и было принято решение о сооружении киевского моста сварным с клепаными монтажными соединениями. Для осуществления проекта были изготовлены опоры в 1940–1941 гг. и на заводе металлоконструкций в Днепропетровске началось производство монтажных элементов пролетных строений с помощью автоматической сварки под флюсом. Однако строительство моста было прервано из-за войны, но после ее окончания было возобновлено. Поскольку к тому времени были созданы аппаратура и технологии, обеспечивающие высокое качество и монтажных швов, Е. О. Патон предложил строить в Киеве цельносварной мост через р. Днепр с применением автоматической сварки не только в заводских условиях, но и на монтаже. Цельносварной киевский мост через р. Днепр сооружали в тесном содружестве Киевское отделение ГПИ «Проектстальконструкция», завод металлоконструкций (г. Днепропетровск), Мостоотряд № 2 Министерства путей сообщения, Институт электросварки им. Е. О. Патона АН УССР и Министерство коммунального хозяйства УССР. Библиогр. 3, рис. 16.

Ключевые слова: автоматическая сварка под флюсом, цельносварной мост, пролетные строения, монтажные элементы, строительство, содружество организаций

В начале 1930-х годов в судостроении, промышленном строительстве, транспортном, подъемно-транспортном машиностроении и других отраслях промышленности вместо клепки стали широко применять сварку. Это позволило внести многие новшества и упрощения, сокращающие объем потребляемого металла и трудоемкость изготовления конструкций. Однако переход с клепки на сварку был достаточно сложным, особенно при изготовлении крупногабаритных металлоконструкций и в первую очередь пролетных строений мостов, эксплуатируемых в условиях низких климатических температур и сложного переменного нагружения.

Из Западной Европы приходила тревожная информация о серьезных проблемах со сварными мостами. Стоит упомянуть широко известные случаи разрушений сварных мостов в Германии и Бельгии. Этого было вполне достаточно для формирования негативного отношения по поводу применения сварки в мостостроении.

В этот период в Лаборатории электросварки при Всеукраинской академии наук (Киев), преобразованной в 1934 г. в Институт электросварки АН УССР, начали целенаправленно изучать несущую способность сварных соединений и конструкций. В этой лаборатории, организованной и возглавляемой академиком Е. О. Патоном, пер-

воначально экспериментальные исследования проводили путем сопоставления результатов испытаний идентичных сварных и клепаных соединений образцов, балок и целых конструкций при статическом, переменном и ударном нагружении. Проведенные испытания позволили получить наиболее наглядные и убедительные доказательства прочности сварных соединений и преимуществ технологии сварки. В этих и других сравнительных испытаниях сварные соединения разрушались от усталости не по металлу швов, а по основному металлу в зоне соединения. Стало очевидным, что основной причиной их разрушения является концентрация напряжений, создаваемая формой соединения и швов или же технологическими дефектами сварки.

Предполагалось также, что недостаточная прочность и вязкость металла шва, его меньшая однородность, чем основного металла, будут понижать сопротивление конструкций усталостным разрушениям. В этот период велись работы по изысканию рациональных конструктивных и технологических решений, обеспечивающих заданную циклическую долговечность сварных соединений и узлов. Исследования главным образом относились к мостам, вагонам и кранам. Они убедительно показали, что сварные соединения и узлы можно обоснованно применять в ответственных конструкциях, воспринимающих воздействие



переменных напряжений. Была доказана равнопрочность стыковых соединений со снятым «усилением швов» и основного металла при переменных нагрузках.

Вопрос о строительстве в Киеве автодорожного моста через р. Днепр был поднят перед Великой Отечественной войной. Тогда же был составлен и утвержден технический проект моста с ездой поверху и разрезными сквозными главными фермами, перекрывающими пролеты длиной 58 м (в пойменной части) и 87 м (в судоходной). Поскольку в этот период в Институте электросварки АН УССР был разработан способ автоматической сварки под флюсом, позволяющий получать высококачественные швы, Е. О. Патон предложил изготавливать пролетные строения моста с помощью сварки. И тут подняли головы оппоненты применения сварки в мостостроении. На совещании они ратовали за широко используемую в то время технологию клепки мостов, а в подтверждение представили фотографии из зарубежных журналов с разрушенными пролетными строениями, при строительстве которых применяли сварку.

