

Информационная система геодезического мониторинга деформаций транспортных сооружений



А. Д. Хомоненко,
доктор техн. наук,
профессор, заведующий
кафедрой «Информационные
и вычислительные
системы», Петербургский
государственный
университет путей
сообщения (ПГУПС)



М. Я. Брын,
канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой
«Инженерная геодезия»,
ПГУПС



А. А. Никитчин,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Инженерная
геодезия», ПГУПС



В. В. Федянин,
ассистент кафедры
«Информационные
и вычислительные
системы», ПГУПС

Безопасность инженерно-технических транспортных сооружений на всем протяжении их эксплуатации может быть обеспечена с помощью систем геодезического мониторинга, позволяющих предотвратить аварийные ситуации. Приборы, автоматически производящие высокоточные пространственные измерения, успешно применяются в настоящее время, дальнейшее же развитие систем мониторинга деформации сооружений требует разработки программных средств глубокого анализа поведения сооружений на основании полученных данных.

В настоящее время резко возрастают требования к обеспечению безопасных условий строительства, реконструкции и эксплуатации инженерно-технических транспортных сооружений. На этапах строительства и реконструкции под воздействием внешних факторов изменяются схема и напряженно-деформированное состояние сооружений, что во многих случаях приводит к необратимым деформациям и разрушению элементов их конструкций.

Поэтому для повышения надежности систем обеспечения безопасных условий строительства, реконструкции и эксплуатации сооружений актуальной является разработка и внедрение централизованной, автоматизированной и постоянно действующей системы, способной осуществлять сбор, систематизацию, хранение, анализ, преобразование, отображение и распространение пространственно-координированных данных о контролируемых элементах сооружений, т. е. информационной системы геодезического мониторинга.

Под мониторингом понимается наблюдение за окружающей средой, представляющей собой динамическую, т. е. постоянно изменяющуюся систему, с целью ее контроля, изучения, прогноза и охраны.

Система геодезического мониторинга транспортных сооружений предназначена для решения следующих задач:

- определение пространственного положения элементов конструкции сооружения и их изменений во времени;

- определение геометрических параметров и выявление причин их изменения;

- выдача предупреждения в случае несоответствия геометрических и динамических характеристик сооружения их проектным значениям;

- автоматизированный процесс анализа контролируемых параметров для определения состояния сооружения и его отдельных элементов с возможностью предотвращения аварийных ситуаций.

Для мониторинга используются приборы, позволяющие получать пространственную измерительную информацию непрерывно и в автоматизированном режиме (спутниковые геодезические приемники, роботизированные электронные тахеометры). Помимо этих классических геодезических приборов используются высокоточные инклинометры. Принцип их работы — оптико-электронная регистрация сигнала внутри прибора, тогда как действие аналогичных устройств основано на регистрации электрических сопротивлений между выводами первичного преобразователя, изменяющихся пропорционально наклону. К достоинству именно оптико-электронного принципа следует отнести тот факт, что он обеспечивает непрерывную регистрацию углов наклона с разрешающей способностью 0,001 мрад.

Несмотря на очевидные достижения, стоит отметить следующие затруднения в применении систем мониторинга деформаций сооружений. Во-первых, в настоящее время отсутствуют детально

задокументированные методы создания таких систем, что препятствует их дальнейшему развитию. Во-вторых, существующие системы мониторинга предусматривают лишь определение критических деформаций конструкций, в то время как поступающей информации достаточно для проведения глубокого анализа поведения сооружений.

Ключевым элементом системы мониторинга является блок обработки получаемых данных. На основании анализа назначаются места и даты контрольных осмотров или проводится необходимое техническое обслуживание для длительной эксплуатации сооружения.

В настоящее время кафедры «Информационные и вычислительные системы» и «Инженерная геодезия» Петербургского университета путей сообщения ведут совместную разработку автоматизированной информационной системы геодезического мониторинга, которая позволит в режиме реального времени решать поставленные задачи.

