

## **Львы над Днепром или некоторые нюансы реконструкции транспортного узла на пересечении улицы Челюскинцев и проспекта Пушкинского в г. Могилеве**

Берестевич М.М., Государственное предприятие «БелдорНИИ»

### **Введение**

Мост через реку Днепр по Пушкинскому проспекту в г.Могилев построен в 1959 году по проекту, разработанному институтом «Белгипродор». Длина мостового перехода составляет 291,84 м. С момента сдачи моста в эксплуатацию капитальных ремонтов несущих конструкций пролетных строений и опор не проводилось. В 2013 г. специалистами мостового управления ГП «БелдорНИИ» была выявлена местная потеря устойчивости ребра жесткости в узлах опирания стальных балок Б4 на опоре № 5 и Б3 на опоре № 3 из вертикальной плоскости. Эти дефекты обусловлены увеличением динамического воздействия транспорта на конструкции из-за ям и неровностей покрытия, особенно в зоне деформационных швов, а также уменьшением сечения стальных элементов в результате пластовой коррозии металла. Также были выявлены значительные участки с пластовой коррозией в том числе, ослабление сечения нижнего пояса фасадных балок.

В феврале 2015 года после обрушения части перильных ограждений в русловом пролете с низовой стороны начаты работы по реконструкции моста. Проект реконструкции разработан ОУПП «Институт Гродногражданпроект», 2013 – 2016 гг., главный инженер проекта – Луц С.Н. Строительная организация, выполняющая реконструкцию мостового сооружения - филиал «МСУ №1» ОАО «Мостострой».

### **Общие сведения**

В ходе проектирования реконструкции мостового перехода через р.Днепр по проспекту Пушкинскому в г.Могилев в связи с отсутствием обновленных данных об фундаментах опоры №4 и грунтах, залегающих в зоне опоры №4, главным инженером проекта было принято решение по замене бетонной существующей опоры на ме-

таллическую с частичной разборкой бетонного тела существующей опоры. Также проектом реконструкции была предусмотрена замена существующих железобетонных пролетных строений моста на новые сталежелезобетонные.



Рис. 1. Общий вид моста до ремонта (русловые пролеты и опора №4)

В связи с началом реконструкции сооружения, а также со сложностью и уникальностью принятого решения по переустройству опоры №4, государственное предприятие «УКС г.Могилев» обратилось в государственное предприятие «БелдорНИИ», на основании чего были начаты работы по научно-техническому сопровождению реконструкции моста.

По результатам проведенной экспертной оценки конструкции неразрезного пролетного строения моста и металлической обстройки опоры №4 были выявлены несоответствия в геометрических размерах элементов, несовпадения монтажных и стыкуемых элементов. Вследствие чего возникли трудности при изготовлении конструкций пролетных строений на заводах. Металлические балки для сталежелезобетонных пролетных строений моста изготавлива-

лись на двух заводах ЗАО «Воронежстальмост» г. Воронеж РФ и ООО «Протос» г. Могилев РБ. Изготовление элементов металлической надстройки опоры №4 выполнялось на заводе ОАО «Строммаш» в г. Минск РБ.

Для определения фактической грузоподъемности сооружения специалистами мостового управления ГП «БелдорНИИ» были выполнены перерасчеты пролетного строения и новой конструкции опоры №4.

### **Мониторинг напряженно-деформированного состояния металлической надстройки опоры №4**

Результаты перерасчета несущей способности конструкций металлической обстройки опоры №4, выполненного специалистами мостового управления ГП «БелдорНИИ», ставили под сомнение воплощение данной идеи в реальности. Совместными усилиями специалистов мостового управления ГП «БелдорНИИ» и ОУПП «Институт Гродногражданпроект» были найдены решения, позволяющие дальнейшее переустройство конструкции опоры.