Евгений Оскарович, основываясь на результатах первых глубоких исследований процесса сварки, да и на интуиции, был твердо убежден, что причина катастроф за рубежом кроется не в основных принципах процесса сварки, а в неправильном, кустарном ее применении. Проектировщики оставляли без изменения конструкцию мостов, принятую при клепке, т. е. не учитывали особенностей процесса соединения элементов с помощью сварки. Кроме того, применяемая сталь для клепки оказалась совершенно непригодной для сварки, а качество швов при используемой тогда ручной сварке было катастрофически низким.

После кратко изложения Е. О. Патонем принципов строительства сварного моста в Киеве через р. Днепр, включающих выбор стали, пригодной для сварки, применение автоматической сварки под флюсом и жесткий контроль качества сварных соединений, секретарь ЦК Н. С. Хрущев попыток: «Мост будем варить. Да, варить! Неудачи других стран — нам не указ».

Только благодаря высокому авторитету Евгения Оскаровича Патона и его инженерной смелости удалось добиться положительного решения директивных органов. Инициатива Е. О. Патона была поддержана Правительством СССР, в результате чего было принято решение о сооружении киевского моста сварным с клепаными монтажными соединениями, в соответствии с которыми были внесены необходимые изменения в проект.

Для осуществления проекта были изготовлены опоры, и перед самой Великой Отечественной войной на заводе металлоконструкций (ЗМК) в Днепропетровске началось изготовление монтаж-

ных элементов пролетных строений с помощью автоматической сварки под флюсом. Война прервала строительство моста.

В 1946 г., предвидя большие перспективы изготовления пролетных строений мостов с помощью сварки, Евгений Оскарович Патон — признанный лидер в области сварки и мостостроения — обратился с предложением в Правительство СССР о внедрении сварки в мостостроение, которое поддержало его инициативу и издало специальное постановление по этому вопросу. Во исполнение постановления правительства Евгений Оскарович объединил и организовал совместную работу проектировщиков мостов и сотрудников Института электросварки. Они провели большой комплекс исследований и проектно-конструкторских разработок с целью развития основных принципов проектирования сварных мостов, изложенных Е. О. Патонем еще в 1933 г. [1]. В результате этой большой работы были решены главные вопросы, открывающие широкие возможности применения сварки в мостостроении. Они детально изложены в работе [2] и касались усовершенствования конструкции моста, его узлов и применяемой стали. Принципиальным было создание соответствующей аппаратуры и технологии, обеспечивающих высокое качество как заводских, так и монтажных швов [3].

Полученные результаты позволили Е. О. Патону поставить вопрос о строительстве в Киеве цельносварного моста через р. Днепр с применением автоматической сварки не только в заводских условиях, но и на монтаже. Предложение Е. О. Патона, поддержанное Правительством СССР, было принято, и в технический проект, а позднее в рабочие проекты были внесены соответствующие изменения, учитывавшие результаты последних исследований Института электросварки, а также конструктивные усовершенствования, согласно утвержденному Постановлением Совета Министров УССР от 17 мая 1948 г. проектному заданию, которые касались следующих положений:

фермы моста сварные со сплошной стенкой, высотой не более 3,6 м;

сохранение по всей длине моста существующего типа опор с ригелями на колоннах;

в судоходных пролетах применять фермы со сплошными вутами.

Все эти и другие разработки Института электросварки им. Е. О. Патона послужили научной основой проектирования, изготовления и строительства первого самого крупного в Европе цельносварного моста (рис. 1). Заводское изготовление металлоконструкций моста общей массой около 10 тыс. т осуществляли с декабря 1951 г. по апрель 1953 г., а монтажные работы — с апреля 1952 г. по октябрь 1953 г. Общая длина моста



Рис. 1. Цельносварной мост им. Е. О. Патона через р. Днепр в Киеве



Рис. 2. Общий вид траверсы кондуктора для сборки и сварки крупногабаритных монтажных элементов в цеху ЗМК

составляет 1543 м. Он имеет 24 пролета — 20 по 58 м, а четыре судоходных — по 87 м. В поперечном сечении пролетное строение имеет четыре двутавровые главные балки со сплошной стенкой, расположенные друг от друга на расстоянии 7,6 м, которые объединены между собой поперечными связями. Продольные связи имеются только по нижнему поясу между средними главными балками по всей длине моста. Над опо-

рами продольные связи устанавливали между всеми четырьмя главными балками. Верхние пояса объединены поперечными прокатными балками с включенной в их работу на изгиб железобетонной плитой проезжей части. Ширина моста 27 м (проезжая часть 21 м, два тротуара по 3 м).

