

УДК 624.21.016

А. В. Письмак

Петербургский государственный университет путей сообщения

**ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ
РАМНЫХ И БАЛОЧНО-НЕРАЗРЕЗНЫХ СИСТЕМ**

Рассматривается проблема реконструкции железобетонных мостов рамных и неразрезных систем, построенных более 40 лет назад. Рассмотрены примеры мостов, факторы, повлиявшие на деформации их элементов, современные способы их устранения и реконструкции мостов.

мост, рамные и неразрезные системы, деформационный шов, шарнир, опорная часть, пролетное строение.

Введение

Реконструкция железобетонных мостов рамных и балочно-неразрезных систем на данный момент является актуальной проблемой, учитывая большое количество таких мостов, построенных более 50 лет назад. Некоторые из них уже несколько лет находятся в аварийном состоянии и нуждаются в экономической и эффективной модернизации.

Одной из главных проблем неудовлетворительного состояния железобетонных мостов с большими пролетами являются не до конца изученные свойства бетона. Мосты таких систем, как рамно-подвесные, рамно-консольные, балочно-консольные и балочно-неразрезные в основном выполнялись из железобетона – это помогло обеспечить создание необходимой конструкции с учетом огромных расстояний, перекрываемых данными мостами. При строительстве было задействовано огромное количество монолитного бетона. В основном конструкции были сборными и швы омоноличивания между блоками оказались наиболее слабыми местами. Самое плохоизученное и мало прогнозируемое свойство бетона – ползучесть. Она привела к деформациям пролетных строений, за период старения более 50 лет проявились и другие дефекты. Серьезными причинами повреждений являются также возрастание нагрузки и отсутствие должного эксплуатационного обслуживания мостов.

Мосты в большей степени получили деформации в шарнирной части пролетных строений, разрушения деформационных швов, большие изгибы профиля проезжей части и большие раскрытия трещин на пролетных строениях, что привело к ограниченной грузоподъемности [2].

В настоящее время многие из мостов рамных и балочно-неразрезных систем выведены из эксплуатации и заменены на построенные рядом новые мосты. Пример – мост Александра Невского в Великом Новгороде через реку Волхов. Но в мостах таких систем опоры зачастую находятся в удовлетворительном состоянии и требуют незначительного ремонта, что позволяет экономить на строительстве новых опор. Пролетное строение также ремонтпригодно. Если осуществить усиление и ремонт таких мостов, то можно увеличить пропускную способность потока автомобилей в городах, учитывая, что большинство мостов данных систем расположены в крупных городах или в пригородах. Однако пропускная способность нового моста признана недостаточной [1]. В связи с этим администрация Новгорода приняла решение об организации работ по ремонту моста Александра Невского.

Различные способы усиления и реконструкции подобных мостов с успехом разрабатываются и применяются в различных городах. Например, мост имени 50-летия Октября через реку Великая в городе Пскове (рис. 1) был реконструирован по проекту,



Рис. 1. Мост им. 50-летия Октября в г. Псков

разработанному ОАО «Трансмост». Основная проблема состояла в деформации профиля пролетного строения, вследствие чего был применен самый распространенный способ – добавлена дополнительная опора и изменена схема моста. Мост был реконструирован дважды, поводом тому послужили различные причины. В первом случае по имеющимся данным был произведен ремонт шарниров и осуществлена замена деформационных швов, которая выполнялась по проекту института «Ленгипротрансмост» в 1981 г. Проект предусматривал приварку новых шайб-накладок на существующие кронштейны, установку новых шарниров и подвески. В 1988 г. на мосту по проекту института «Ленгипротрансмост» выполнялись работы по усилению стыков между крайними береговыми блоками коробчатых балок балочно-консольного пролетного строения с сооружением временной страховочной опоры. В 1990 г. были выполнены работы по ремонту шарниров в середине центрального пролета, замене стальных деформационных

швов и асфальтобетонного покрытия на проезжей части. Других работ капитального характера на мосту не производилось. В 1997 г. было осуществлено обследование моста силами НТЦ «Проектмостореконструкция» (г. Саратов). Результаты обследования показали, что состояние моста неудовлетворительно по условиям безопасности движения и долговечности. Дефекты и повреждения коробчатых пролетных строений отрицательно повлияли на грузоподъемность.

