

II науково-практична конференція

**НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ
ТА МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ**

Збірка тез доповідей
Програма конференції

6–10 вересня 2021 р.
м. Одеса, готель «Аркадія»

Київ 2021

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НЕРУЙНІВНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЩОДО ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ГОЛОВНИХ БАЛОК МОСТУ ім. Є.О. ПАТОНА ЧЕРЕЗ р. ДНІПРО У м. КИЄВІ

В.П. Дядін, Є.О. Давидов, Р.І. Дмитрієнко

Інститут електрзварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ

Автодорожній міст ім. Є.О. Патона через р. Дніпро є першим в світі суцільнозварним автодорожнім мостом, який отримав визнання Американської асоціації зварювання як видатна зварна споруда ХХ століття.

На час його будівництва це був революційний прорив щодо використання розроблених технологій зварювання елементів мостових конструкцій замість клепанних з'єднань. Проведені дослідження в Інституті електрзварювання під керівництвом Євгенія Оскаровича Патона дозволили переглянути існуючі на той час підходи до зварних конструкцій в цілому та застосувати передові технології механізованого зварювання під шаром флюсу, які добре себе зарекомендували під час другої світової війни на підприємствах, що виробляли корпуси броньових машин. Саме ці технології зварювання були взяті за основу та застосовані під час виготовлення металевих конструкцій мосту ім. Є. О. Патона в заводських умовах, а також під час їх монтажу на будівельному майданчику [1–3].

Міст складається з 24-х прогонових споруд та має загальну довжину 1542,2 м.

Головні поздовжні балки складаються з ферм, які зварені між собою в стик з використанням автоматичного зварювання під флюсом під час монтажу металевих конструкцій. Кількість ферм в кожній з 4-х прогонових головних поздовжніх балок становить 9 штук, в 5-ти прогонових головних балках — 11 штук, а в 6-ти прогонових головних балках — 21 шт. Ферми виготовлені з низьковуглецевої сталі марки М16С.

Міст ім. Є.О. Патона через р. Дніпро у м. Києві було запроєктовано виходячи з умов, що проектна інтенсивність руху має складати 10 тис. автомобілів на добу. Наразі інтенсивність руху зросла практично в 10 разів з збільшенням ваги автомобілів. Збільшилися також і постійні навантаження на міст внаслідок прокладання труб теплотраси та укладки нового асфальтобетонного покриття.

До 2018 року головна увага при обстеженні технічного стану мосту приділялась дорожньому полотну, тротуарам, деформаційним швам, поперечним елементам і зв'язкам між головними балками [4]. Лише у 2018 року було звернуто увагу на те, що на стінках головних балок споруди в місцях розташування деформаційних швів відбулася значна корозія металу. За результатами досліджень проведених ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського» було зроблено висновок, що міст ім. Є.О. Патона знаходиться в аварійному стані та невідкладно потребує капітального ремонту з частковою заміною його конструктивних елементів. Зокрема, була акцентована увага на необхідності перевірки технічного стану головних поздовжніх металевих зварних балок з використанням сучасних неруйнівних методів контролю. Виконання цієї роботи було покладено на фахівців ІЕЗ ім. Є.О. Патона.

Враховуючі великий обсяг робіт, якій потрібно було виконати при проведенні інструментального обстеження головних балок мосту, в першу чергу основна увага приділялась відбору необхідних видів неруйнівного контролю, які дозволили б більш оперативно провести оцінку технічного стану конструкцій.

Для вирішення цієї задачі було виконано ретельний аналіз технічної документації що стосується заводського виготовлення та зварки великогабаритних конструкцій на монтажу.

Необхідність цієї роботи чергу пов'язана з тим, що в процесі заводського виготовлення конструкцій так і на монтажу, додатково вносилися зміни до вдосконалення технології зварювання, викликаних особливостями зібрання елементів в різних просторових положеннях та типів зварних з'єднань. Крім того під час виготовлення та монтажу ферм було залишено частину дефектів в зварних з'єднаннях, які не було видалено під час експлуатації протягом 68 років.

При обстеженні технічного стану головних балок споруд мосту робота виконувалася за наступними напрямками:

- Вибірковий ультразвуковий контроль стикових зварних з'єднань балок;
- Вибірковий ультразвуковий контроль основного металу балок на розшарування;
- Вибіркова товщинометрія основних елементів головних балок;
- Вибірковий магнітний контроль кутових і стикових зварних з'єднань.

