

АСУ ИССО — гордость сибирского университета

С.А. БОКАРЕВ, докт. техн. наук, профессор, проректор по научной работе СГУПС

А.Н. ЯШНОВ, канд. техн. наук, доцент, заместитель зав. кафедрой «Мосты» СГУПС

А.А. ДМИТРИЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент, начальник управления научно-исследовательской работой СГУПС

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС) — один из крупнейших в России научно-образовательных центров. В настоящее время научные исследования в университете ведутся по 19 научным направлениям, актуальность которых определяется научными интересами конкретных ученых, работающих в вузе, потребностями региона, железных дорог и т.д. Деятельность научных школ осуществляется в рамках 5 научно-исследовательских центров и 20 научно-исследовательских лабораторий и групп.

Сегодня университет — это один из ведущих на железнодорожном транспорте разработчиков в области диагностики пути, искусственных сооружений и технических средств; технологии восстановления и ремонта деталей и узлов подвижного состава; ресурсо- и энергосберегающих технологий и оборудования; перевозок опасных грузов и ликвидации аварийных ситуаций; информационных технологий и др.

Лидирующую позицию в прикладных научных исследованиях, выполняемых в СГУПС, сейчас занимает научно-исследовательская лаборатория «Мосты», обеспечивающая стабильный рост объемов прикладных научных исследований, подготовку высококвалифицированных кадров как для СГУПС, так и для других университетов.

Одной из наиболее значимых разработок последних лет стало создание автоматизированной информационно-аналитической системы управления техническим состоянием искусственных сооружений (АСУ ИССО), внедренной на всей сети железных дорог России, а также в ряде стран ближнего зарубежья.

В АСУ ИССО входит ряд подсистем, позволяющих решать как различные инженерные задачи (определение грузоподъемности сооружений и условий пропуска по ним нагрузок), так и задачи обработки информации с подготовкой стандартных и произвольных выходных форм. С помощью АСУ ИССО можно оптимизировать процесс принятия решений по ремонтам и содержанию сооружений на основе их фактического состояния. В рамках АСУ П

создана и успешно внедрена также и АСУ ЗП, позволяющая вести учет конструкций и дефектности сооружений земляного полотна. Необходимость обеспечения функционирования АСУ ИССО на всех уровнях управления содержанием инженерных сооружений (ОАО «РЖД» — Управление железных дорог — дистанции пути) определила ее сетевую архитектуру с использованием трехзвенной клиент-серверной технологии.

Эффективность АСУ ИССО и ЗП, подтвержденная на сети железных дорог, была определена и тем, что в процессе внедрения сформированы базы данных по инженерным сооружениям (более 80 тыс. мостов, тоннелей, водопропускных труб и др.) в объеме, необ-

ходимом для принятия обоснованных решений по их содержанию и ремонту. Этап наполнения баз данных информацией выявил пути совершенствования содержания искусственных сооружений с использованием новых информационных технологий. Был отмечен ряд недостатков при использовании стационарных персональных компьютеров (например, при сопряжении информационных потоков между корпоративным информационным пространством ОАО «РЖД», включающим АСУ ИССО, и практическими результатами диагностики технического состояния сооружений).

Наличие подобных «несстыковок» обусловлено информационной изоляцией специалистов, работающих в полевых условиях. Внедрение мобильных устройств, способных обеспечить автономную работу специалистов — это один из способов решения данной проблемы. В настоящее время наибольший интерес представляют карманные персональные компьютеры (КПК), позволяющие работать автономно в активном режиме около 10 часов или до 70



Рис.1. Малогабаритная автоматизированная измерительная система «Тензор МС».