Для воплощения проектного решения по устройству металлической надстройки опоры №4 необходимо было выполнить работы по резке тела бетонной существующей опоры. Резка железобетонной опоры осуществлялась частной компанией в июле 2015, согласно проектной документации (рисунок 4). После вырезки центральной части тела опоры, были произведены работы по устройству металлических анкеров в существующий цоколь опоры для последующего устройства монолитного железобетонного пояса усиления.

В ходе проведения работ по переустройству опоры №4 (после вырезки блоков №№1-40) было принято решение о сохранении оставшихся бетонных столбов с соответствующим распределением усилий на них и металлическую обстройку.

Монтаж металлоэлементов осуществлялся силами МСУ-1 г. Могилев в 2016 конструкции поставлял на объект изготовитель металлоэлементов ОАО «Строммаш» г. Минск.

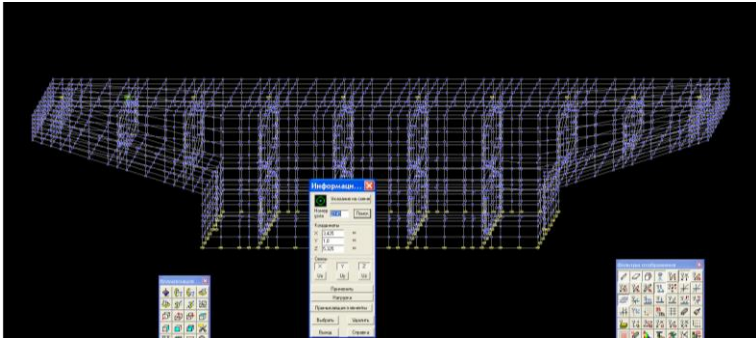


Рис. 2. Расчетная схема металлической обстройки опоры №4

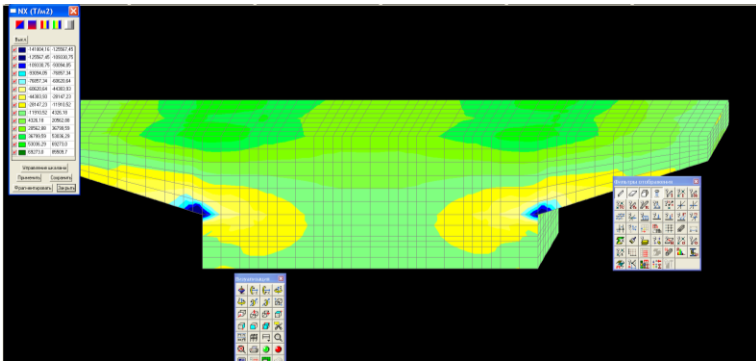


Рис. 3. Эпюра усилий, возникающих в металлической обстройке опоры №4 при приложении нагрузок

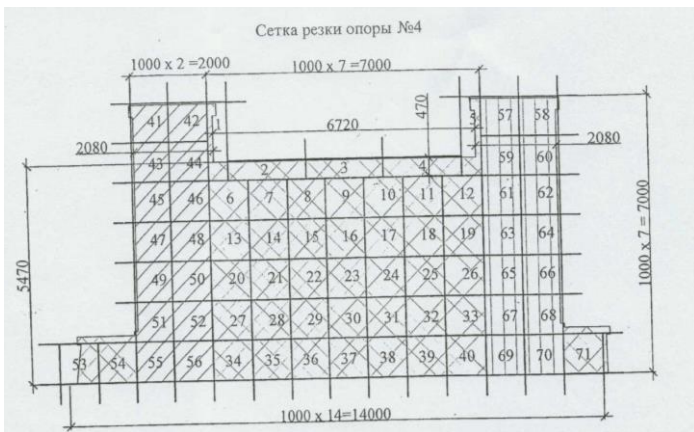


Рис. 4. Первоначальная схема резки опоры №4

В связи с индивидуальностью конструкции, после сборки нижней консоли опоры №4, на опоре в расчетных сечениях для контроля напряжений были установлены датчики системы мониторинга закрытого типа с базой  $b=200$  мм и шагом измерения 1 мм (рисунк 5).