Следующее обследование, которое свидетельствовало о необходимости ремонта моста, было выполнено в 2007 г. [4]. Работы по усилению стыков крайних блоков балочно-консольного пролетного строения выполнены в соответствии с проектом. Дефектов в усиленных стыках при обследовании не обнаружено. Силовые наклонные трещины в стенках крайних блоков у береговых опор, образование которых зафиксировано в первые годы эксплуатации моста, в период усиления стыков не были заделаны; раскрытие трещин достигало 0,3–0,8 мм, что недо-

пустимо по условиям коррозии арматуры (рис. 2, 3). Трещины в основных несущих железобетонных элементах с раскрытием более 0,3 мм по ВСН4–81 (90) [3] относятся к третьей категории неисправности при оценке долговечности.

Обследование показало, что за период 1998–2007 гг. существенного увеличения в раскрытии трещин не произошло. Большая часть трещин или стабилизировалась или растет очень медленно. Состояние трещин позволяет осуществить их заделку. Изменение статической схемы моста введением дополнительных опор привело к медленному разрушению береговых блоков пролетных строений – изменился способ восприятия нагрузки по сравнению с изначальным. При осмотре концов консолей центрального пролета зафиксировано отсутствие зазоров в верхней части фасадных стенок с верхней и нижней стороны. Консоли пролетного строения смыкаются в месте удлиненного участка стенки, закрывающего шарниры с фасадов моста. Смыкание зазоров было вызвано провисанием пролетного строения и нарушало

его расчетную схему. Увеличение провисания и температурные перемещения консолей могли привести к сколу выступа фасадных стенок. На добавленных страховочных опорах не были установлены резиновые опорные части, а использовались прокладки из древесины и резины. В узлах страховочных опор не зафиксировано плотное опирание, зазоры достигали 10 мм, что сказывалось на передаче нагрузки, требовалось немедленное устранение дефектов.

На показателях грузоподъемности несомненно сказывается то, что блоки в основном изготавливались прямо на стройплощадке, как в данном случае. В ходе инструментальной диагностики выявлена пониженная, по сравнению с проектной, прочность бетона у части блоков балочно-консольного пролетного строения. Причиной снижения прочности бетона блоков по сравнению с проектной также является изготовление блоков в полном объеме монолитными на строительной площадке, а не сборными из плоских элементов заводского изготовления, как указано в рабочей документации.



Рис. 2. Разрушение бетона пролетного строения над временной страховочной опорой



Рис. 3. Разрушение стыков пролетных строений

Лабораторные исследования образцов бетона из зоны протечек через деформационные швы балочно-консольного пролетного строения показали, что концентрация ионов хлора в бетоне превышает 0,05 % от массы бетона. При такой концентрации в бетоне активизируются коррозионные процессы арматуры. Наличие хлоридов в бетоне указывает на то, что они используются при зимней уборке проезжей части на мосту, что недопустимо.

Устранение большинства выявленных дефектов, приведение моста в исправное техническое состояние не были возможны в процессе содержания и текущего ремонта. Мост нуждался в капитальном ремонте и принят на капитальный ремонт в 2008 г. Были заменены покрытие проезжей части и тротуаров, водоотводные устройства, перильные и барьерные ограждения, переустроен верх страховочных опор и заменены опорные части. Заменены береговые разрезные пролетные строения длиной 8,66 м с установкой отсутствовавших под ними опорных частей, произведена замена деформационных швов. Таким образом, мост и неко-

торые его элементы были отремонтированы и срок их службы увеличен, но прогибы по оси шарнира не были устранены, хотя мост соответствует современным требованиям эксплуатации. Прочность бетона со временем уменьшилась и прогиб центрального пролета выше допустимого. Поэтому долговечность моста остается под сомнением и по рекомендации обследования его техническое состояние следует проверять каждые 3 года.

Мост через реку Волга в г. Кимры Тверской области (рис. 4, 5) был реконструирован по современному способу усиления, предполагающему изменение типа и статической схемы моста (построены пилоны и натянуты ванты на существующих опорах, это помогло выровнять профиль моста [5]. При необходимости можно увеличить натяжение в вантах (при больших деформациях пролетного строения). Благодаря проекту ЗАО «Институт «Стройпроект»» удалось сохранить существующий судоходный габарит и при этом усилить мост.

Приведенные примеры показывают, что реконструкция рамных и неразрезных систем мостов возможна и существенно экономичнее,

