

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,

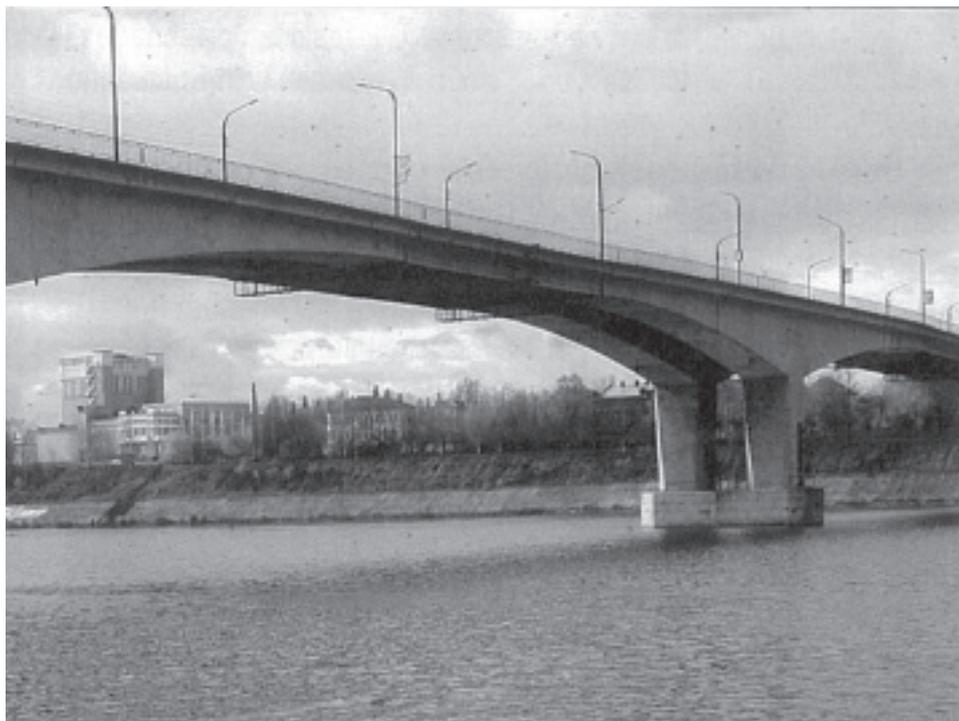


Рис. 4. Мост через реку Волга в г. Кимры до реконструкции (рамно-подвесная система)



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 техно-