

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*МИНЧЕНЯ В.Т.<sup>1</sup>, АСИМОВ Р.М.<sup>2</sup>,  
ТРОМПЕЛЬ Д.А.<sup>3</sup>, СЕМЕНЕНКО А.В.<sup>3</sup>*

- 1 – Белорусский национальный технический университет,  
2 – ООО «Сенсотроника», резидент парка высоких технологий,  
3 – ГП «БелдорНИИ»  
Минск, Беларусь

Мониторинг сложнапряженных конструкций является одной из существенных современных проблем эксплуатации зданий и сооружений. В данной работе решение задачи мониторинга строительных конструкций рассматривается на примере мостовых сооружений, надежность и безопасность эксплуатации которых, прежде всего, связаны с определением фактических и возможных причин их повреждения и разрушения в период эксплуатации. Правильное определение причин позволяет обосновать необходимую модернизацию сооружения для увеличения ресурса работы, своевременно принять меры по обеспечению безопасности эксплуатации конструкции. Для получения достоверных результатов расчета остаточного ресурса прочности конструкций, эксплуатируемых длительное время, применяют различные методы и средства контроля фактических механических характеристик материала и характеристик его напряженно-деформированного состояния. Однако, наиболее информативными параметрами работоспособности сложнапряженных конструкций являются механические напряжения в материале.

На сегодня важнее всего вовремя обнаружить подготовительный этап процесса разрушения конструкции, связанный с накоплением повреждаемости в материале при длительной эксплуатации. Стадию накопления внутренних механических напряжений и стадию накопления дефектности - образование микротрещин, не обнаруживаются традиционными методами и серийными приборами. Этот процесс можно обнаружить при непрерывном мониторинге динамики работы конструкции и своевременной обработке полученных ре-

зультатов. Однако проведение мониторинга пролетных строений мостов в процессе эксплуатации в настоящее время достаточно сложен и трудоемок, а зачастую и невозможен существующей аппаратурой, так как при мониторинге необходимо устанавливать аппаратуру на длительный срок эксплуатации, и ее работа осуществляется в широком диапазоне климатических условиях.

Необходимость разработки новой системы мониторинга динамики работы мостовых конструкций в реальном режиме времени вызвано тем, что несмотря на высокий уровень развития современных неразрушающих методов и средств диагностики материалов и конструкций у нас и за рубежом, можно констатировать, что на сегодня не только практически отсутствуют средства достоверного определения характеристик напряженно-деформированного состояния материалов эксплуатируемых мостовых сооружениях, но и отсутствуют методики оценки самой достоверности получаемых результатов. Высокая сложность мостов, различный их типаж, различные районы их эксплуатации не позволяют предусмотреть и регламентировать все эксплуатационные параметры, нагрузки и прогнозировать критические ситуации.

Над проблемой создания надежных технических средств для мониторинга эксплуатируемых мостовых сооружений работают многие ученые и организации во всем мире, при этом предлагаются различные системы контроля на базе волоконно-оптических, пьезоэлектрических, ультразвуковых, индуктивных, струнных и др. Однако, на сегодня ни одно из предлагаемых технических решений не может быть взято за основное и можно констатировать, что проблема контроля количественных параметров и качественных признаков состояния мостовых конструкции, в процессе эксплуатации, остается актуальной и требует решения целого комплекса проблем, связанных с обеспечением высокой надежности применяемого оборудования работающего в широком диапазоне внешних воздействий.

ООО «Сенсотроника», резидент парка высоких технологий, УП «Прикладные решения», ГП «БелдорНИИ» на протяжении нескольких лет занимаются разработкой и совершенствованием современных средств и технологий для мониторинга несущих конструкций мостовых сооружений в период строительства и эксплуатации. В результате совместной работы разработана собственная система

мониторинга мостовых сооружений, представляющая собой комплекс аппаратно-программных средств для контроля, интерпретации получаемых результатов, определения параметров объекта и инфраструктуры обеспечивающей их работу, а также хранения результатов контроля и прогнозирования поведения мостовой конструкции. Комплекс аппаратно-программных средств включает в себя высокоточные датчики линейных перемещений закрытого типа, коммуникационную аппаратуру, компьютерное оборудование, а также программное обеспечение для управления средствами сбора, обработки данных, визуализации определяемых параметров, анализа результатов и формирования отчетов и сообщений. Разработанная система мониторинга установлена на нескольких большепролетных мостах Республики Беларусь и свыше двух лет обеспечивает непрерывный поток данных с контролируемых точек на центральный сервер в Минске. Разработанная система мониторинга позволяет контролировать деформации, вызываемые климатическими изменениями и короткопериодическими колебаниями мостовой конструкции.

