

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ТИПОВЫХ СБОРНЫХ ПЛИТНЫХ МОСТОВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

CURRENT ISSUES OF CARRYING CAPACITY IMPROVEMENT OF STANDARD PREFABRICATED SLAB HIGHWAY BRIDGES



Л. В. Гулицкая,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
филиала Белорусского
национального технического
университета «Научно-
исследовательская часть»,
г. Минск, Беларусь

Д. Е. Гусев,
кандидат технических
наук, главный специалист
ООО «Экомост»,
г. Минск, Беларусь

О. С. Шиманская,
старший научный сотрудник
филиала Белорусского
национального технического
университета «Научно-
исследовательская часть»,
г. Минск, Беларусь

В статье рассмотрены результаты мониторинга напряженно-деформированного состояния элементов плитных пролетных строений с учетом фактических структурных изменений, вызванных различными факторами. Выполнен анализ изменения грузоподъемности типовых сборных плитных мостов в результате проведенных ремонтных работ.

This article considers the results of monitoring of stress-strain state of slab spans components taking into account actual structural changes caused by various factors. Changes in carrying capacity of standard prefabricated slab bridges as a result of repair work have been analysed.

Введение

На автомобильных дорогах Республики Беларусь эксплуатируется около 6,5 тысяч мостов и путепроводов. Значительное количество железобетонных мостовых сооружений выполнено с применением разрезных пролетных строений из П-образных плит и плит сплошного сечения. Учитывая, что большинство этих мостовых сооружений в республике строилось в 60–70-е годы прошлого века, в настоящее время многие из типовых сборных плитных мостов уже не соответствуют требованиям современных норм по грузоподъемности, что является следствием физического и морального износа сооружений. Для обеспечения устойчивого и безопасного функционирования мостовых сооружений с плитными пролетными строениями требуется актуальный мониторинг напряженно-деформированного состояния элементов плитных пролетных строений с анализом основных функциональных параметров данных мостовых сооружений. Решению этой важной задачи посвящены исследования технико-эксплуатационного состояния мостовых сооружений, проводимые научно-исследовательской лабораторией мостов и инженерных сооружений (НИЛ МИС) филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть».

В ходе исследований были проанализированы данные по грузоподъемности более 50 мостовых сооружений с плитными пролетными строениями. Несущая способность конструкций пролетных строений при этом определялась методом предельных состояний для расчетов железобетона по прочности (I группа) и трещиностойкости (II группа). Важным элементом расчета явилось определение степени изменения прочностных характеристик конструкций с учетом фактических структурных изменений, вызванных эксплуатационными факторами: дефектами и разрушениями.

Классификация дефектов, снижающих грузоподъемность плитных пролетных строений, и причин их появления

Проведенный анализ систематизированных и структурированных данных по дефектам исследованных мостовых сооружений показал, что основными дефектами, снижающими грузоподъемность плитных пролетных строений, являются следующие:

- коррозия стержней рабочей арматуры плит (поверхностная и пластовая), что приводит к уменьшению сечения рабочей арматуры;
- выключение из работы стержней рабочей арматуры плит пролетных строений в результате потери сцепления арматуры с бетоном;
- повышенная толщина слоев дорожной одежды, что приводит к увеличению постоянной нагрузки на плиты пролетных строений;
- нарушение (или отсутствие) объединения стыков между плитами пролетных строений;
- неудачная компоновка поперечных сечений в результате некорректных проектных решений либо в результате изменения проектных решений во время строительства без надлежащего обоснования.

Проведенный анализ показал также, что основные причины возникновения дефектов, снижающих грузоподъемность мостовых сооружений, – это природно-климатические, техногенные воздействия и человеческий фактор.