Осуществление строительства моста было возложено на Министерство коммунального хозяйства УССР, которое организовало Специальное управление строительства моста.

Строительство киевского моста через р. Днепр в тесном содружестве проводили коллективы Киевского отделения ГПИ «Проектстальконструкция», завода металлоконструкций (г. Днепропетровск), Мостоотряда № 2 Министерства путей сообщения, Института электросварки им. Е. О. Патона АН УССР и Министерства коммунального хозяйства УССР.

ЗМК в Днепропетровске выделил и оборудовал специальный цех для производства крупных блоков и наладил поточное изготовление монтажных элементов (рис. 2–4). Сварочные работы проводили круглый год рабочие Мостоотряда № 2, обученные и инструктируемые специалистами Института электросварки (рис. 5–9). Контроль,



Рис. 3. Процесс сборки ферм в кондукторе

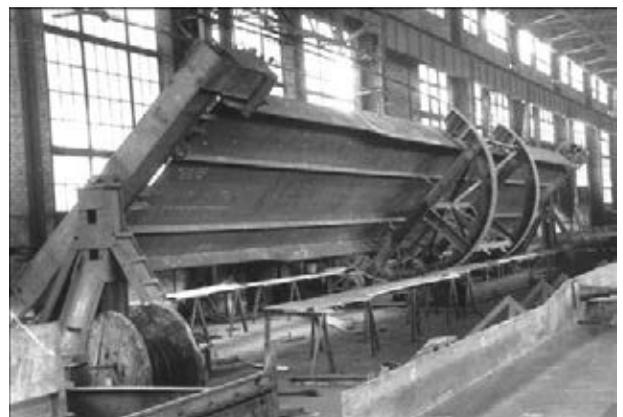


Рис. 4. Длинная балка в кантователе



Рис. 5. Сварка трактором ТС-17-М стыкового шва стенки

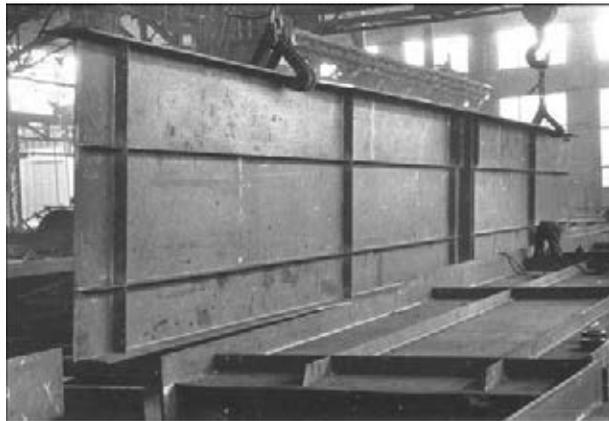


Рис. 8. Приварка торцов ребер жесткости



Рис. 6. Приварка ребра жесткости полуавтоматом ПШ-5 с держателем ДШ-27



Рис. 9. Сварка поясных швов вута в кондукторе



Рис. 7. Процесс сварки продольных стыков трактором ТС-17-М в кантователе

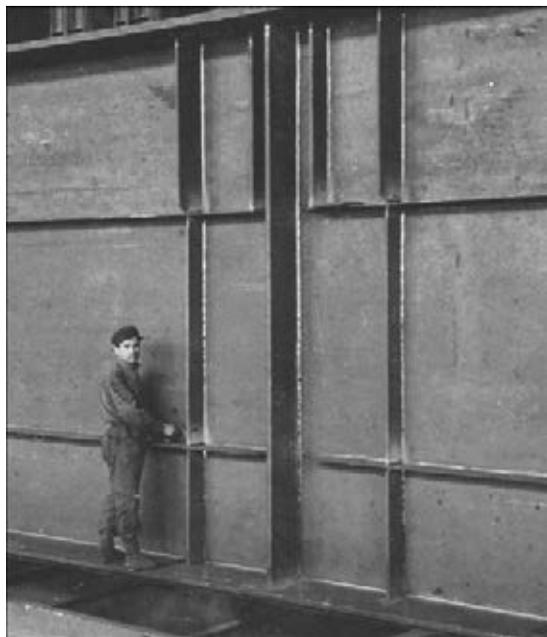


Рис. 10. Осмотр швов

наблюдение и приемку сварочных работ осуществляла инспекция, организованная и подчиненная Институту электросварки (рис. 10).

