

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ РЕКУ КУБАНЬ В КРАСНОДАРЕ

Введение в действие Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 и последовавшего за ним распоряжения правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1047-р, которым утвержден перечень национальных стандартов и сводов правил, обеспечивающих обязательное соблюдение требований ФЗ-384, послужило мощным толчком к проектированию и созданию систем мониторинга инженерных конструкций (СМИК) на вновь возводимых, реконструируемых и капитально ремонтируемых искусственных сооружениях.

В соответствии с регламентными документами, оснащению СМИК подлежат объекты капитального строительства, в проектной документации которых предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик:

- высота более чем 100 м;
- пролеты более чем 100 м;
- наличие консоли более чем 20 м;
- заглубление подземной части (полностью или частично) ниже планировочной отметки земли более чем на 15 м.

Очевидно, что таких объектов проектируется и строится в нашей стране немало, что, соответственно, приводит и к «повышенному спросу» на СМИК. Кроме того, следует отметить, что оснащение системами мониторинга вполне возможно (а в ряде случаев и необходимо) для сооружений, формально не относящихся к категории особо опасных или технически сложных, поскольку принадлежность к этим категориям в основном и происходит путем превышения вышеуказанных характеристик, не учитывая других факторов.

Например, стоит вспомнить о ситуации, возникшей 20 мая 2010 года на мосту через Волгу в Волгограде. Неординарное поведение моста во время воздействия определенных внешних факторов заострило вопрос о контроле состояния конструкций сооружения и в очередной раз убедило, что такой контроль должен быть постоянным и непрерывным, поскольку критические ситуации могут сложиться в любое время.

Задача своевременного определения состояния каждого сооружения, в том

числе и моста, а также изменения этого состояния и возможного прогнозирования поведения конструкций решается на современном уровне с помощью инструментального мониторинга. Одним из примеров его реализации может служить СМИК, запроектированная сотрудниками ОАО «Трансмост», для мостового перехода через реку Кубань в Краснодаре (автодорога Южный подъезд к городу Краснодару от автомобильной дороги А-146 Краснодар – Верхнебаканский).

Объект расположен на автодороге, имеющей техническую категорию магистральной улицы общегородского значения регулируемого движения со следующими характеристиками: протяженность трассы – 1094,47 м; число полос движения – 4 (2+2); расчетная скорость движения – 80 км/ч; расчетная интенсивность движения – свыше 6000 прив. ед./сут.

Мост представляет собой инженерное сооружение схемой 42,0 + 63,0 + 114,0 + 68,0 + 114,0 + 69,0 м со стальным неразрезным пролетным строением комбинированной системы, с центральными

пролетами в виде арки и включенной в совместную работу проезжей части, в виде коробчатых балок с ортотропной плитой. Полная длина моста по задним граням устоя составляет 478,48 м.

СМИК предназначена для выполнения следующих задач:

- автоматизированного мониторинга в непрерывном режиме критически важных параметров функционирования систем инженерно-технического обеспечения, в том числе систем безопасности и строительных конструкций объекта;
- информирования в режиме реального времени о предаварийном, аварийном состоянии систем инженерно-технического обеспечения, в том числе систем безопасности и строительных конструкций объекта.

Как известно, мониторинг конструкций чаще всего проводится по четырем основным параметрам: напряженно-деформированное состояние; уклоны и изгибы конструктивных элементов; ускорения и вибрации; линейные перемещения. Кроме достаточной очевидности, эти параметры также определяются в ряде нормативных документов.

При проведении мониторинга строительных конструкций арочного моста, который является сложнейшим инженерным сооружением, предусматривается определение необходимых параметров различных частей сооружения. Мониторингу подлежат элементы моста, под-



Рис. 1. Визуализация проектируемого моста через р. Кубань в Краснодаре

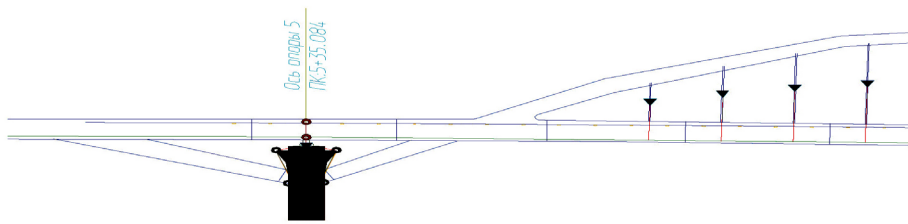


Рис. 2. Элементы моста, оснащаемые СММК

верженные наибольшим нагрузкам и наибольшим изменениям состояния в процессе строительства и эксплуатации: опорные части, пролетное строение, арка, подвески.