Природно-климатические воздействия – это агрессивные факторы окружающей среды (дождь, ветер, попеременное замораживание и оттаивание, изменение уровня воды, солнечная радиация и т. д.), которые оказывают медленное, но постоянное (или периодическое) действие на конструкции мостовых сооружений, вызывая постепенную коррозию, разрушение, и как следствие снижение несущей способности конструкций и безопасности движения по мостовым сооружениям. Аварийный отказ мостового сооружения в этом случае имеет износный характер. Нарушение надежной эксплуатации автодорожных мостов, разрушение конструкций пролетных строений, тротуаров и покрытия мостового полотна происходят и в результате воздействия противогололедных смесей, применяемых в зимнее время эксплуатирующими службами. Постоянное воздействие агрессивных стоков с мостового полотна приводит к развитию коррозионных процессов в элементах пролетных строений, способствует деструкции бетона. Длительное воздействие агрессивной среды способствует накоплению в железобетонных конструкциях хлорид-ионов, преобразующих оксид железа в растворимый хлорид железа, что

приводит к существенным изменениям деформативно-прочностных свойств бетона пораженных зон. Изменение свойств материала во времени носит необратимый характер и зависит от условий деформирования и взаимодействия со средой. По мере проникновения агрессивной среды в тело конструкции снижаются защитные свойства бетона по отношению к арматуре, которая начинает подвергаться процессу коррозии, в результате чего уменьшается площадь поперечного сечения арматуры и нарушается ее сцепление с бетоном. Все это отрицательно сказывается на несущей способности железобетонных конструкций.

Техногенные воздействия – это, в основном, нагрузки от транспортных средств, действующие на сооружение. Они могут вызывать непосредственное разрушение конструкций в результате дорожно-транспортных происшествий или недопустимой для данного мостового сооружения схемы приложения нагрузки. Со временем также происходят процессы накопления и развития повреждений, старение материалов. Аварийное разрушение моста в первом случае может быть внезапным, а во втором случае имеет износный характер. Кроме того, в ходе эксплуатации моста происходит превышение расчетных нагрузок из-за увеличения транспортного потока и возрастания массы современных транспортных средств, из-за укладки дополнительных слоев покрытия и т. д. Временные нагрузки, установленные существующими нормами проектирования мостов, условны и не могут точно отражать реальное воздействие транспортных средств на мостовые конструкции. Фактические нагрузки, действующие на сооружение, могут значительно отличаться по степени воздействия на конструкции от нормативных, особенно для мостов малых пролетов и при учете местного воздействия на элементы любых мостов.

Одной из важнейших причин сложившегося состояния исследованных мостовых сооружений является *человеческий фактор*. К составляющим человеческого фактора относятся:

1) промахи при разработке проектов мостовых сооружений, например:

- неудачная компоновка пролетного строения по типовому проекту 5-04-145 БГД, не предусматривающему объединение тротуарных блоков с крайними плитами пролетных строений;
- некорректная система водоотвода с поверхности мостового полотна на фасады моста, что приводит к разрушению фасадных поверхностей плит пролетных строений, а также торцов насадок опор;
- отсутствие проекта водоотвода с поверхности проезжей части подходов, что приводит

к размыву насыпей подходов и разрушению ко- нусов у крайних опор;

- применение в поперечном сечении одного пролетного строения плит различной жесткости;

2) отступления от строительного проекта, строительный брак, нарушение технологии строи- тельства и режима эксплуатации, например:

- отсутствие объединения плит пролетных строений в поперечном направлении (отсут- ствие или некачественное изготовление бетон- ных шпонок), что приводит к изменению расчет- ной схемы пролетного строения и уменьшению проектной грузоподъемности мостового соору- жения;

- обрыв стержней рабочей арматуры плит в местах установки водоотводных трубок;

3) отсутствие надлежащего, т. е. квалифициро- ванного и своевременного, ухода за мостовыми сооружениями при их длительной эксплуатации, связанное прежде всего с недостатком специа- листов по содержанию мостов в эксплуатирую- щих организациях, что приводит к неграмотной эксплуатации этих сооружений. Например, де- сятилетиями не выполняются рекомендованные специалистами по обследованию мостов работы по устранению дефектов и повреждений элемен- тов транспортных сооружений и причин их воз- никновения.