Доставку готовых монтажных элементов моста в Киев осуществляли железнодорожным транспортом (рис. 11, 12). Сварку монтажных стыков, как и заводскую, производили автоматами (рис. 13, 14).

Киевский сварной автодорожный мост им. Е. О. Патона по ряду своих характерных особенностей является уникальным не только в нашей стране, но и во всем мире. Его уникальность в том, что:

все соединения в пролетных строениях моста выполнены на заводе и монтаже с помощью сварки, т. е. мост является цельносварным. Если принять во внимание, что он имеет общую длину 1543 м и что на пролетные строения израсходовано около 10 тыс. т стали, а общая протяженность сварных швов — 10668 м, то можно утверждать,



Рис. 11. Эшелон с главными балками на заводских путях



Рис. 12. Вут, погруженный на платформу



Рис. 13. Сварка вертикального монтажного стыка автоматом А-314



Рис. 14. Общий вид сварного монтажного стыка в пролете

что он и на сегодня является самым большим цельносварным мостом в мире;

изготовление монтажных элементов на заводе и выполнение монтажных стыков осуществляли главным образом с помощью автоматической и полуавтоматической сварки. Ручную сварку применяли при выполнении менее ответственных элементов моста (связи, поперечные балки и пр.);

при проектировании моста был использован принцип крупноблочности, который позволил 97 % всех заводских швов главных ферм и 88 % всех монтажных швов главных ферм выполнять с помощью автоматической и полуавтоматической сварки. Кроме того, наличие крупных однотипных блоков позволило механизировать сборочно-сварочные операции и организовать поточный метод изготовления на заводе и монтаже, что повысило качество сварочных работ и снизило их трудоемкость.

Исключительная роль в строительстве этого моста принадлежит Е. О. Патону, который неустанно работал в течение ряда лет над проблемой сварного мостостроения и был инициатором постройки в Киеве цельносварного моста. До последних дней своей жизни Е. О. Патон пристально следил за его сооружением.

Мост был обследован лабораторией Московского автодорожного института как в процессе

строительства, так и после его окончания. В завершение мост был испытан на статическую и динамическую нагрузки (рис. 15). Испытания дали положительные результаты.

4 ноября 1953 г. Правительственная комиссия произвела осмотр в натуре построенного автодорожного моста через р. Днепр в Киеве, ознако-



Рис. 15. Испытание моста



Рис. 16. Торжественное открытие моста 5 ноября 1953 г.

милась с технической документацией и постановила принять мост в постоянную эксплуатацию с 5 ноября 1953 г. с пропуском по нему всех видов нагрузок, предусмотренных проектом, без ограничения скорости. Основным работам по строительству моста Правительственная комиссия дала оценку «о т л и ч н о».

5 ноября 1953 г. Совет Министров УССР своим Постановлением за № 2348 утвердил акт Правительственной комиссии о принятии в постоянную эксплуатацию цельносварного автодорожного моста через р. Днепр в Киеве и открытие движения по мосту назначил на 5 ноября 1953 г. (рис. 16). Так завершился ответственный и наиболее сложный этап становления сварного мостостроения.

18 декабря 1953 г. Постановлением Совета Министров УССР за № 2644 вновь построенному мосту было присвоено имя Е. О. Патона.

В 1995 г. Американской ассоциацией сварщиков цельносварной мост в Киеве через р. Днепр включен в список выдающихся инженерных сооружений.

После 60 лет эксплуатации мост им. Е. О. Патона продолжает надежно работать при проектной нагрузке Н-10 и существенно возросшей интенсивности движения (80 тыс. автомобилей в сутки при проектном значении 10 тыс.).

1. Патон Е. О., Горбунов В. И. Принципы проектирования сварных мостов // Автоген. дело. — 1933. — № 4. — С. 2–5.
2. Лобанов Л. М., Кирьян В. И., Шумицкий О. И. Пятьдесят лет мосту им. Е. О. Патона // Автомат. сварка. — 2003. — № 10/11. — С. 14–22.
3. Применение автоматической сварки при строительстве большого городского цельносварного моста / Е. О. Патон, Д. П. Лебедь, Е. Н. Радзевич и др. — Киев: Изд-во АН УССР, 1954. — 57 с.

Поступила в редакцию 04.11.2013