При опускании на опору №4 нижней ветви пролетных строений моста максимальные деформации, зафиксированные датчиками системы мониторинга, составили порядка 70 мкм, что соответствовало напряжениям порядка 735-740 кг/см<sup>2</sup>. Теоретические расчетные деформации по данным предоставленным ОУПП «Институт Гродногражданпроект» составили 158 мкм.

При опускании на опору №4 верхней ветви моста максимальные деформации, зафиксированные датчиками системы мониторинга, составили порядка 35 мкм, что соответствовало напряжениям порядка 360-370 кг/см<sup>2</sup>. Теоретические расчетные деформации по данным предоставленным ОУПП «Институт Гродногражданпроект» составляли 87 мкм.



Рис. 5. Датчики системы мониторинга, установленные в надстройке опоры №4. 05.04.2016



Рис. 6. Вид на металлическую обстройку опоры №4. 17.05.2016

В ходе проведенного мониторинга напряженно-деформируемого состояния металлической обстройки опоры №4 установлено, что напряжения, образовавшиеся в результате передачи постоянных нагрузок (веса пролетных строений, монолитной плиты и слоев дорожной одежды) не значительны и многократно меньше теоретических расчетных значений. В основном это вызвано опиранием балок Б3 и Б7 на оставшуюся часть существующей бетонной опоры.

Также учитывая напряженность автомобильного потока в данном направлении и сложность данного сооружения заказчику было рекомендовано установить в основных расчетных сечениях пролетных строений автоматизированную систему мониторинга напряженно-деформированного состояния металла в режиме реального времени.

### **Мониторинг напряженно-деформированного состояния металлических балок сталежелезобетонных пролетных строений моста**

В связи с выявленными специалистами ГП «БелдорНИИ» в 2013 году дефектами металлических балок в русловых пролетах, в проекте реконструкции предусмотрено усиление пролетного строения

путем изменения схемы опирания пролетных строений на опоре №4, а также установкой дополнительных поясных листов, включаемых в работу путем применения высокопрочных болтов диаметром 24 мм. Уширение пролетных строений достигнуто путем добавления 2-х главных балок с шагом 2,55 м с верхней и нижней стороны моста и установки металлических тросуарных консолей.

Существующие железобетонные пролетные строения были демонтированы и заменены на новые неразрезные сталежелезобетонные.

Железобетонная плита проезжей части на существующем сталежелезобетонном пролетном строении, по результатам обследования, выполненного ГП «БелдорНИИ», максимально сохранена. Над остальными новыми металлическими балками устроена новая монолитная железобетонная плита. В качестве опалубки была использована несъемная опалубка с арматурными выпусками на активной поверхности, которые были необходимы для включения несъемной опалубки в совместную работу монолитной плиты проезжей части. Монолитная железобетонная плита проезжей части включена в работу на новой части пролетного строения путем установки анкеров Нельсона, на существующей - за счет сохраненных существующих упоров.

После монтажа правой части пролетного строения для ее определения фактической грузоподъемности, а также оценки возможности пропуска двух колонн автомобильного транспорта (в обоих направлениях движения) в неконтролируемом режиме было принято решение об испытании новой части моста. После проведения испытания по новой части моста было открыто движение.

В рамках работ по мониторингу напряженно-деформированного состояния конструкций сооружения выполнялся контроль планово-высотного положения конструкций моста, в ходе которого на завершающем этапе были выявлены неудовлетворительные данные по прогибам приставных фасадных балок, в результате чего были приостановлены работы в русловом пролете 3-4. Специалисты мостового управления государственного предприятия «БелдорНИИ» совместно со специалистами ООО «Прикладные решения» в срочном порядке был выполнен выезд на объект для измерения фактических напряжений в фасадных балках.