Под влиянием природно-климатических, тех- ногенных и человеческого факторов происхо- дит физический износ (повреждение) конструк- ций. Кроме того, для обследованных мостовых сооружений характерен моральный износ, при котором сооружение перестает удовлетворять требованиям к его потребительским качествам (прежде всего, это пропускная способность и гру- зоподъемность). При первом виде износа необ- ходимо проведение ремонтов, при втором – ре- конструкция мостового сооружения.

Анализ мониторинга грузоподъемности типовых сборных плитных мостов

Специалистами НИЛ МИС филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть» в течение 2012–2014 гг. выполнен мониторинг состояния некоторых плитных мостов, эксплуатируемых РУП «Минскавтодор-Центр». Следует отметить, что в этой организации крайне серьезно и от- ветственно относятся к состоянию эксплуати- руемых искусственных сооружений, стараются выполнять рекомендации специалистов по об- следованию мостов, проводя работы по устра- нению дефектов и повреждений элементов транспортных сооружений. Данные работы по- зволяют повысить эксплуатационный ресурс сооружений и предотвратить возникновение

аварийных и предаварийных состояний на мо- стах и путепроводах.

Примером своевременного реагирования на рекомендации специалистов НИЛ МИС являет- ся выполнение ремонтных работ на мостах че- рез р. Диражня и р. Двиноса на 62-м км автомо- бильной дороги М-3 Минск – Витебск, на мосту через канал на км 160,524 автомобильной доро- ги Р-23 Минск – Микашевичи.

На мостах через р. Диражня и р. Двиноса специалистами НИЛ МИС в 2012 г. были выяв- лены серьезные дефекты, в основном крайних плит (рис. 1, 2), снижающие грузоподъемность сооружений до А3,8 и НК-35. Для дальнейшей эксплуатации сооружений требовалась уста- новка знака ограничения массы транспортного средства, а также уменьшение габарита проез- да по сооружению до 7,5 м с целью предотвра- щения наезда на крайние плиты. Данные меро- приятия крайне негативно влияют на пропуск транспортного потока по магистральной авто- дороге, а также на безопасность движения в це- лом. Учитывая перспективу реконструкции ав-



Рисунок 1 – Разрушение бетона, разрыв рабочей арматуры в местах установки водоотводных трубок крайней плиты пролета № 2 моста через р. Двиноса на км 61,142 автомобильной дороги М-3 Минск – Витебск

томобильной дороги М-3, для повышения эксплуатационного ресурса и предотвращения аварийных состояний на сооружениях в 2013 г. в рамках текущего ремонта были выполнены работы, повысившие грузоподъемность сооружений до А11 и НК-105, а также увеличившие габарит проезда по сооружению с 8,8 до 9,5 м. Для этого дефектные зоны крайних плит были заменены монолитными участками в пределах опалубочных размеров плит, а тротуарные блоки – плитами сплошного сечения, объединенными в поперечном направлении в общее пролетное строение (рис. 3). Также было устроено современное барьерное ограждение в соответствии с актуальными требованиями безопасности движения.

Мост через канал на км 160,524 автомобильной дороги Р-23 Минск – Микашевичи также был обследован в 2012 г. специалистами НИЛ мостов и инженерных сооружений филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть». При наличии дефектов, снижающих его грузоподъемность, грузоподъемность моста составляла А5,8 и НК-48. После проведения текущего ремонта в 2013 г. грузоподъемность сооружения была повышена до А12 и НК-108. Для этого, как и в предыдущем случае, дефектные зоны крайних плит были заменены монолитными участками в пределах опалубочных размеров плит, а тротуарные блоки заменены плитами сплошного сечения, объединенными в поперечном направлении в общее пролетное строение (рис. 4).