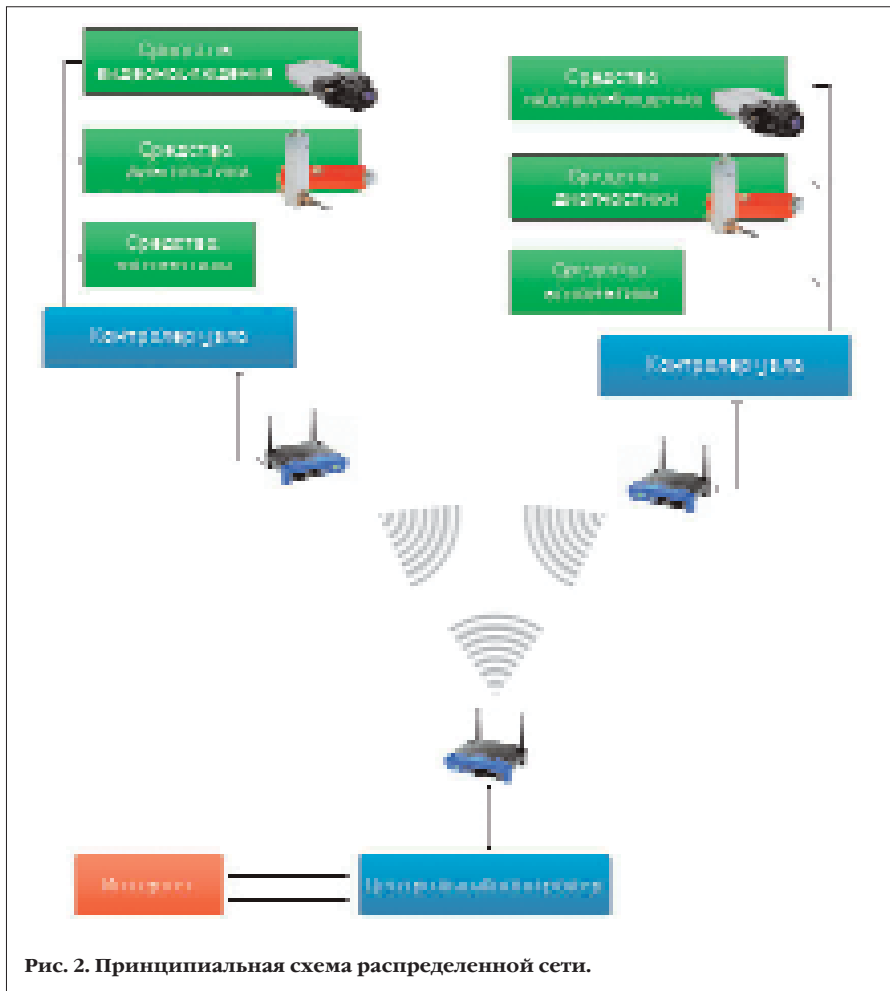


Рис. 2. Принципиальная схема распределенной сети.

часов в режиме ожидания. С помощью таких устройств можно обеспечить доступ специалиста, работающего в полевых условиях, в единое информационное пространство ОАО «РЖД». При этом возможно два принципиально разных подхода:

- доступ в реальном времени — мобильные пользователи имеют постоянное подключение к корпоративной сети передачи данных;
- сессионный доступ — на мобильном устройстве хранится копия всех необходимых данных, редактирование данных на сервере происходит после подключения мобильного устройства к корпоративной сети.

Технические возможности для организации доступа в реальном времени пока ограничены. Но сессионный доступ может быть внедрен в полном объеме — создана версия программного обеспечения АСУ ИССО (м), предназначенная для эксплуатации на платформе КПК Pocket PC под управлением операционной системы Windows Mobile компании Microsoft. В перспективе дальнейшее развитие функций мобильного приложения с предоставлением пользователям сетевых сервисов и использованием воз-

можностей системы глобального позиционирования.

Для повышения объективности вводимой информации предусмотрено подключение к КПК мобильных автоматизированных диагностических систем. В НИЛ «Мосты» создана малогабаритная измерительная система «Тензор МС», обеспечивающая связь с КПК по беспроводным каналам. Общий вид системы показан на рис. 1.

Подобные системы, включаемые в АСУ ИССО, позволяют фиксировать в процессе диагностических работ и заносить в базу данных различные параметры, характеризующие техническое состояние искусственного сооружения (прогибы под временной нагрузкой, напряжения в отдельных элементах, величину динамического коэффициента, частоты собственных колебаний и др.). Фактически организуется система периодического мониторинга, позволяющая существенно снизить риск возникновения аварийных ситуаций и повысить безопасность движения поездов. При этом под мониторингом технического состояния искусственного сооружения понимается система наблюдений за напряженно-деформированным сос-

тоянием (НДС) конструкции, направленная на обеспечение сохранения его функциональных потребительских свойств в заданных пределах в определенном интервале времени. Мониторинг может осуществляться как непрерывно, так и периодически.