Основными параметрами, подлежащими мониторингу, являются: абсолютное и относительное смещение конструкций; динамические параметры (динамический коэффициент), влияющие на износ конструкций; натяжение подвесок; напряженно-деформированное состояние пролетного строения.

Далее рассмотрим элементы строительных конструкций моста и внешние факторы, которые подлежат мониторингу.

Опорные части. Для статической диагностики на каждой опоре устанавливаются два двухосевых датчика наклона – инклинометры, которые определяют уклоны опор. Данная подсистема определяет положение (смещение) опор через уклоны. Сдвиг опор в горизонтальном направлении практически исключен, поэтому их перемещение может носить только характер наклона с неподвижной нижней частью. Кроме того, накопленная статистика позволяет делать вывод об изменении вертикальной и горизонтальной жесткости опор. При динамической диагностике опорных частей трехосевые акселерометры устанавливаются на опорных пластинах каждой опорной части. Данная подсистема определяет реакцию опор на внешние воздействия и используется для оценки динамического коэффициента.

Пролетные строения. Динамическая диагностика пролетных строений осуществляется с помощью двух трехосевых акселерометров, устанавливаемых в середине каждого пролета и предназначенных для определения вибрации. При контроле напряженно-деформированного состояния в местах опирания на опоры пилонов и в серединах пролетных

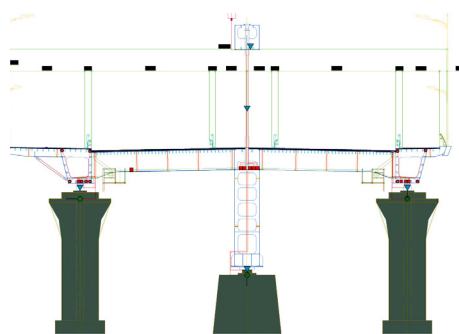


Рис. 3. Система СММК в элементах моста

строений измерение напряжения (деформации) производится посредством датчиков в двух контрольных точках (в верхнем и нижнем поясах). Места опирания, так же как и середины пролетов, являются наиболее нагруженными элементами и, соответственно, максимальными подверженными деформации.

Арка. При динамической диагностике арки в верхней ее части устанавливается трехосевая акселерометр для определения вибрации (динамических нагрузок), как реакция на внешние воздействия.

Подвески. В середине каждой подвески устанавливаются трехосевые акселерометры для определения вибрации, по изменению которой делается вывод о соответствующих изменениях натяжения.

Внешние факторы. Измерениям подлежат температура окружающего воздуха, температура конструкции, скорость и направление ветра, относительная влажность воздуха. Для контроля используются датчики температуры и метеостанция, которая устанавливается на вершине арки. При необходимости возможна установка датчиков снеговой нагрузки, однако это не является актуальным в условиях Краснодара.

Система датчиков позволяет контролировать отклонение от расчетных параметров в режиме реального времени. Сохраненная информация будет доступна для выборки и анализа за любой период проведения измерений. Иерархическая система оповещения выделяет три уровня опасности для последующей

реакции оперативного персонала: нормальная работа, предупреждение и тревога. Визуально уровни оформлены в виде светофора с тремя цветами.

Данные, полученные в результате работы системы, будут доступны не только в АРМ диспетчерского пункта, расположенного непосредственно у моста, но и в удаленном доступе по интернет-сети для любого потребителя информации, имеющего доступ.

Система мониторинга также будет осуществлять непрерывную самодиагностику состояния с выдачей сигналов в случае неисправностей и ведением статистики. Как и в случае основных измерений, информация о сбоях в системе сохраняется в архиве.

СММК имеет также дополнительные возможности: измеряемые значения датчиков ускорения усредняются за определенный период; фильтрация нетипичных данных; уровень сигнала тревоги – интегральный параметр, который учитывает значение ускорения в сочетании с направлением и скоростью ветра в определенном диапазоне; исключение ложных сигналов за счет дублирования датчиков.

Технические и конструктивные решения системы используют современные методы и возможности: измерения с высокой точностью и минимальными погрешностями, учет международных стандартов защиты; неограниченное количество измерительных каналов; минимальное время обновления информации; различные стандарты передачи данных.

Обработка получаемой информации предполагает: визуализацию текущей информации в виде таблиц, диаграмм и графиков; сохранение данных за любой промежуток времени; построение графиков для каждого датчика за любой промежуток времени; выработку решений о безопасности дальнейшей эксплуатации; проверку полученных параметров на соответствие расчетным величинам; сортировку данных по критерию; экспорт данных для математического анализа.

А.А. Белый,
канд. техн. наук, начальник отдела,
К.Ю. Долинский,
начальник группы,
ОАО «Трансмост»