УДК 624.13

С.И. ЕВТУШЕНКО, д-р техн. наук, профессор, Т.А. КРАХМАЛЬНЫЙ, канд. техн. наук,
М.П. КРАХМАЛЬНАЯ, канд. техн. наук, А.С. ЕВТУШЕНКО, канд. техн. наук

Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132)

Система мониторинга состояния малых железобетонных мостовых сооружений как фактор повышения их долговечности

Отражены вопросы нынешнего состояния малых железобетонных автодорожных мостовых сооружений, а также недостатки существующих методов содержания и контроля мостовых переездов. Приведено описание разработанной авторами системы мониторинга состояния мостовых сооружений, позволяющей в реальном масштабе времени проводить измерения и автоматизировать процесс передачи данных посредством беспроводной связи. Представлена структурная блок-схема системы.

Ключевые слова: мостовое сооружение, эксплуатационная служба, мониторинг технического состояния, долговечность и эксплуатационная надежность, измерительная система.

S.I. EVTUSHENKO, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, T.A. KRAKHMAL'NY, Candidate of Sciences (Engineering),
M.P. KRAKHMAL'NAYA, Candidate of Sciences (Engineering), A.S. EVTUSHENKO, Candidate of Sciences (Engineering)
Platov South Russian State Polytechnic University (Novocherkassk Polytechnic Institute)
(132, Prosvescheniya Street, 346428, Novocherkassk, Rostov Region, Russian Federation)

Monitoring System of Small Reinforced Concrete Bridgeworks as a Factor of Increasing Their Durability

Problems of the present condition of small reinforced concrete highway bridgeworks as well as disadvantages of existing methods for maintenance and control of bridge crossings are reflected. The description of the monitoring system of conditions of bridgeworks developed by authors, which make it possible, in real scale of time, to conduct measurements and automate the process of data transmission by wireless communication, is presented. The structural block-scheme of the system is also presented.

Keywords: bridgework, operational service, monitoring of technical condition, durability and operational reliability, measuring system.

Состояние автодорожных мостов в России, как наиболее сложных и ответственных гидротехнических сооружений, является актуальным вопросом (рис. 1).

Со временем система автомобильных мостов в целом постепенно стареет как в моральном, так и в физическом отношении. По мере развития сельских поселков, увеличения грузоподъемности автомобильного транспорта и увеличения интенсивности движения большинство малых железобетонных мостовых сооружений перестает соответствовать современным эксплуатационным требованиям. Многие мосты к настоящему времени не могут обеспечить требуемых грузоподъемности и условий проезда транспорта.

Если учесть, что протяженность автодорог федерального значения составляет менее 10% от длины дорог общего пользования (около 470 тыс. км) и 6% от полной длины дорог с твердым покрытием (750 тыс. км), в целом по стране находится в эксплуатации примерно 80–90 тыс. мостов и мостовых переездов. При этом на содержание мостов территориальных и городских дорог отпускается существенно меньше средств, чем федеральных. Следует также отметить, что в первую очередь из выделенных средств ремонтируются большепролетные мосты, а на ремонт малых мостовых сооружений длиной до 18–24 м финансирования не хватает.

Для мостового хозяйства России сохраняется общая негативная оценка состояния, характерная и для сети автомобильных дорог в целом, что было отражено в «Государственной концепции создания и развития сети автомобильных дорог в Российской Федерации».

Параметры долговечности и эксплуатационной надежности мостовых переездов через водопроводящие каналы зависят от воздействия сложного комплекса факторов. Результатом воздействия этих факторов является напряженно-деформированное состояние (НДС) мостовой конструкции, которое формируется на стадии строительства мостового переезда и изменяется в стадии эксплуатации под влиянием растущих повреждений конструкций. Существующие методы содержания и контроля мостовых переездов (рис. 2) недостаточно учитывают параметры НДС и динамику повреждений [1].

Состояние каждого длительно эксплуатируемого мостового переезда формируется во времени индивидуально, поэтому планирование и выполнение ремонтных работ на основе нормируемых межремонтных сроков не позволяет улучшить состояние мостового парка в целом. Обеспечение эксплуатационной надежности и долговечности мостовых переездов требует постоянного наблюдения за появлением и развитием повреждений элементов и прогнозирования последствий подобных изменений. Такая работа в существующей системе практически не ведется [2].

