

Б. В. САВЧИНСКИЙ (ДИИТ)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И СПОСОБОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ

На основе анализа существующих методов диагностики и способов регенерации железобетонных конструкций мостов запропоновано рекомендації по запровадженню новых современных технологий восстановления железобетонных конструкций мостов при забезпеченні їх експлуатаційної надійності та довговічності.

На основе анализа существующих методов диагностики и способов регенерации железобетонных конструкций мостов предложены рекомендации по внедрению новых современных технологий восстановления железобетонных конструкций мостов при обеспечении их эксплуатационной надежности и долговечности.

On the basis of analysis of existing diagnostic methods and regeneration ways of reinforced-concrete constructions of bridges the recommendations on introduction of new modern technologies of renewal of reinforced-concrete constructions of bridges in providing their operating reliability and longevity are offered.

### Постановка проблемы

Обеспечение эксплуатационной надежности и долговечности железобетонных конструкций мостов после их регенерации.

### Анализ исследований и публикаций

На основе анализа опыта обследований железобетонных мостов за последние 25 лет выявлены недостатки существующих методов диагностики и способов регенерации конструкций, которые снижают их эксплуатационную надежность. В статье изложены основные направления в решении этой проблемы.

### Постановка задачи

Целью настоящей статьи является популяризация внедрения современных методов диагностики и способов регенерации железобетонных конструкций для обеспечения их эксплуатационной надежности.

### Основной материал исследований

Надежность и долговечность мостов определяется условиями их эксплуатации, своевременным и качественным проведением работ по диагностике и ремонту. Большой вклад в развитие теории надежности и долговечности конструкций внесли Иосилевский Л. И., Перельмутер А. В., Лантух-Лященко А. И. [1-3].

В последние годы проблеме обеспечения надежности строительных конструкций и свя-

занными с этим вопросами их диагностики и усиления, автором посвящены статьи [4-8].

При диагностике железобетонных мостов в настоящее время применяются методы:

- неразрушающего контроля прочности бетона;
- инструментального контроля размеров и положения конструкции;
- статические и динамические испытания;
- визуальный осмотр.

Так, для определения прочности бетона рекомендуется молоток D1G1-Schmidt2 [9]. Традиционный молоток Шмидта оснащен электронным устройством со встроенными графиками перевода в значение прочности на сжатие. Прибор автоматически корректирует направление удара, статически обрабатывает результаты измерений с выводом на ПЭВМ.

Особый интерес представляет локатор арматуры «Profometer4» [9]. Он предназначен для поиска арматуры, измерения толщины защитного слоя и определения диаметра арматуры и обладает уникальной возможностью представлять на жидкокристаллическом дисплее слой бетона с заложеной в нем арматурой в системе координат. Прибор точно измеряет защитный слой бетона до 120 мм – при помощи точечного пробника, методом неразрушающего контроля определяет диаметр арматуры с точностью до 1 мм. Данные измерений могут быть занесены в память для дальнейшей обработки на ПЭВМ.

При инструментальном контроле измеряются строительные подъемы главных балок и их основные геометрические размеры. Наряду с

инструментальными методами применяется и визуальный контроль наличия и характера трещин в главных балках пролетных строений с определением величины их раскрытия микроскопом МПБ-2.

Статические и динамические испытания проводятся с целью определения прогибов, удлинений и напряжений в элементах конструкции. Методика обладает рядом преимуществ: точность измерений, мобильность, универсальность. К недостаткам этой методики следует отнести привязанность к источникам питания, трудности установки датчиков, дополнительные затраты средств и времени по созданию испытательных нагрузок.

Анализ обнаруженных дефектов и повреждений указывает на закономерности их появления. Причинами преждевременного разрушения железобетонных конструкций мостов, на наш взгляд, являются: влияние агрессивной среды на трещинообразование, усталостное разрушение бетона от воздействия эксплуатационных нагрузок, неудовлетворительное текущее содержание, что влечет за собой разрушение системы водоотвода, выщелачивание бетона, разрушение защитного слоя и коррозию рабочей арматуры. Ограниченность средств на текущее содержание и капитальные ремонты сооружений, приводит к преждевременному разрушению конструкций, сокращению долговечности мостов по сравнению с проектными сроками. Эти вопросы усугубляются снижением надежности сооружений и созданием условий, при которых не обеспечивается их безопасная эксплуатация.

Современные способы восстановления поврежденных железобетонных конструкций предполагают:

- использование торкретбетона для лечения раковин, сколов бетона и защитного слоя;
- инъектирование силовых трещин в главных балках;
- внедрение новых полимерных составов для защиты бетона от коррозии.