надійшли і достатність саме таких методів контролю було визначено за результатами попереднього обстеження головних поздовжніх балок моста, розташованих між 2-й і 3-й опорами, які були виконані фахівцями Інституту електрозварювання ім. С.О. Патона НАН України в липні 2019 р. Безпосереднє виконання аналогічних робіт було виконано у 2020 році.

Крім того до уваги значну загальну довжину заводських та монтажних зварних з'єднань (більше 110 км), вибірково ультразвуковий контроль стикових швів виконувався в місцях визначених за результатами візуального огляду головних балок. Основна увага приділялась місцям, в яких при монтажі та виготовленні елементів ферм були виявлені дефекти [1, 2] в зварних з'єднаннях та проводився їх частковий ремонт. Всього було проконтрольовано 150 метрів зварних з'єднань, 50 % з яких склали монтажні шви, якими з'єднувалися між собою ферми.

Результати ультразвукового контролю монтажних і заводських зварних швів прогонових споруд свідчать про те, що зварні з'єднання головних балок знаходяться у задовільному стані. Навіть ті дефекти, що були виявлені ще на етапі будівництва моста, в процесі тривалої експлуатації розвитку не мали.

З використанням ультразвукового контролю вибірково було також перевірено суцільність основного металу головних балок. Результати такого контролю показали, що в жодній з проконтрольованих ділянок, поширеної розширення на інші ділянки не виявлено. Слід зазначити, що при проектуванні горизонтальних ребер жорсткості була передбачена їх приварка до вертикальної стінки ферми без повного проплавлення. Це дозволило значно зменшити залишкові напруження металу та за рахунок цього суттєво знизити ризик розвитку такого дефекту.

Також було додатково застосовано магнітний метод контролю.

Всього в різних місцях прогонових споруд було проконтрольовано 124 ділянки зварних з'єднань з білязовими зонами загальною площею 40,0 м². Результати контролю вносились в робочі карти контролю, які були прив'язані до номерів ферм з яких виготовлена повздовжня балка та номерів опор між якими вона знаходиться. За результатами цих досліджень було встановлено, що в процесі тривалої експлуатації тріщини в зварних з'єднаннях металевих конструкцій головних балок не утворилися і вони знаходяться в задовільному стані.

Оскільки, як зазначалося вище, метал головних балок зазнав певних втрат товщини від корозії, значна увага при їх обстеженні приділялась тому, щоб оцінити ступінь корозійного ураження елементів металевих конструкцій балок та виявити основні чинники, які сприяли розвитку корозії. Враховуючи значну довжину головних балок, товщинометрія зазначених елементів конструкції, виконувалася шляхом вибіркового вимірювання фактичної товщини

За результатами вимірювань були побудовані робочі карти контролю (168 карт-ферм).

Враховуючи результати виконаних вимірювань товщини та проведеного аналізу було визначено, що внаслідок протікання скрізь деформаційні шви дощової води та води, що утворилася внаслідок танення снігу (виступає солі) на металеві конструкції головних балок, метал кінцевих ділянок ферм, які примикають до деформаційних швів, зазнав локальних, але місцями значних корозійних ушкоджень. За рахунок корозії товщина металу в елементах конструкції, а саме, в нижніх поясах, нижніх горизонтальних ребрах та в нижній частині стінок головних балок суттєво зменшилася.

(1993) *Отчет о заводском изготовлении элементов пролетной строений Киевского моста на заводе им. Молотова в г. Днепропетровске*. Киев, Библ. ИЭС им. Е.О. Патона.

(1993) *Отчет по теме «Монтажная сварка пролетных строений Киевского городского моста им. Е.О. Патона НАН СССР через р. Днепр*. Киев.

Бабина Л.М., Кирьян В.И. (2013) Шестидесять лет цельносварному мосту им. Е.О. Патона. *Автоматическая сварка*, 12, 2-40.

Шалінський О.В., Котлубей Д.О., Шалінський В.В. (2018) Міст ім. С.О. Патона — нинішній стан та перспективи. *Процеси будівництва та інженерні споруди*, 1, 2-9.