Компании ООО «Сенсотроника» и УП «Прикладные решения», используя свой многолетний опыт применения системы мониторинга, разрабатывает и реализует интеллектуальные датчики механических напряжений на базе трансформаторных датчиков линейных перемещений во влагозащитном исполнении, обеспечивающим работоспособность системы в любых климатических условиях, отказоустойчивую коммуникационную аппаратуру, программное обеспечение обработки данных, визуализации определяемых параметров и анализа получаемых результатов.

Интеллектуальные датчики механических напряжений, имеют встроенный электронный блок на напряжение питания - 12-27 VDC с цифровым выходом на RS-485. Датчик выполнен в корпусе, защищенном от внешних магнитных полей, влаги и ударов, и обеспечивает минимальную инерционность, высокую линейность и разрешение (Рисунок 1). Система мониторинга сохраняет работоспособность в широком диапазоне температур от -30 °C до +55 °C.



Рис.1. Интеллектуальный датчик механических напряжений, выполненный во влагозащитном корпусе

Интеллектуальные датчики линейных перемещений со встроенным микроконтроллером и электронных блоков сбора и преобразования сигналов обеспечивают следующие требования: диапазон контроля линейных перемещений - 0-1 мм, основная погрешность не более 0,25%; точность измерения  $\pm 2,5$  микрона; интерфейс – аналоговый (0..10В), цифровой (RS-458, USB опционально); напряжение питания 12-27 VDC; потребляемая мощность 3...5 Вт; установка («прошивка») специализированного встраиваемого программного обеспечения.

Датчики линейных перемещений могут устанавливаться в любых контрольных точках элементов моста, на необходимой базе от 40 мм до 500 мм, рисунок 2 а,б.

а)



б)



Рис.2. Интеллектуальные датчики механических напряжений, установленные на верхнем поясе и на опорных элементах моста и закрыты защитным кожухом.

Информация с интеллектуальных датчиков поступает на общий блок сбора обработки и выдачи информации, который также крепится на балке моста (рис. 3).



Рис. 3. Блок сбора обработки и выдачи информации

Питание системы мониторинга осуществляется от специального аккумуляторного блока с электронной системой зарядки от солнечных панелей и ветрогенератора (рис. 4)

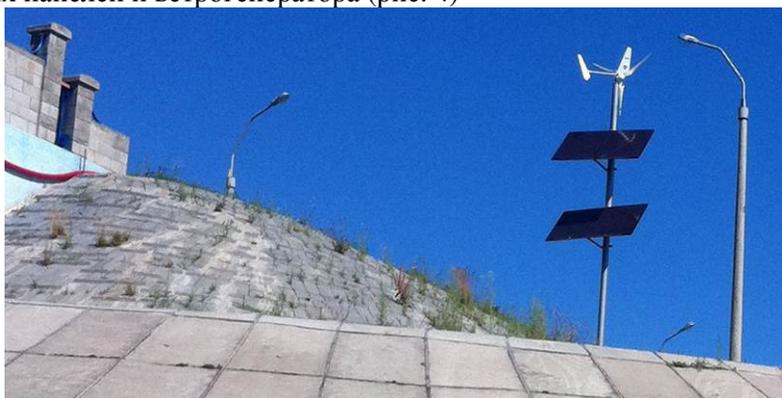


Рис. 4. Установка для автономного питания системы мониторинга с солнечными панелями и ветрогенератора.

Для установки («прошивки») встраиваемого программного обеспечения, отладки автоматизированных систем мониторинга, калибровки датчиков, обеспечения автоматизации и визуализации используется лицензионное программное обеспечение ESS-2012. Специализированное программное обеспечение Embedded software for the Sensor (ESS - 2012) предназначено для встраивания («прошивки») в датчики линейных перемещений. Основная функция данного программного обеспечения заключается в обеспечении преобразования высокоточных линейных механических перемещений в аналоговый и цифровой сигналы. Данное программное обес-

печение автоматизирует съем, дублирование, передачу данных непосредственно с контрольных точек мостового сооружения.