Приготовление торкретбетона сопряжено с необходимостью тщательного подбора состава бетона, что в условиях строительной площадки объекта затруднено. Кроме того, перед нанесением торкретбетона возникает необходимость тщательной очистки поверхности бетона и арматуры, что также усложняет процесс восстановления разрушенных участков бетона.

Внедрение новых полимерных материалов (ПХВ) обеспечивает защиту поверхности желе-

зобетонных конструкций от проникновения воды, улучшает внешний вид, способствует повышению долговечности бетона. К недостаткам этого способа относятся высокая стоимость работ и необходимость применения специальных устройств для нанесения составов.

Перспективные методы диагностики предполагают:

- создание диагностических комплексов на базе ПЭВМ, усилителей, аналого-цифровых преобразователей и датчиков для регистрации измерений, их анализа и занесения в базу данных;
- разработку и внедрение методики прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов в соответствии с требованиями ДБН В.2.3-14:2006 «Мости і труби. Правила проектування».

Новые способы регенерации железобетонных пролетных строений мостов включают:

- использование составов проникающего действия для ремонта несущих конструкций;
- усиление конструкций композиционными материалами на основе углеродных волокон.

Применение составов проникающего действия (кальматрон) обеспечивает высокое проникновение в бетон, возможность регенерации старого бетона, но требует специального оборудования и имеет высокую стоимость.

В процессе эксплуатации мостов возникает их деформация из-за снижения их несущей способности вследствие коррозии арматуры и разрушения бетона.

Помимо восстановления первоначальной несущей способности, может возникнуть необходимость увеличения нагрузки на сооружение или изменение его расчетной схемы. Основными способами усиления конструкций являлось увеличение их сечения. Однако, в последнее время, получили применение композиционные материалы, армированные углеродными волокнами. Их несомненными преимуществами являются высокие прочность и модуль упругости, малый вес, технологичность, невосприимчивость к внешним агрессивным факторам, способность повторять практически любые формы конструкции, выносливость. Достоинствами композиционных материалов являются также легкость транспортировки и изготовления усиливающих элементов необходимых размеров на месте выполнения работ, возможность усиления поверхностей различной кривизны, непре-

рывность эксплуатации сооружения во время проведения работ по усилению, что особенно важно для мостовых конструкций, испытывающих постоянные технологические нагрузки, поскольку даже временные перерывы в процессе их эксплуатации приводят к серьезным финансовым потерям. В настоящее время композиционные материалы с фиброй (КМФ) широко используются для усиления опор и пролетных строений мостов. Необходимо отметить, что капитальный ремонт и усиление железобетонных конструкций мостов невозможно проводить без тщательной диагностики сооружения, выполнения детального обследования. Причем, в случае усиления конструкции композиционными материалами, её диагностика и анализ напряженно-деформированного состояния играют ключевую роль при принятии решения об усилении. Выполнение диагностики необходимо для определения реальных геометрических параметров конструкции, фактических свойств ее материалов и их распределения по сечению. Диагностика железобетонных мостов позволяет не только выявить степень их износа, но и определить причины этого явления. Все это возможно выполнить с помощью современных приборов для диагностики и неразрушающего контроля строительных конструкций.

#### **Результаты исследований и перспективы дальнейших разработок**

Указанные способы регенерации мостовых конструкций не обеспечивают в полной мере сохранение эксплуатационной надежности и долговечности конструкций в связи с несовершенством применяемого оборудования, а также неэффективностью применяемых материалов и технологий. Определяющими факторами разрушения мостовых конструкций являются:

- высокая водопроницаемость;
- низкая коррозионная стойкость бетона использованного при строительстве;
- низкая морозостойкость.

Первоочередными задачами в решении данной проблемы являются вопросы разработки новых методик диагностики и новых современных способов регенерации мостовых конструкций.

Актуальными являются вопросы создания современных мобильных измерительных комплексов для диагностики мостов.

Современные способы регенерации мостов основаны на внедрении новых технологий усиления пролетных строений и опор мостов композиционными материалами.

Важнейшими элементами эффективности выполнения работ по регенерации мостов служат критерии оценки эксплуатационной надежности, в том числе:

- влияния фактора системности на надежность пролетных строений мостов;
- применение метода случайных величин для оценки надежности конструкций;
- создание предпосылок для проектирования балочных железобетонных пролетных строений с заданным условием надежности;
- разработка комплексной системы управления надежностью на всех этапах строительного процесса (изыскания, проектирование, строительство);
- создание нормативной базы для разработки взаимосвязанной системы критериев принятия решений на различных этапах производственного процесса.

