

Р. Е. ГЕЙЗЕН, М. Р. ТИМОФЕЕВ (Научно-исследовательская лаборатория транспортных сооружений и мостов, Пермь, Российская Федерация)

РЕКОНСТРУКЦИЯ И УСИЛЕНИЕ МОСТА ЧЕРЕЗ р. СЫЛВУ В г. КУНГУРЕ, РОССИЯ

Міст через річку Силву в м. Кунгурі є одним із старих автодорожніх мостів у Пермському регіоні, Західний Урал, Росія. Будівництво моста було почато в 1912 р. і перервано Першою світовою війною і наступними подіями в Росії. Тільки у 1931 р. міст було здано в експлуатацію. За 75 років експлуатації накопичилася значна кількість дефектів. Після обстеження моста в 2003 р. і за наслідками розрахунків було ухвалено рішення про реконструкцію моста із заміною дерев'яної проїзної частини металеву ортотропною з асфальтобетонним покриттям, що включається в спільну роботу з існуючими металоконструкціями за допомогою цоколів і, завдяки цьому, збільшенням несучої здатності, до відповідності з нормами. У 2006 р. після проведення випробувань міст здано в експлуатацію.

Мост через реку Сылву в г. Кунгуре является одним из старейших автодорожных мостов в Пермском регионе, Западный Урал, Россия. Строительство моста было начато в 1912 г. и было прервано первой мировой войной и последующими событиями в России. Только в 1931 г. мост был пущен в эксплуатацию. За 75 лет эксплуатации накопилось значительное количество дефектов. После обследования моста в 2003 г. и по результатам расчетов было принято решение о реконструкции моста с заменой деревянной проезжей части металлической ортотропной с асфальтобетонным покрытием, включаемой в совместную работу с существующими металлоконструкциями с помощью цокелей и, благодаря этому, увеличением несущей способности до требуемой нормами. В 2006 г. после проведения испытаний мост был пущен в эксплуатацию.

Sylva Bridge at Kungur city is one of the oldest road bridges in Perm region, the West Urals, Russia. Its erection was begun in 1912 and was interrupted with the First World War and the further events in Russia. The bridge was opened only in 1931. For 75 years of bridge operation the most part of bridge constructions has been acquired plural damages, both mechanical and corrosion. After the bridge inspection in 2003 and according to the calculations of its capacity, the decision on reconstruction of the bridge was accepted. The purpose of rehabilitation was to replace the timber deck by steel orthotropic deck with asphalt pavement. A new deck was to be engaged in combined action with the existing metal structures with the help of socles with high-strength bolts. Due to this, the bridge carrying capacity was increased as required by the present standards. In 2006, after tests, the bridge was opened for traffic.

Общие сведения

Мост через реку Сылву в г. Кунгуре (рис. 1) является одним из старейших автодорожных мостов в Пермском крае. Строительство моста было начато в 1912 г. К началу первой мировой войны были возведены устои и забиты сваи фундаментов промежуточных опор. Дальнейшие работы по строительству моста были продолжены лишь в 1930 г. и 07.11.1931 г. мост был пущен в эксплуатацию. Мост трехпролетный, выполнен по схеме 19+87+19 м. Полная длина моста – 136,44 м. Габарит проезжей части – Г 8,1 м, ширина тротуаров – 1,15 м. Опоры – бутобетонные на свайных фундаментах. Пролетные строения – балочные, клепанные, с ездой поверху. Крайние пролетные строения – с главными балками со сплошной стенкой; центральное пролетное строение – с главными фермами с круговым очертанием поясов и тре-

угольной решеткой. Сечения элементов – составные, клепанные. Узловые соединения элементов ферм устроены по типу фасонных вставок с парными накладками.

Опорные части крайних пролетов: подвижные – однокатковые и неподвижные – секторные шарнирные. Опорные части центрального пролетного строения: подвижные – секторные четырехкатковые; неподвижные – секторные шарнирные. Проезжая часть на мосту – деревянная по металлической балочной клетке, которая представляет собой перекрестную систему балок двутаврового сечения. Продольные балки во всех пролетах расположены с шагом 1,8 м, поперечные балки – с шагом 4,65 м в крайних пролетах и с шагом 7,2 м в центральном пролете. Тротуары на выносных консолях с деревянным настилом.