Следует отметить, что систему мониторинга, особенно на больших и внеклассных сооружениях, необходимо внедрять уже на этапе строительства.

Как известно, одной из возможных причин снижения начального уровня надежности сооружения вплоть до отказа являются ошибки, которые могут быть допущены уже при строительстве, а в процессе эксплуатации происходит дальнейшее развитие имеющихся дефектов и возникновение и накопление различного рода новых повреждений. Для оценки их действительной опасности необходимо отслеживать динамику развития неисправностей. Организация в процессе научно-технического сопровождения строительства системы мониторинга с фиксацией начального уровня технического состояния сооружения позволит обеспечить высокий уровень безопасности движения поездов с контролем величины пропускаемых нагрузок и изменения напряженно-деформированного состояния конструкций моста при эксплуатации.

Примером такого решения может служить организация в настоящее время научно-технического сопровождения строительства внеклассного моста через реку Обь. Основанием для выполнения работ является необходимость обеспечения высокого качества строительно-монтажных работ по сооружению внеклассного моста с нетиповыми конструкциями пролетных строений в сложных климатических, инженерно-геологических и гидрологических условиях.

Для организации научно-технического сопровождения строительства с последующей реализацией системы мониторинга необходимо решить четыре основные задачи. Это организация контроля качества производства работ и соблюдения технологий; мониторинг напряженно-деформированного состояния конструкций в процессе строительства; подготовка и проведение испытаний моста при приемке в эксплуатацию; разработка проекта мониторинга технического состояния моста при эксплуатации.

Причем первые две задачи должны быть решены уже на этапе научно-технического сопровождения. Их решение подразумевает:

1. Контроль качества производства работ и соблюдения технологий:

- контроль соблюдения технологии строительства по этапам, в том числе на основе применения современных информационных технологий с оценкой качества выполненных работ;
- обеспечение электронного документооборота проектной и технической документации, включая результаты наблюдений;
- участие в решении технических вопросов, возникающих в процессе строительства.

Оборудование, расположенное на сооружении, объединяется в беспроводную распределенную сеть, информация с различных источников (датчики системы диагностики, видеокамеры и т.д.) передается через публичную (Интернет) или корпоративную (например, СПД ОАО «РЖД») сеть на удаленный компьютер диспетчера, где происходит их обработка.

Например, для подсистемы контроля напряженно-деформированного состояния информация от средств диагностики (сигналы различных датчиков) передается на диспетчерский компьютер, где происходит оценка состояния сооружения на основе сравнения полученной информации и данных математической модели сооружения. На первом этапе развертывания системы научно-технического сопровождения передача информации производится на карманные персональные компьютеры типа Pocket PC, которыми оснащены специалисты НИЛ «Мосты», осуществляющие наблюдения.

Для обеспечения высокой степени технологической устойчивости системы контроля оптимальным вариантом может стать объединение различных (рас-

положенных на сооружении) средств наблюдения, диагностики и управления в беспроводную распределенную сеть (рис. 2). Распределенная сеть на сооружении строится по следующему принципу — все средства наблюдений объединяются в локальные узлы. Каждый узел имеет собственное питание, а также контроллер (специализированный компьютер). Задача контроллера — аккумулировать информацию с подключенных к нему устройств и передавать данные на центральный контроллер системы по беспроводной сети. Описанный принцип построения системы позволяет защитить данные при нарушениях питания и линий связи. В этом случае каждый узел способен самостоятельно работать и сохранять информацию на запоминающем устройстве контроллера узла в течение определенного времени.

2. Мониторинг напряженно-деформированного состояния конструкций в процессе строительства:

- фиксация в процессе строительства пространственного положения опор в целом и их отдельных элементов;
- систематический контроль изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) пролетных строений во время монтажа;
- наблюдение за изменением рельефа русла р. Обь в районе мостового перехода до и после строительства моста для контроля местных размывов;
- контроль установки опорных частей в проектное положение (в плане и по высоте);
- контроль натяжения высокопрочных болтов;
- геодезические измерения профиля и плана пролетных строений.