Чтобы решить проблему локальности системы мониторинга, все дат-

чики подключаются к коммутатору, образуя сеть. Коммутатор, в свою очередь, подключается к промышленному IP-модему, через который происходит опрос датчиков. Все функции сбора, обработки и анализа данных возложены на виртуальный сервер любого платного хостинга.

Весь программный комплекс функционирует круглосуточно, с помощью php-сценариев осуществляя опрос сенсоров и запись данных в базу. Для пользователя системы разработано веб-приложение, основанное на технологии клиент-сервер, что делает возможным распределение функций вычислительной системы между несколькими независимыми компьютерами в сети и упрощает обслуживание вычислительной системы. В частности, замена, ремонт, модернизация или перемещение сервера не затрагивают клиентов. Все данные хранятся на защищенном сервере, где проще обеспечить контроль полномочий, чтобы разрешать доступ к данным только клиентам с соответствующими правами доступа.

Система позволяет объединить различные клиенты. Использовать ресурсы одного сервера могут клиенты с разными аппаратными платформами, операционными системами.

Для уменьшения расходов на инфраструктуру информационных технологий и гибкого реагирования на изменения вычислительных потребностей используется облачный подход. Это позволяет усложнять математическую модель информационной системы без каких-либо изменений в технических требованиях к клиентам и ЭВМ, с помощью которых происходит управление системой мониторинга.

Программное обеспечение мониторинга, находящееся на сервере, осуществляет:

- связь с сенсорами на точках мониторинга, контроль их работы, настройку внутренних параметров;
- прием потока данных, обработку и вычисление параметров;
- формирование разностей величин пространственных смещений точек мониторинга;