Приоритетными направлениями в обеспечении эксплуатационной надежности и долговечности железобетонных конструкций мостов являются:

- совершенствование исследовательской и проектной баз;
- внедрение методик эксплуатационной оценки мостов;
- применение зарубежных материалов и технологий при ремонте мостов [10].

#### **Выводы**

По результатам исследований можно сделать выводы о несовершенстве методов диагностики железобетонных конструкций мостов: погрешности измерений, трудоемкости работ, нерентабельности. Существующие способы регенерации поврежденных конструкций мостов не обеспечивают требуемое качество работ, трудоемки в исполнении, имеют высокую стоимость.

Современная концепция повышения эксплуатационной надежности и долговечности железобетонных конструкций мостов предполагает:

- использование бетонов, содержащих ингибиторы коррозии при ремонтных работах;
- применение эластичных, защитных покрытий для герметизации трещин, возникающих при нормальной эксплуатации железобетонных мостов;
- продление срока эксплуатации конструкций путем создания защитного покрытия

непосредственно на поверхности арматуры;

- повышение адгезии старого и нового бетона с помощью набрызга современных материалов;
- увеличение несущей способности конструкций при усилении элементов путем инъектирования эпоксидных смол.

Следовательно, в настоящее время еще не создана целостная система повышения эксплуатационной надежности и долговечности автодорожных мостов и нам предстоит коренным образом изменить текущее содержание и своевременный ремонт искусственных сооружений.

Первоочередными задачами в области восстановления поврежденных железобетонных конструкций мостов являются:

- применение методов диагностики с использованием современных электронных измерительных комплексов;
- разработка и внедрение мобильных восстановительных комплексов;
- совершенствование проектной и научной базы для обеспечения эксплуатационной надежности конструкций;
- разработка и внедрение комплексной системы технического обслуживания, гарантирующей обеспечение долговечности конструкций;
- обеспечение безопасности эксплуатации усиленных железобетонных пролетных строений мостов.

Вопросы сохранения эксплуатационной надежности и долговечности железобетонных конструкций в процессе регенерации являются очень актуальными для мостов как объектов особой социальной значимости.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иосилевский, Л. И. Практические методы управления надежностью железобетонных мостов [Текст] / Л. И. Иосилевский – М.: Науч.-изд. центр «Инженер», 2005. – 324 с.
2. Перельмутер, А. В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конст-

рукций [Текст] / А. В. Перельмутер – К.: УкрНИИПромстальконструкция, 2000. – 216 с.

3. Лантух-Ляшенко, А. І. Оцінка технічного стану транспортних споруд, що знаходяться в експлуатації [Текст] / А. І. Лантух-Ляшенко // Вісник Транспортної Академії України. – 1999. – № 3. – С. 59-63.
4. Загора, А. Л. Обеспечение эксплуатационной надежности мостов на автомобильных дорогах Днепропетровской области [Текст] / А. Л. Загора, С. М. Костюченко, Б. В. Савчинский // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2001. – Вип. 9. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2001. – С. 11-12.
5. Костюченко, С. М. Обеспечение эксплуатационной надежности и долговечности железобетонных конструкций автодорожных мостов [Текст] / С. М. Костюченко, Б. В. Савчинский // Автомобильные дороги и дорожное строительство. – 2002. – № 64. – К.: НТУ, 2002. – С. 147-149.
6. Заяц, Ю. Л. Некоторые вопросы диагностики и регенерации железобетонных конструкций автодорожных мостов, поврежденных в результате длительного воздействия эксплуатационных нагрузок [Текст] / Ю. Л. Заяц, Б. В. Савчинский // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: зб. наук. пр. ФМІ ім. Г. В. Карпенка. – 2002. – Вип. 5. – Л.: Вид-во ФМІ ім. Г. В. Карпенка, 2002. – С. 491-494.
7. Савчинский, Б. В. Вопросы повышения надежности и безопасности металлических пролетных строений железнодорожных мостов [Текст] / Б. В. Савчинский // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2005. – Вип. 9. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2005. – С. 203-205.
8. Савчинский, Б. В. Критерии оценки надежности железобетонных конструкций автодорожных мостов [Текст]: тезисы докл. Межд. науч.-практ. конф. «Мосты и тоннели: теория, исследования, практика» / Б. В. Савчинский, – Д.: ДНУЗТ, 2007. – С. 62-63.
9. Измерительные приборы фирмы Proced для исследования свойств строительных материалов [Текст] / Рекламный каталог. – М.: Триада-Холдинг, 2001.
10. Мосты. Строительство и ремонты / Рекламный сборник. – Варшава: Sika Poland, 2001.

Поступила в редколлегию 02.03.2010.  
Принята к печати 10.03.2010.