Рис. 1. Общий вид моста после реконструкции

На протяжении всего срока эксплуатации моста каждые 2...3 года выполнялись работы по замене деревянного настила проезжей части (стоимость работ – около 100 тыс. долл.). Кроме того, по мере необходимости менялся настил тротуаров и выполнялись работы по окраске фасадных поверхностей без удаления старых окрасочных слоев и необходимой подготовки поверхностей (так толщина пленки местами достигала 1050 мкм).

Техническое состояние конструкций моста

В 2003 г. авторами было выполнено обследование моста, по результатам которого получены следующие данные.

Опоры моста имели лишь мелкие незначительные дефекты. Крены и дифференты опор отсутствуют. Местных размывов дна у промежуточных опор нет. При обследовании пролетных строений отмечены дефекты, снижающие не только долговечность конструкций, но и их грузоподъемность. Наиболее существенными являются:

- загнивание и механический износ древесины настила; местами настил продавлен. В отдельных местах, где удалось с помощью шупа оценить степень загнивания досок нижнего настила, она достигает 40...45 %. Отмечен грибок по стыкам досок нижнего настила, а также в местах пересечений настила, прогонов и по-

перечин. Отдельные деревянные прогоны в приопорных зонах над устоями сгнили полностью;

- коррозия металлоконструкций (большая часть поверхностей металлоконструкций вообще не имела антикоррозионного покрытия);

- концентрированные коррозионные повреждения элементов балочной клетки в местах опирания деревянных поперечин, протечек воды с проезжей части и длительного по времени скопления грязи;

- полный коррозионный износ отдельных элементов верхних поясов продольных балок проезжей части и коррозионный износ до 50 % толщины накладок узлов присоединения продольных балок к поперечным;

- множественные погиби и подрезы металлических элементов заполнения главных ферм руслового пролетного строения, образовавшиеся вследствие наезда автотранспорта до устройства в 2003 г. по проекту авторов металлического барьерного ограждения;

- сквозная коррозия отдельных элементов решетки ферм в уровне тротуарного настила (так в одном из элементов раскоса образовалось отверстие с размерами 4×10см в листе толщиной 12 мм);

- коррозионное пучение составных сечений раскосов на участках между заклепками и коррозионное пучение фасонки между крайни-

ми, а в некоторых случаях и между промежуточными заклепками.

Для определения существующей грузоподъемности пролетных строений и возможных вариантов их реконструкции были отобраны образцы стали для проведения химического анализа металла. Полученный химический состав исследованных образцов соответствует литому железу 1906–1935 гг., производимому в России. Такая сталь предназначена малонагруженных элементов сварных конструкций, работающих при постоянных нагрузках и положительных температурах.

Анализ грузоподъемности

На основании данных обследования были выполнены расчеты существующей грузоподъемности моста с учетом его технического состояния и расчетное обоснование реконструкции. Расчеты пролетных строений № 1 и 3 выполнялись двумя методами. По первому методу усилия в элементах пролетных строений определялись на основе приближенных расчетных схем, не учитывающих взаимодействия продольных и поперечных балок с главными балками, а также различную податливость поперечных балок по длине пролетного строения. По второму методу пролетное строение рассматривалось как единая конструкция, и расчет выполнялся методом конечных элементов. Расчет балочной клетки пролетного строения № 2 выполнялся аналогично расчетам крайнего пролетного строения. Для учета податливости поперечных балок в узлах главных ферм последние в расчетной схеме были представлены балками со сплошными стенками, обладающими изгибной жесткостью, численно равной жесткости ферм. Главные фермы затем рассчитывались отдельно без учета взаимодействия с балочной клеткой. Рассматривались варианты нагружения расчетными нагрузками в наиболее невыгодном положении для каждого из рассматриваемых элементов. Дефекты, снижающие грузоподъемность, разделены на 2 группы: условно неустраняемые (коррозионный износ металлоконструкций) и дефекты, которые могут быть устранены при ремонте. Поскольку одной из задач расчетов является оценка грузоподъемности моста после реконструкции, при оценке влияния дефектов принимались во внимание только дефекты первой группы. Для уменьшения объемов расчетов на первом этапе определялось напряженное состояние конструкций пролетных строений без учета дефектов, в результате чего выявлялись наиболее на-