Выход из сложившейся ситуации авторы видят в создании системы дистанционного мониторинга длительно эксплуатируемых железобетонных малых мостовых

Рис. 1. Аварийные мостовые сооружения на региональных дорогах

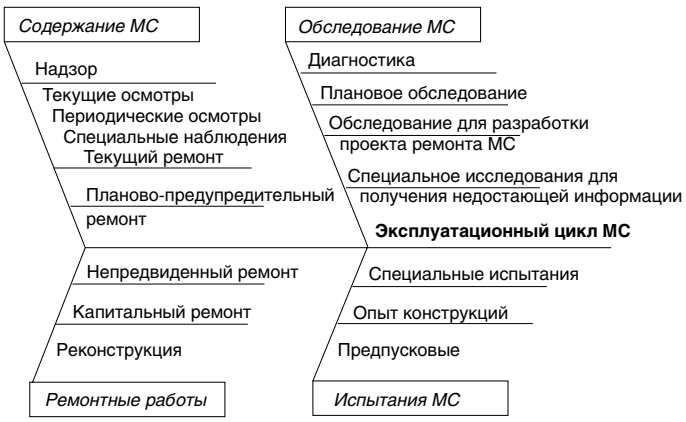

Рис. 2. Схема процесса эксплуатации мостового сооружения

сооружений, позволяющей повысить эффективность процесса эксплуатации и продлить их жизненный цикл.

Следует отметить, что мониторинг строительных объектов весьма затратное мероприятие, для которого применяется специальное оборудование и программное обеспечение. Поэтому научные исследования в этой области направлены на обеспечение безопасности и получение максимальной информации о состоянии объекта при минимальных финансовых затратах [3].

Мониторинг малых железобетонных мостов ведется в редких, исключительных случаях. В то же время разрушение железобетонных мостов на дорогах в регионе может вызвать не меньший экономический ущерб для государства ввиду их многочисленности [4].

Разработанная авторами система мониторинга относится к информационным системам сбора, передачи, хранения и обработки данных и предназначена для непрерывного наблюдения за геометрическими характеристиками, а также имеющимися дефектами и повреждениями мостовых сооружений (рис. 3). Система содержит центр обработки информации на основе ЭВМ и как минимум одну систему сбора и передачи информации, содержащую контроллер и датчики, причем датчики соединены с контроллером линией связи. В центр обработки информации введено устройство широкополосного доступа к сети Интернет, соединенное с ЭВМ. В систему сбора и передачи информации введено устройство для доступа к сети Интернет по радиоканалу GSM, соединенное с контроллером. В качестве канала связи между системой сбора и передачи информации и центром обработки информации используется сеть Интернет. Контроллер производит опрос датчиков и передает собранную информацию в центр обработки

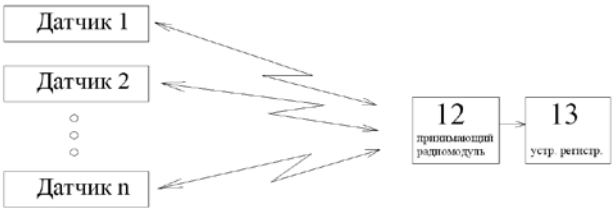

Рис. 3. Система мониторинга малых железобетонных мостов

информации. ЭВМ, входящая в состав центра, накапливает и обрабатывает собранную информацию (рис. 4).

Система мониторинга состояния строительных конструкций мостовых сооружений позволяет в реальном масштабе времени проводить измерения и автоматизировать процесс передачи данных посредством беспроводной связи. В центре обработки информации данные о контролируемом объекте проходят анализ и обработку (рис. 5). Блок «Главное меню», являясь управляющим центра обработки информации, позволяет произвести переход к работе с реестром мостовых сооружений, блоком статистики и блоком мониторинга. Блок «Реестр мостовых сооружений» включает работу с архивом мостовых сооружений, блоком регистрации нового мостового сооружения, блоком редактирования информации о мостовом сооружении и блоком регистрации результатов мониторинга (рис. 6). При выборе «Регистрации нового мостового сооружения» последовательно вводятся общие данные о сооружении, место расположения, технические сведения, информация о проектной и эксплуатирующей организации, габаритные размеры моста, параметры опор, параметры всех строительных конструкций, дорожного покрытия, ограждения и тротуаров и иная конкретизирующая информация. После введения всех данных информация передается в архив, а пользователь возвращается в «Реестр мостовых сооружений».