Для определения фактических напряжений в балках был задействован прибор для определения напряжений в металлических конструкциях, разработанный специалистами ООО «Прикладные решения», и не имеющий аналогов в мире. По результатам измерений было установлено, что максимальные суммарные расчетные напряжения в нижнем поясе фасадной балки Б10 в середине пролета 3-4 (с учетом фактических измеренных) от воздействия постоянных и временных нагрузок составят  $3914 \text{ кгс/см}^2$ , при расчетном сопротивлении стали 10ХСНД  $R_y=3500 \text{ кгс/см}^2$ , т.е. действующие напряжения составляют 112%, что означает необходимость усиления балки. Для подтверждения марки стали балок были отобраны пробы из балок Б1 и Б10 пролетных строений 3-4 и 4-5. Из каждой балки было извлечено по три пробы диаметром 17-20 мм. Для получения предварительных данных специалистами ООО «Прикладные решения» были проведены оптические экспресс исследования с использованием электронного микроскопа многократного увеличения. По результатам проведенных исследований установлено, что в пробах 2\*\* и 1\* содержание меди соответствует стали 15ХСНД, а содержание углерода данным прибором установить невозможно. В связи с этим было принято решение о проведении исследований в Испытательном центре ГНУ «Институт порошковой металлургии». По результатам проведенных исследований в ГНУ «Институт порошковой металлургии» установлено, что содержание углерода в исследованных образцах составляет 0,12%, что согласно ГОСТ 19281-89 «Прокат из стали повышенной прочности» можно отнести и как к стали 10ХСНД, так и к стали 15ХСНД, а содержание меди (Cu), придающей пластичность металлу также можно отнести и к одной и к другой марке стали.

Для подтверждения полученных данных о фактических напряжениях от воздействия постоянных и временных нагрузок ГП «БелдорНИИ» были проведены испытания балок Б8-Б10 пролетов 3-4 и 4-5 испытательной нагрузкой, аналогичной воздействию постоянных и временных нагрузок. С учетом полученного коэффициента запаса работы сталежелезобетонного пролетного строения и фактических измеренных напряжений на момент испытания, максимальные ожидаемые суммарные расчетные напряжения от воздействия постоянных и временных нагрузок в нижнем поясе балки Б10 про-



лета 3-4 составят 3429,0 кгс/см<sup>2</sup>, что не превышает расчетное сопротивление стали 10ХСНД  $R_y=3500$  кгс/см<sup>2</sup>.

### **Выводы**

По окончании работ по ремонту мостового сооружения специалисты мостового управления ГП "БелдорНИИ" провели испытание пролетных строений моста, по результатам которых не было выявлено недопустимых деформаций и прогибов в характерных контрольных сечениях и каких-либо повреждений несущих конструкций. Восприятие конструкциями моста испытательной нагрузки в целом соответствовало расчетным предпосылкам и проектным данным.

В ноябре 2016 года состоялся долгожданный ввод в эксплуатацию моста через реку Днепр по проспекту Пушкинскому в г. Могилев.

Также хотелось бы отметить, что в ходе проведения реконструкции моста были и неожиданные открытия: обнаружены фрагменты фундамента Троицкой церкви XVIII века, в связи с чем было принято решение о корректировке проектных решений, в частности придания сооружения криволинейного очертания в плане, или замена декоративных шаров на с обеих сторон моста на львов, конечно, привело к удорожанию работ, но зато город получил музей под открытым небом, а львы стали визитной карточкой моста. Кстати мало кто знает, что у этих львов есть имена – это имена тех людей, которые сделали огромный вклад в создание того моста, который красуется над Днепром.

Для воплощения в реальность данного проекта моста по проспекту Пушкинскому в г. Могилев потребовались знания и опыт в использовании новых технологий и ремонтных материалов, весь потенциал сотрудников мостового управления ГП "БелдорНИИ", а также инженерная интуиция и смекалка.