Приведенная на рис. 2 система организации контроля качества в полной мере применима и для организации мониторинга напряженно-деформированного состояния.

Фиксация в процессе строительства пространственного положения опор выполняется с целью выявления долговременных процессов возможных перемещений опор относительно других объектов. Для этого на подферменных площадках опор закрепляются специальные металлические марки. Необходимые измерения в процессе сооружения моста выполняются два раза — после сооружения всех опор и перед сдачей моста в эксплуатацию. Измерения могут быть осуществлены спутниковой аппаратурой геодезического класса Trimble 5700 с абсолютной погрешностью измерений:

- в плане — 3 мм + 1,5 мм
- по высоте — 5 мм + 1,5 мм

При этом математическая обработка результатов измерений производится в фирменном программном продукте Trimble Geomatic Office 1.6, позволяющем учесть систематические ошибки определения координат.

Изменение НДС конструкций в процессе монтажа осуществляется двумя независимыми системами измерений для обеспечения достоверности результатов. Механическая система реализуется на базе деформометров-компараторов с индикаторами часового типа (рис. 3). В тензометрической системе НДС конструкций фиксируется автоматизированной измерительной системой «Тензор-МС» на базе карманных персональных компьютеров Pocket PC с беспроводной связью с измерительным блоком (рис. 4). В качестве измерительных датчиков используются наклеиваемые тензометры в отличие от съемных тензометров, показанных на рис. 1. Датчики подключаются к измерительному блоку через специальные кабели (рис. 4). Измерительный блок может постоянно находиться на конструкции в процессе монтажа и непрерывно фиксировать изменение параметров конструкции или подключаться периодически для съема информации на наиболее ответственных этапах строительства.

Контроль установки опорных частей в проектное положение осуществляется при помощи мерного инструмента и отвесов на этапе завершения строительства перед сдачей моста в постоянную эксплуатацию. Контроль натяжения высокопрочных болтов с помощью динамометрических ключей проводится по мере монтажа пролетных строений. Необходимые геодезические наб-



Рис. 3. Механическая система для контроля НДС, установленная на верхнем поясе строящегося моста через р. Обь в г. Камень-на-Оби.

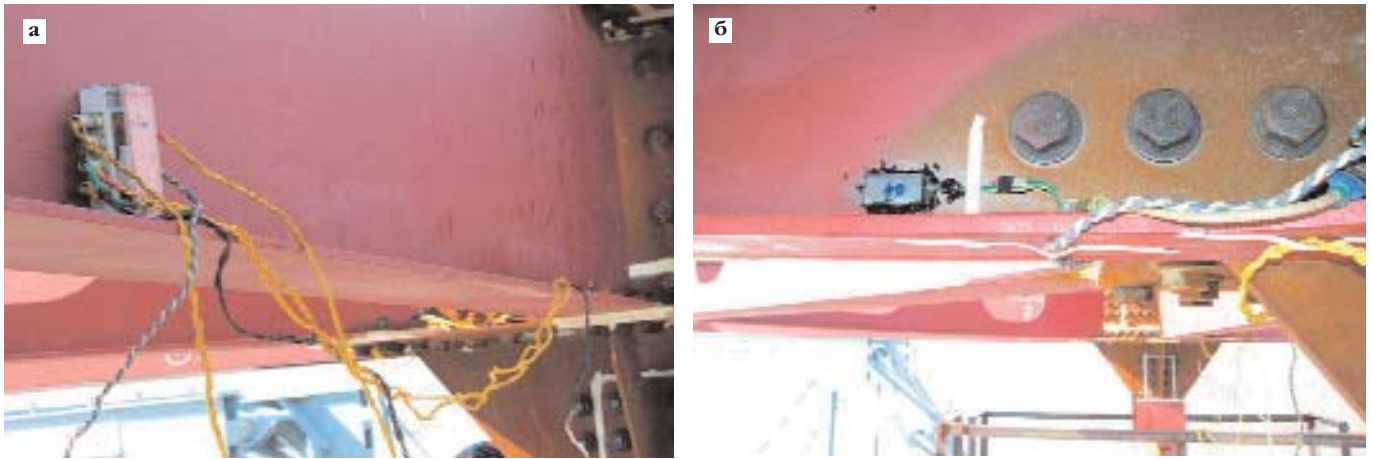


Рис. 4. Тензометрическая система контроля НДС, установленная на верхнем поясе строящегося моста через р. Обь в г. Камень-на-Оби: а) измерительный блок; б) несъемный тензометр.