пряженные элементы. На втором этапе грузоподъемность последних оценивалась с учетом дефектов. На участках с проявившимся коррозионным пучением элементов составных конструкций и узловых соединений учитывались утонение элементов и погибь, образовавшаяся в результате пучения. Сечения с максимальным утонением и положением амплитуды погиби совпадают и располагаются посередине интервалов между заклепками. Рассматривался расчет составного сечения с ослабленными коррозией элементами при наличии погиби. Принято во внимание, что продукты коррозии между листами, вызвавшие их пучение, находятся в состоянии сжатия распределенными нагрузками, соответствующими прогибам листов при пучении. Соответственно этому при растягивающих усилиях в стержнях, подвергшихся пучению, в зонах погибей изменение кривизны будет пренебрежимо малым, так что дополнительные изгибающие напряжения можно не учитывать. Напротив, при действии сжимающих усилий в зонах погибей начальные кривизны приобретают приращения, которые сопровождаются дополнительными напряжениями. Для их определения и оценки жесткости элементов с погибью в целом применялся метод эквивалентных жесткостей.

В результате расчетов получены следующие данные:

- главные балки пролетных строений № 1 и 3 и главные фермы, а также узлы присоединения балочной клетки проезжей части к ним удовлетворяют требованиям прочности;
- несущая способность существующих балочных клеток всех пролетных строений вдвое меньше требуемой нормами;
- на данной стадии коррозионного пучения составных элементов определяющими являются сечения по заклепкам и коррозионное пучение можно не учитывать.

Учитывая результаты анализа существующей грузоподъемности, рассматривались два основных варианта реконструкции: с устройством железобетонной плиты проезжей части и с устройством металлической ортотропной плиты, включаемой в совместную работу с помощью цоколей.

Расчеты выполнялись по двухстадийной схеме, отражающей историю возведения и нагружения конструкций.

С учетом коррозионных ослаблений сечений рассчитывались только элементы, лимитирующие (или потенциально лимитирующие) грузоподъемность конструкций.

По результатам расчетов и принимая во внимание, что использование сварки при усилении существующих конструкций является недопустимым, увеличение грузоподъемности пролетных строений моста до требуемой нормами может быть достигнуто с помощью устройства металлической ортотропной плиты, присоединяемой к существующей балочной клетке с помощью цоколей на высокопрочных болтах. При этом выполнять усиление отдельно

элементов существующей балочной клетки не требуется (за исключением участков с сосредоточенными коррозионными повреждениями).

Проектные решения

На рис. 2 представлено поперечное сечение крайнего пролетного строения до реконструкции и после.