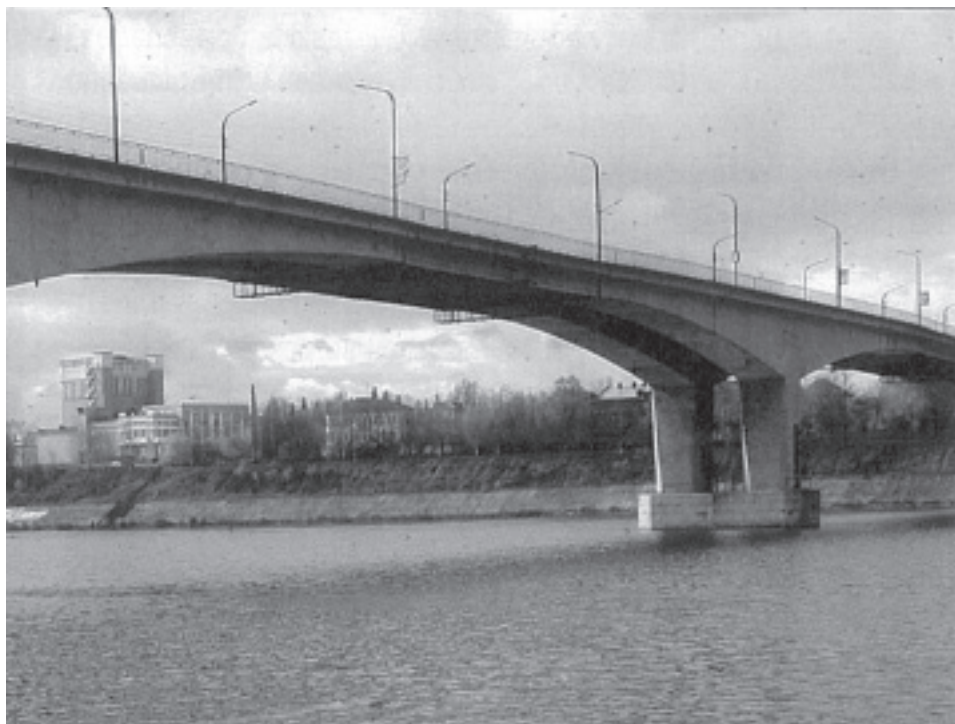


Рис. 4. Мост через реку Волга в г. Кимры до реконструкции (рамно-подвесная система)



Рис. 5. Мост через реку Волга в г. Кимры после реконструкции (вантовая система)

чем строительство новых мостов, учитывая расположение мостов в городах.

Заключение

Проблема реконструкции и усиления железобетонных мостов рамных и балочно-неразрезных систем постройки 1950–1970-х гг. является актуальной. В указанный период было построено множество таких сооружений и на данный момент они имеют схожие дефекты. Способ усиления моста через реку Кимры можно считать вполне современным по экономическим и эстетическим показателям; кроме того, проект позволяет оставить существующий подмостовой габарит, регулировать грузоподъемность моста и выровнять его профиль. Проанализировав преимущества данного способа реконструкции железобетонных мостов рамных и балочно-неразрезных систем, можно найти оптимальное решение для каждого отдельного случая.

УДК 621.313

О. Р. Хамидов, М. Н. Панченко

Петербургский государственный университет путей сообщения

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВИБРОВОЗМУЩАЮЩИХ СИЛ ЛОКОМОТИВНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Представлены разработанная авторами статьи математическая модель вибровозмущающих сил при дефектах ротора и подшипников качения локомотивного асинхронного электродвигателя и метод диагностики, позволяющий выявлять повреждение подшипника качения на ранней стадии возникновения дефекта. Показано, что с помощью предложенной модели можно рассчитать влияние параметров электродвигателя на его динамические характеристики. Для этого составлены дифференциальные уравнения динамики данной системы, которые решались методом численного интегрирования с помощью программы *Matlab R2012b*. При этом учитывалось наличие дефектов в подшипнике качения.

математическая модель, локомотивный асинхронный электродвигатель, вибровозмущающие силы, дефект ротора и подшипников качения.

Введение

Применение вибродиагностических методов на сегодняшний день помогает в поиске

Библиографические ссылки

1. **Актуальные** проблемы строительства транспортных сооружений в городских условиях / В. А. Селиверстов // Дороги. Инновации в строительстве. – 2012. – 15 апр.
2. **Современные** железобетонные мосты / Е. Н. Крыльцова, О. А. Попо, И. С. Файнштейн. – Москва : Транспорт, 1974. – 416 с.
3. **ВСН 4–81 (90)**. Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах. – Москва : Министерство автомобильных дорог РСФСР, 1990. – 26 с.
4. **Технический** отчет по обследованию моста имени 50-летия Октября через реку Великую в городе Пскове, выполненного по Государственному контракту № 2601-1 от 19.09.2007 г. ООО «МИЛ» [Рукопись], 2007.
5. **Реконструкция** моста через р. Волга в Кимрах / Ю. Б. Девичинский // Вестник Мостостроения. – 2008. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stpr.ru/publications/5/411.html>.

неисправностей локомотивных асинхронных электродвигателей, позволяет оценить возможность их выхода из строя, обеспечить контроль качественных показателей техноло-