Результаты выполненного регулярного осмотра мостовых сооружений заносятся в блок «Регистрация результатов осмотра». В данном блоке находит отражение информация о выявленных повреждениях подмостовного русла, железобетонных стенок лотков, железобетонных опор, мостовых балок, дорожного покрытия, тротуара и ограждения. Блок заканчивается вводом дополнительной информации и анализом технического состояния строительных конструкций, каждой конструкции программа присваивает категорию технического состояния (рис. 7). Используя коэффициенты значимости, программа вычисляет категорию технического состояния

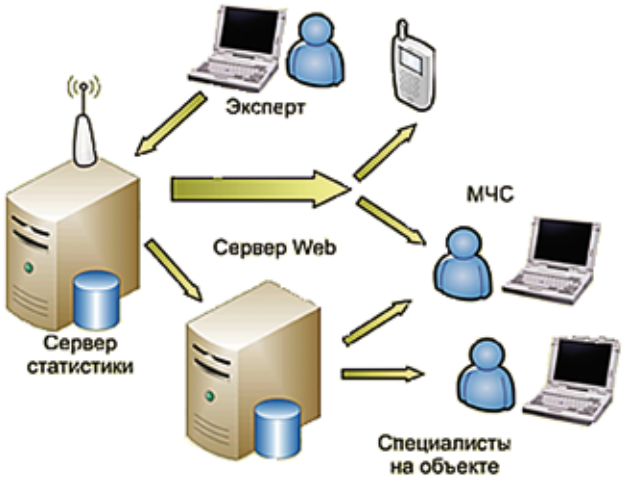

Рис. 4. Структура системы мониторинга малых железобетонных мостов

Рис. 5. Блок-схема анализа информации в центре обработки

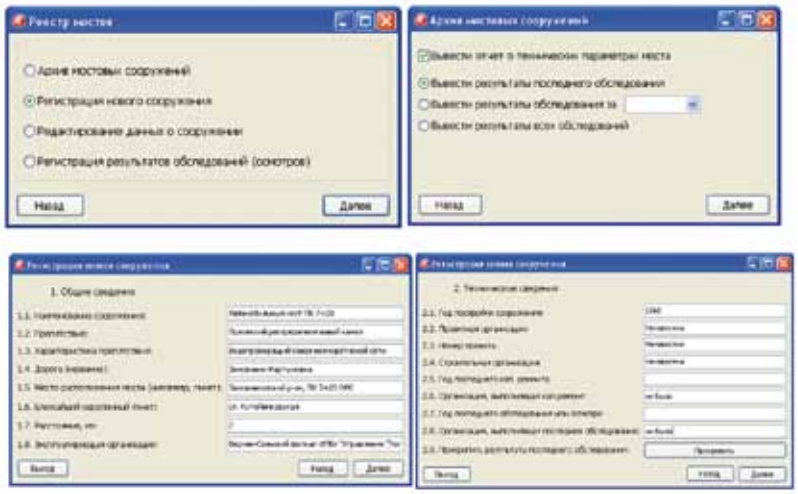

Рис. 6. Окна реестра, архива и регистрации нового моста

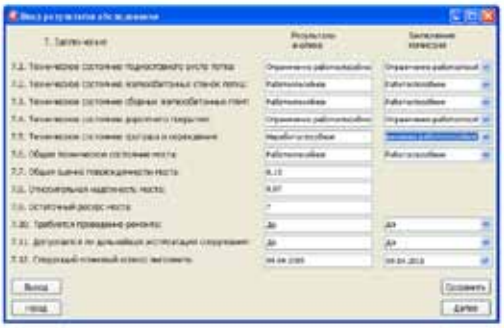

Рис. 7. Окно анализа и заключения комиссии

всего сооружения и остаточный срок службы моста.

В разделе «Статистика» возможно получить данные обо всех мостах из реестра, аварийных мостах, неработоспособных, ограниченно работоспособных, требующих капитального ремонта, текущего ремонта, по самой ранней дате обследования, по самой поздней дате обследования, по наименьшему остаточному ресурсу.

Специальные формы актов осмотра мостовых сооружений, представленные в системе, содержат характерные дефекты и повреждения для каждого элемента (в системе представлено более 200 видов дефектов и повреждений). На основании введенных параметров выявленных дефектов система присваивает категорию технического состояния каждому элементу конструкции, а в заключение выводит общее техническое состояние моста и выполняет расчет остаточного ресурса сооружения.

Кроме того, система в автоматическом режиме производит напоминание о необходимости выполнения обследования мостовых сооружений при приближении срока следующего планового осмотра сооружения. Программа может составить график проведения обследований мостов на текущий месяц, квартал, полугодие и год.