Также применяется специализированное программное обеспечение Sensor Test (ST-2012) для отладки автоматизированной системы мониторинга в целом и калибровки датчиков. Данное программное обеспечение используется для проведения калибровки датчиков, испытаний и отладки автоматизированной системы мониторинга, с учетом информации о конкретном объекте (фактической марки стали и т.п.), в лабораторных (офисных) условиях, до установки системы мониторинга непосредственно на мостовом сооружении, что существенно сокращает временные затраты, уменьшает стоимость услуг, и повышает функциональную надежность работы системы.

Для обеспечения получения информации в режиме реального времени, разработано специализированное программное обеспечение автоматизированного мониторинга мостовых конструкций «ПАВУК-1», с помощью которого обеспечивается: сбор, обработка, хранение данных (1 Hz – данные за последние 8 часов; 1 min – данные за последние 48 часов; 30 min – данные за последние 30 дней; 3 hours – данные за год); автоматизированная сортировка и хранение критических, нетипичных показаний с датчиков в отдельных папках. Данная программа, в случае обнаружения превышения допустимых нагрузок позволяет: сохранение сигналов со всех датчиков с частотой 10Hz за время предшествующее 5 секундам до и 5 секундам после наступления превышения допустимых нагрузок; сохранение данных для не менее 100 последних событий превышения допустимых нагрузок; при наличии подключения к сети интернет, обеспечивает возможность отправки оперативных/экстренных данных на электронную почту и/или мобильный телефон пользователя.

Программное обеспечение «ПАВУК-1» поддерживает объем данных с не менее чем с 48 контрольных точек на сооружении; обеспечивает локальный съем накопленных данных на флеш карту; данные, записываемые на флеш карту в виде файлов совместимых с форматом excel; возможность настройки sms, e-mail оповещения.

Передача накопленных данных осуществляется по каналу беспроводной связи на сервер г.Минска. Обработка накопленной информации осуществляется по мере поступления, с помощью про-

граммного обеспечения системы контроля напряженного состояния пролетных строений. Поступающие данные, их обработка и накопление сохраняются путем сжатия: секундные данные в течении последних 8 часов; минутные в течении в течении 48;30 минутные в течении в течении 30 дней; 3 часовые данные сохраняются в течении 5 лет.

Для удобства наблюдения за изменением динамики механических напряжений на мониторе, графическая информация представляется по сечениям в таком же порядке, как расположены датчики на элементах конструкции моста (рис. 5).

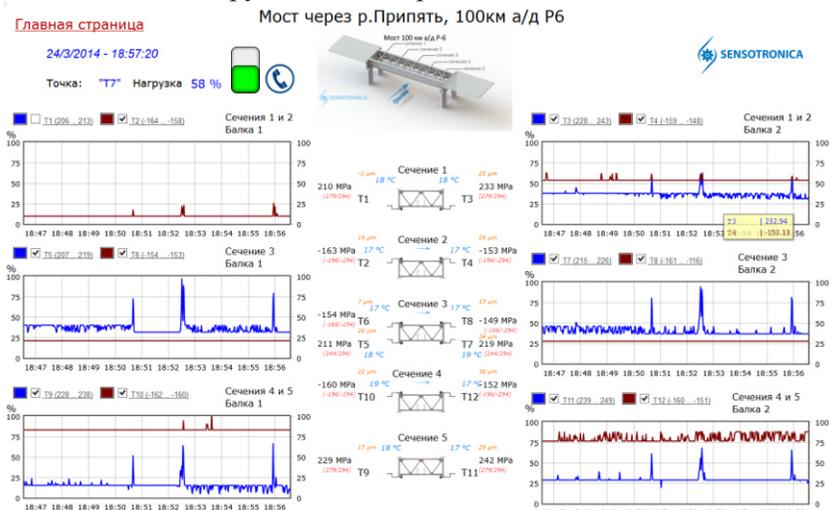


Рис.5.- Представление графической информации в реальном режиме времени с центрального сервера на мониторе компьютера в г. Минске при прохождении потока автомобилей.

Разработанная система допускает возможность дальнейшего развития автоматизированной системы мониторинга в единую республиканскую централизованную систему.

2. Полученные данные, позволяют проанализировать работу каждого сечения во время рабочей эксплуатации и проводить анализ полученных данных для принятия решений по объекту, с учетом установленных влияющих факторов.