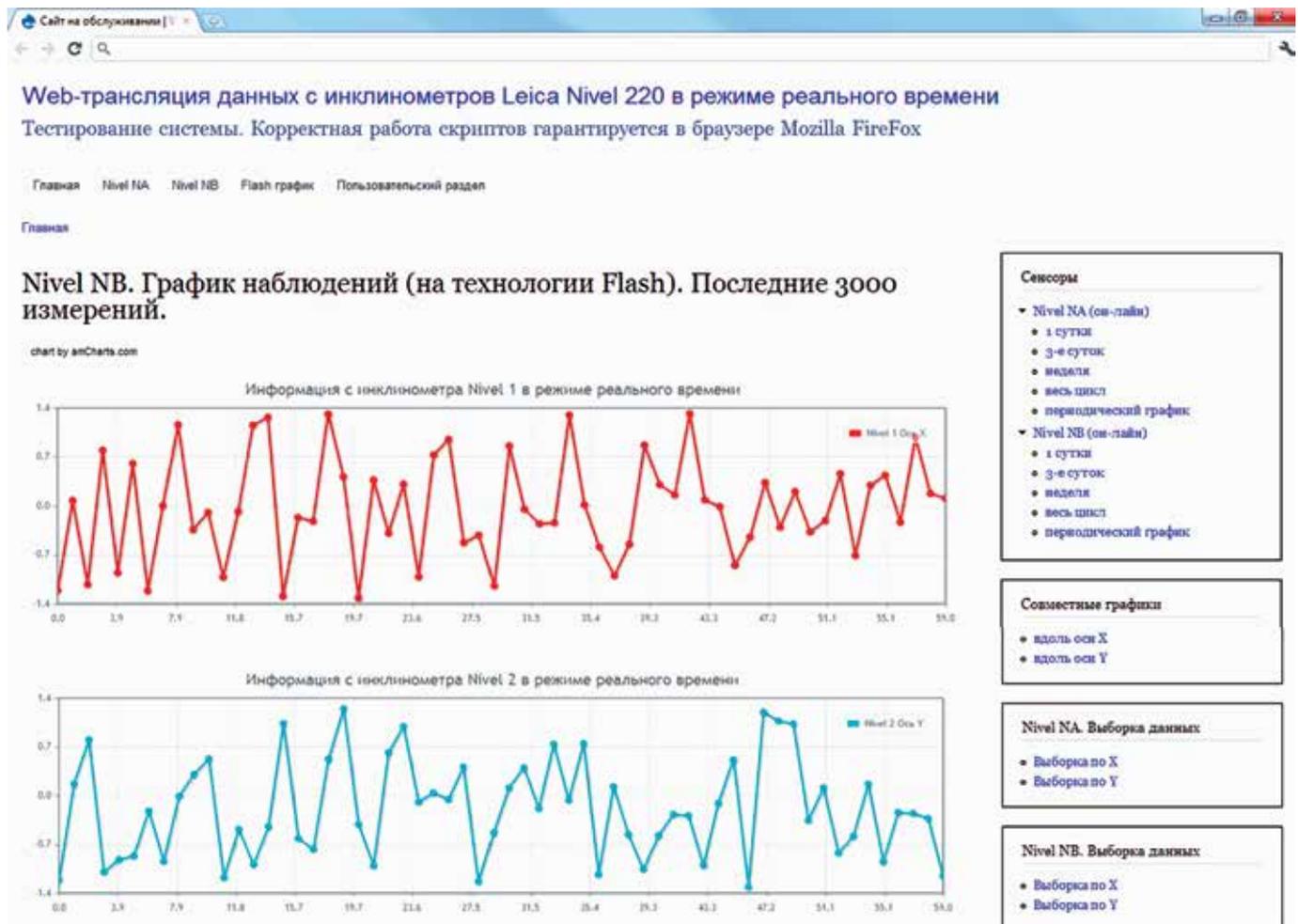


Рис. 1. Интерфейс Информационной системы геодезического мониторинга состояния моста