В настоящее время на данную систему мониторинга и входящих в ее состав датчиков получены два патента на изобретение, патент на полезную модель и свидетельство об отраслевой регистрации программы для ЭВМ (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2014617460. Учет и систематизация характеристик железобетонных мостовых сооружений через водопроводящие каналы Ростовской области / Крахмальная М.П., Крахмальный Т.А., Евтушенко С.И. Заявл. 29.05.2014. Опубл. 22.07.2014.; Патент на полезную модель РФ 62724. Автоматизированная система мониторинга геометрических характеристик зданий и сооружений / А.С. Евтушенко, С.И. Евтушенко, Н.В. Рудов. Заявл. 26.06.2006. Опубл. 27.04.2007) [5, 6].

Применение данной системы, по мнению авторов, приведет к повышению безопасности и долговечности эксплуатации малых железобетонных мостовых сооружений за счет обеспечения непрерывного мониторинга и централизованного контроля их геометрических характеристик и состояния имеющихся дефектов и повреждений.

Список литературы

1. Бандурин М.А. Проблемы оценки остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений // *Инженерный вестник Дона*. 2012. № 3. С. 29–34.
2. Волосухин В.А., Крахмальный Т.А., Евтушенко С.И., Крахмальная М.П. Дефекты и повреждения строительных конструкций мостов на мелиоративных каналах Ростовской области. Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет им. М.И. Платова. 2013. 126 с.
3. Маилян Л.Р., Скибин Г.М., Шутова М.Н. Остаточный ресурс типовых объектов горнорудной и угольной промышленности и методы его определения. Ростов н/Д: Ростовский государственный строительный университет. 2010. 150 с.
4. Волосухин В.А., Бандурин М.А. Особенности применения моделирования аварийных мостовых переездов через водопроводящие каналы при проведении эксплуатационного мониторинга // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки*. 2012. № 5. С. 82–86.
5. Патент РФ 2448225. *Система мониторинга состояния трещин и стыков зданий и сооружений* / Крахмальная М.П., Крахмальный Т.А., Евтушенко С.И. Заявл. 01.10.2010. Опубл. 20.04.2012. Бюл. № 4.
6. Патент РФ 2344369. *Датчик угла наклона одноплоскостной* / М.В. Зотов, С.Г. Тищенко, С.И. Евтушенко, Н.В. Рудов. Заявл. 09.10.2006. Опубл. 20.01.2009.

References

1. Bandurin M.A. Problems of residual life assessment is long maintained water spending constructions. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2012. No. 3, pp. 29-34. (In Russian).
2. Volosukhin V.A., Krakhmal'nyi T.A., Evtushenko S.I., Krakhmal'naya M.P. Defekty i povrezhdeniya stroitel'nykh konstruktsii mostov na meliorativnykh kanalakh Rostovskoi oblasti [Defects and damage to the building of bridges in the drainage canals of the Rostov region]. Novocherkassk: Yuzhno-Rossiiskii gosudarstvennyi politekhnicheskii universitet imeni M.I. Platova. 2013. 126 p.
3. Mailyan L.R., Skibin G.M., Shutova M.N. Ostatochnyi resurs tipovykh ob"ektov gornorudnoi i ugol'noi promyshlennosti i metody ego opredeleniya [Residual resource objects typical mining and coal industry and methods of its determination]. Rostov-na-Donu: Rostovskii gosudarstvennyi stroitel'nyi universitet. 2010. 150 p.
4. Volosukhin V.A., Bandurin M.A. Features of the application of simulation of emergency bridge crossings through carrying water during operational monitoring. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Seriya: Tekhnicheskie nauki*. 2012. No. 5, pp. 82-86. (In Russian).
5. Patent RF 2448225. Sistema monitoringa sostoyaniya treshchin i stykov zdanii i sooruzhenii [The system of monitoring the state of cracks and joints of buildings and structures]. Krakhmal'naya M.P., Krakhmal'nyi T.A., Evtushenko S.I. Declared 01.10.2010. Published 20.04.2012. Bulletin No. 4. (In Russian).
6. Patent RF 2344369. Datchik ugla naklona odnoploskostnoi [Inclination sensor coplanar]. Zotov M.V., Tishchenko S.G., Evtushenko S.I., Rudov N.V. Declared 09.10.2006. Published 20.01.2009. (In Russian).