людения в процессе строительства осуществляются с помощью нивелиров SOKKIA B20, имеющих автоматический компенсатор с магнитным демпфером.

3. Испытание моста при приемке в эксплуатацию:

- разработка программы испытаний;
- создание пространственной конечно-элементной расчетной модели моста с корректировкой по результатам мониторинга НДС конструкций в процессе монтажа;
- предсдаточное обследование мостового перехода;
- испытание основных конструкций моста перед сдачей в эксплуатацию;
- корректировка расчетной модели моста по результатам испытаний для организации мониторинга работы конструкций в процессе эксплуатации;
- оценка технического состояния моста по результатам испытаний.

Перед проведением испытаний предусмотрено детальное обследование основных элементов моста. Основная цель — установление соответствия сооружения проекту и требованиям СНиП 3.06.04-91 и возможности загрузки испытательной нагрузкой. Основные виды выполняемых при обследовании работ следующие: ознакомление с технической документацией, осмотр сооружения, контрольные измерения и инструментальные съемки.

Основная задача осмотра сооружения — выявление неисправностей, которые могут оказать влияние на проведение испытаний, а также дефектов и повреждений, которые могут снизить эксплуатационные качества сооружения.

Должно быть предусмотрено выполнение следующих контрольных измерений: проверка генеральных размеров сооружения (основные габариты, размеры деформационных швов, пра-

вильность установки опорных частей); определение качества материалов с помощью неразрушающих методов (склерометрические и ультразвуковые исследования); проверка величины натяжения высокопрочных болтов.

Геодезические измерения предусматриваются в следующем объеме:

- нивелирная съемка продольного профиля металлических пролетных строений после монтажа;
- съемка плана пролетных строений;
- повторные нивелировки продольного профиля до и после проведения испытаний для выявления возможных остаточных деформаций конструкции.

Работы по испытанию моста выполняются после завершения работ по научно-техническому сопровождению строительства моста и с учетом их результатов. Предсдаточные обследования и испытания позволяют объективно оценить техническое состояние моста перед сдачей в постоянную эксплуатацию. По результатам испытаний могут быть получены параметры, характеризующие исходное техническое состояние моста и его фактическую работу при статическом и динамическом приложении нагрузки. В первую очередь к ним относятся прогибы пролетных строений, собственные частоты колебаний, напряженное состояние отдельных наиболее нагруженных элементов. Результаты испытаний могут служить основой для организации системы мониторинга.

4. Разработка проекта мониторинга технического состояния моста при эксплуатации:

- методика проведения мониторинга;
- выделение контролируемых параметров;

- техническое обеспечение мониторинга.

Системы мониторинга состояния мостов разработаны и функционируют в США, Японии, Швейцарии и других странах, а в последнее время и в России появились подобные разработки. Совершенствование систем мониторинга технического состояния конструкций на стадии эксплуатации — актуальная задача, решение которой обеспечивает повышение эксплуатационной надежности.

Выполнение научно-технического сопровождения специалистами НИЛ «Мосты» на строящемся уникальном мостовом сооружении является подтверждением традиционно крепкого научно-технического сотрудничества между Западно-Сибирской железной дорогой и Сибирским государственным университетом путей сообщения. Практически во всех хозяйствах дороги используются наработки института в области разработки и внедрения диагностических комплексов нового поколения, технологий определения остаточного ресурса, восстановления, повышения надежности, продления срока службы технических средств, создания экологически безопасных отечественных технических средств и технологий. Внедрение новых разработок способствует повышению качественных показателей работы дороги.

Выполняемые в университете научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы находят широкое применение не только на предприятиях железнодорожного транспорта, но и на предприятиях Новосибирска и Новосибирской области. В рамках грантов мэрии и администрации НСО сотрудники университета выполняют научно-исследовательские работы, участвуют в различных конкурсах.