Кроме вышеназванных мостовых сооружений, РУП «Минскавтодор-Центр» в рамках текущих ремонтов в 2013–2014 гг. были улучшены эксплуатационные характеристики следующих мостовых сооружений с плитными пролетными строениями:

- моста через р. Чапа на км 28,393 автомобильной дороги Р-67 Борисов – Березино – Бобруйск;



Рисунок 2 – Разрушение бетона, разрыв рабочей арматуры в местах установки водоотводных трубок крайней плиты пролета № 3 моста через р. Диражня на км 61,430 автомобильной дороги М-3 Минск – Витебск



Рисунок 3 – Вид пролетного строения после ремонта моста через р. Диражня на км 61,430 автомобильной дороги М-3 Минск – Витебск

- моста через р. Сыч на км 30,263 автомобильной дороги Р-67 Борисов – Березино – Бобруйск;
- моста через ручей на км 36,382 автомобильной дороги Р-63 Борисов – Вилейка – Ошмяны;
- моста через р. Черница на км 33,619 автомобильной дороги Р-59 Логойск – Смолевичи – Марьино Горка;
- моста через мелиоративный канал на км 85,224 автомобильной дороги Р-55 Бобруйск – Глуск – Любань.



Рисунок 4 – Вид пролетного строения после ремонта моста через канал на км 160,524 автомобильной дороги Р-23 Минск – Микашевичи

Анализ проектных решений, примененных для повышения грузоподъемности сооружений, а также актуальные данные, полученные при определении грузоподъемности отремонтированных сооружений, позволили сделать следующие выводы:

1. В проектных решениях недостаточно внимания уделяется проблеме объединения существующих элементов пролетных строений с вновь устанавливаемыми, отсутствуют решения арматурных выпусков из существующих элементов или введения объединяющей арматуры в существующие конструкции. При отсутствии жесткого объединения старых и новых элементов плитных пролетных строений в расчетную схему вводится разрыв, что снижает грузоподъемность сооружения.

2. Установка в поперечном сечении пролетного строения плит различной конфигурации (например, замена сплошных плит П-образными или наоборот) приводит к неравномерному распределению усилий между плитами. Так как плиты сплошного сечения имеют жесткость больше, чем плиты П-образного сечения, на них приходится большая доля нагрузки, что отрицательно сказывается на напряженно-деформированном состоянии пролетных строений. Опыт расчетов, проведенных при определении грузоподъемности таких мостов, показывает, что при установке нескольких П-образных плит по краям пролетного строения из сплошных плит (или установке нескольких сплошных плит по краям пролетного строения из П-образных плит)

грузоподъемность снижается на 12 %–15 % по сравнению с пролетными строениями из однотипных плит. Поочередное расположение сплошных и П-образных плит приводит к снижению грузоподъемности на 20 %–30 %. Во многих случаях только этот фактор может привести к снижению грузоподъемности пролетных строений ниже значений, требуемых для нормальной эксплуатации.

3. Для увеличения грузоподъемности сооружений с плитными пролетными строениями до требований современных норм для дорог I–III категорий рекомендуется выполнение капитальных ремонтов с устройством монолитной накладной плиты пролетных строений. Дальнейшее повышение грузоподъемности

возможно при объединении нескольких пролетов в балочную неразрезную систему, а при наличии свайных опор – в рамно-неразрезную систему. При создании неразрезных систем возникает возможность уширения пролетных строений на 1,0–3,0 м за счет монолитных консолей без уширения опор.

4. При ремонтах и реконструкции плитных мостов не допускать нарушения целостности элементов при установке водоотводных труб.

Заключение

Проведенный мониторинг напряженно-деформированного состояния элементов плитных пролетных строений с анализом основных функциональных параметров данных мостовых сооружений показал, что для обеспечения устойчивого и безопасного функционирования мостовых сооружений с плитными пролетными строениями, для продления срока службы таких сооружений и повышения их эксплуатационного ресурса требуется своевременное устранение дефектов, снижающих грузоподъемность сооружений. Учитывая выводы по анализу результатов мониторинга, приведенные в данной статье, следует отметить, что при недостаточности финансирования капитальных ремонтов мостовых сооружений необходимо использовать возможности устранения дефектов и повреждений в рамках текущих ремонтов.

Статья поступила в редакцию 05.02.2015