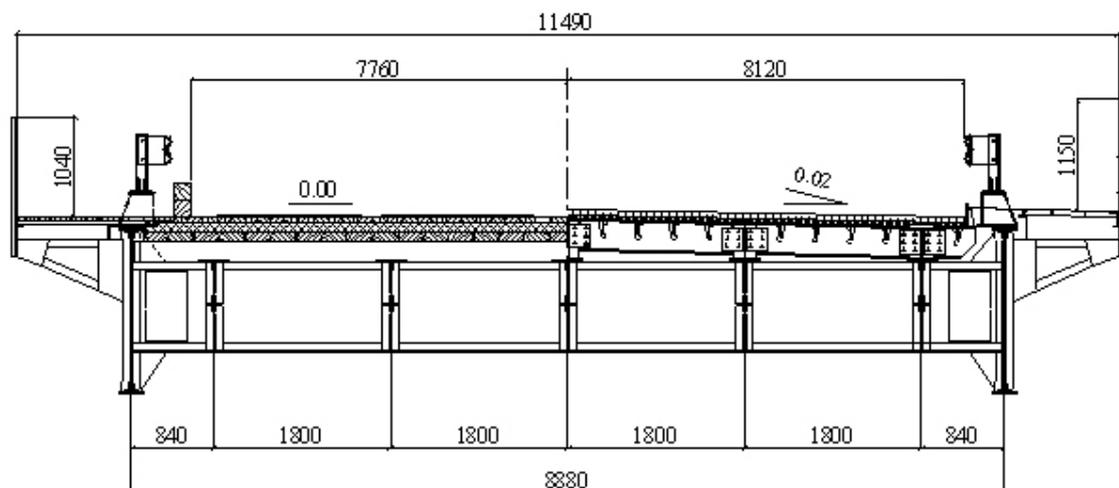


Рис. 2. Поперечное сечение пойменного пролета до и после реконструкции

Ортотропная плита проезжей части включает в себя балочную клетку, присоединяемую к цоколям, и блоки плиты настила, свариваемые в балочную клетку. Металлоконструкции – сварные заводского изготовления. Стыки поперечных и продольных балок устраиваются на высокопрочных болтах. Цоколи представляют собой жесткую сварную конструкцию из листовой стали (рис. 3).

балочных клеток работали единым сечением, т.е. чтобы в объединенных балках при их деформировании выполнялась гипотеза плоских сечений. Шаг балок с учетом конструктивных особенностей существующей клетки составил 1,44 м в центральном пролете и 1,55 м в крайних. Элементы ортотропной плиты и цоколей изготавливаются из стали 10ХСНД.



Рис. 3. Цоколь

Они расположены в узлах пересечения поперечных балок с продольными балками и на продольных балках. Шаг цоколей назначался исходя из того, чтобы элементы старой и новой

Тротуары запроектированы с учетом сохранения всех существующих металлоконструкций кронштейнов их присоединения к главным балкам и фермам. Тротуарный настил представляет собой металлические панели вафельного типа в виде стального листа с уголкового окаймлением и продольными и поперечными ребрами жесткости. Для уменьшения нагрузок от собственного веса покрытия на тротуарах и во избежание усиления существующих конструкций покрытие устроено с использованием полиуретановой мастики толщиной 6000 мкм.

Антикоррозионное покрытие металлоконструкций запроектировано по двум схемам: для существующих конструкций и новых. Ожидаемый срок службы покрытий – не менее 12 лет.

В 2005–2006 гг. выполнены следующие работы по реконструкции моста:

- мелкий ремонт опор моста;

- ремонт существующих металлоконструкций пролетных строений, опорных частей;
- замена деревянной проезжей части металлической ортотропной плитой, включенной в совместную работу с существующей балочной клеткой проезжей части;
- ремонт ограждений проезжей части и тротуаров;
- антикоррозионная защита металлоконструкций.

В зимний период времени после завершения основных работ по монтажу ортотропной плиты в связи с крайней необходимостью пропуска транспорта по мосту было открыто движение легкового транспорта. Движение осуществлялось по резинотканевой ленте, прикрепленной непосредственно к листу настила плиты. Это решение было принято после проведения испытаний.

В июле 2006 г. строительные работы были завершены. Стоимость работ по реконструкции моста составила 1,03 млн долл.

Заключение

После завершения работы было проведено испытание моста. Цель испытания заключалась в проверке правильности принятых при проек-

тировании допущений о распределении нагрузки между элементами пролетных строений. Расположение нагрузки в продольном и поперечном направлениях определялось расчетом для получения наиболее невыгодного загружения и получения в различных элементах наибольших усилий.

Полученные данные позволили сделать вывод о том, что грузоподъемность моста соответствует проектной.

Таким образом, применение цоколей для включения в совместную работу с существующими конструкциями новой металлической ортотропной плиты проезжей части позволило не только выполнить замену деревянной проезжей части на металлическую, но и успешно осуществить усиление существующих слабых элементов балочной клетки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 3.06.07-86. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний [Текст]. – Взамен ВСН 122-65: введ. 1987-07-01. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 40 с.

Поступила в редколлегию 16.04.2010.
Принята к печати 23.04.2010.