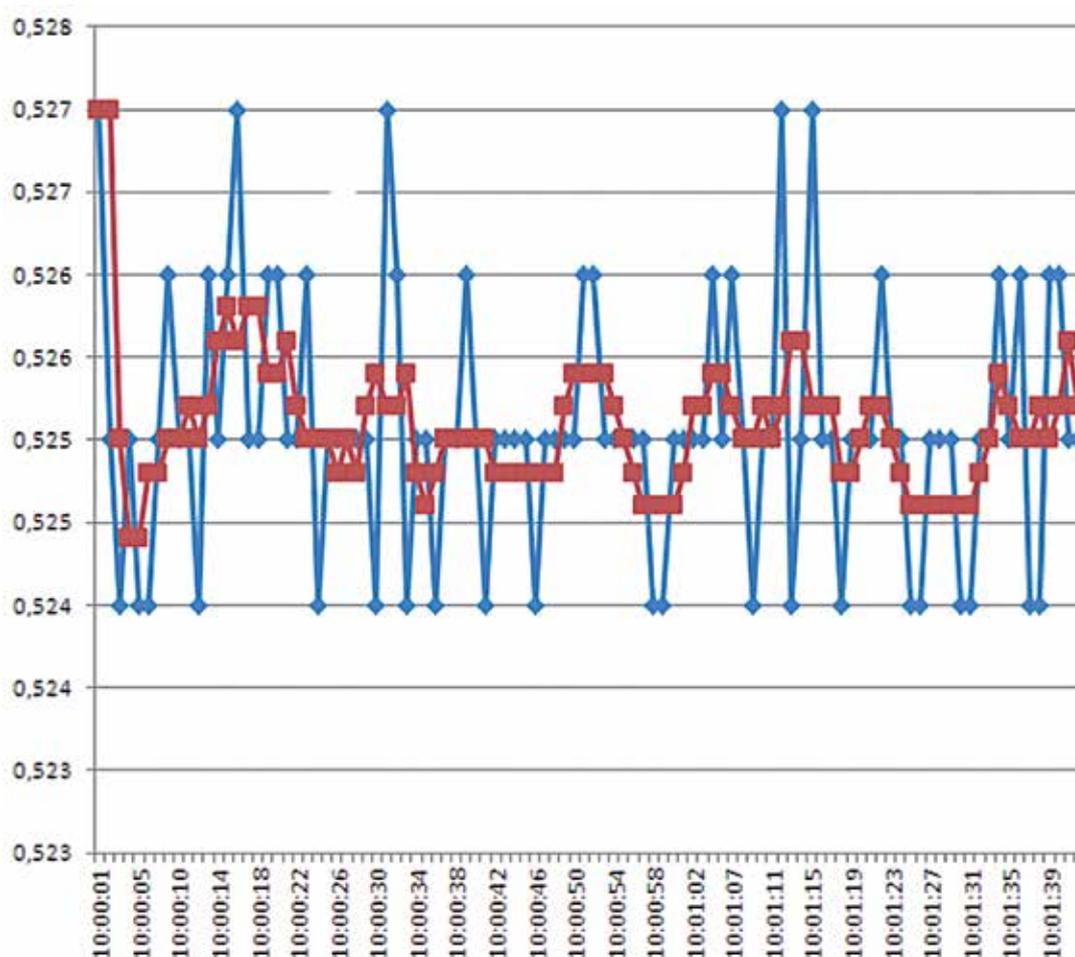


Рис. 2. Результаты регрессионного анализа

- вычисление геометрических параметров и выявление причин их изменений;
- создание графиков и файлов с отчетами о координатах и смещениях во времени и пространстве контролируемых точек мониторинга; о геометрических параметрах и динамических характеристиках; об изменении параметров внешних воздействий; визуализацию результатов спектрального анализа;
- архивирование и хранение сырых спутниковых данных;
- формирование периодических отчетов о состоянии сооружений, автоматизированную рассылку (по электронной почте, SMS) информации о критических смещениях должностным лицам для предупреждения критических и чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, все этапы от сбора информации до выполнения математического анализа любой сложности происходят на сервере, «облачно».

В настоящее время реализованная информационная система позволяет решать поставленные задачи. Фрагмент интерфейса web-приложения представлен на рис. 1. При разработке системы

использовались следующие средства: php5, JavaScript, AJAX, Flash.

Сейчас идет разработка единого алгоритма, способного осуществлять комплексный автоматизированный контроль над совокупностью измеряемых параметров.

Система предусматривает выполнение автоматического анализа данных, а именно проведение регрессионного и корреляционного анализа в различных вариантах. В качестве простейшего инструмента регрессионного анализа часто применяется фильтрация по методу Савицкого — Голая (рис. 2).

На рис. 2 представлены данные, полученные от высокоточного инклинометра Nivel 220 и представляющие отклонения датчика вдоль одной из осей в миллирадианах (синяя линия), а также результат регрессии в реальном времени (красная линия).

Внедрение автоматизированной информационной системы геодезического мониторинга состояния мостов позволяет повысить уровень контроля над техническим состоянием и безопасностью эксплуатации объектов, осуществлять сво-

временный ремонт и информирование ответственных должностных лиц, снизить риски, связанные с временным или полным выходом сооружений из строя. ■

Литература

1. Брынь М. Я., Никитчин А. А., Толстов Е. Г. и др. Геодезический мониторинг деформаций вантовых мостов на основе спутниковых технологий // Изв. Петербургского гос. ун-та путей сообщения. 2009. № 2 (19). С. 120–128.
2. Никитчин А. А., Толстов Е. Г., Евстафьев О. В. и др. О мониторинге деформаций инженерно-технических сооружений на основе спутниковых технологий // Тр. IX науч.-практич. конф. «Безопасность движения поездов». М.: МИИТ, 2008. С. IX-15 – IX-16.
3. Никитчин А. А. О совершенствовании методики анализа и интерпретации спутниковых геодезических измерений в системах мониторинга вантовых мостов // Геодезия и картография. 2009. № 4. С. 34–36.
4. Геодезические работы в строительстве: СНиП 3.01.03–84. М.: Стройиздат, 1985. 23 с.