

НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРИ РЕМОНТЕ КАК ПОДСИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОСТОВ

В статье приведены результаты обследований и испытаний автодорожных мостов в Кемеровской области, выполненных в процессе проведения ремонтных работ на этих объектах, даны примеры долговременных системных наблюдений за состоянием ремонтируемых мостов. Обследования и испытания мостов рассматриваются как элементы научного сопровождения, которое, в свою очередь, может быть представлено как подсистема мониторинга изменения технического состояния при эксплуатации. Цель проведенных исследований — обеспечение надежности и безопасности функционирования мостов при эксплуатации.

Отечественный и мировой опыт доказывает необходимость научного сопровождения процесса создания не только уникальных, но и всех сложных и особо ответственных сооружений [1]. Причем речь идет не об инженерном сопровождении, основная задача которого — обеспечение удовлетворяющего требованиям проекта и нормативно-технической документации качества строительно-монтажных работ, а именно о научном сопровождении, когда в ходе строительства выявляются новые, неучтенные в проекте ситуации и возникает необходимость исправления или совершенствования проекта. Цель научного сопровождения — оперативная корректировка хода строительно-монтажных работ с минимизацией рисков применения морально устаревших или недостаточно обоснованных решений. Научное сопровождение должно компенсировать традиционное отставание нормативной базы строительства от темпов научно-технического прогресса.

Научное сопровождение для повышения качества и безопасности необходимо и при выполнении ремонтных работ на таких технически сложных объектах, как мосты, может быть, даже в большей степени, чем при строительстве. Это связано с тем, что каждое сооружение в дополнение к своим конструктивным особенностям в процессе эксплуатации получает еще и свой набор неисправностей, которые должны быть устранены при ремонте для приведения транспортно-эксплуатационных качеств сооружения в соответствие с нормативами.

Требуемая надежность, как один из основных показателей качества, закладывается на этапе проектирования. Но жизненный цикл конструкции включает в себя также этапы изготовления и монтажа элементов сооружения и эксплуатации (содержания, ремонта, реконструкции). Самым продолжительным, определяющим потребительские качества сооружения, является эксплуатационный этап. Именно на этом этапе происходит снижение надежности и развивается процесс накопления повреждений, который может в конечном итоге привести к отказу конструкции. Конечный результат эксплуатации в существенной мере обусловлен деятельностью человека. Одним из возможных путей уменьшения влияния субъективных факторов и обеспечения требуемой надежности в течение всего срока службы является организация в дополнение к техническому надзору научного сопровождения.

Научное сопровождение рассматривается нами как подсистема мониторинга технического состояния сооружений. Под мониторингом понимается специально организованное систематическое наблюдение за техническим состоянием с целью его контроля, оценки и прогноза изменений. Результаты мониторинга

дают возможность вносить необходимые корректировки по управлению техническим состоянием для обеспечения требуемой надежности сооружения. Научное сопровождение следует организовывать на наиболее ответственных стадиях эксплуатации, к которым можно отнести выполнение ремонтных работ. Многие заказчики в настоящее время понимают, что вероятность получения положительного эффекта от ремонта существенно повышается при привлечении научных организаций. В качестве примера эффективности научного сопровождения можно привести взаимодействие НИЛ «Мосты» СГУПСа с Кемеровской дирекцией областного дорожного фонда, выступающей в качестве заказчика работ.

Анализ изменения технического состояния автодорожного моста через р. Искитимка в г. Юрга Кемеровской области

В 1976 г. в аварийном порядке мост балочно-разрезной системы по схеме 9,8 + 11,62 + 12,2 + 8,7 м (рис. 1) был построен воинской частью как временное сооружение по проекту, выполненному трестом «Юргавромстрой» Главкузбастроя. Полная длина моста — 58,9 м при ширине проезжей части в среднем около 6,2 м и двух тротуарах по 1,2 м. Опоры моста массивные, бетонные, полносборные, на естественном основании. Пролетные строения представлены каждое шестью главными металлическими балками, на которые уложены сборные железобетонные плиты проезжей части, не включенные в совместную работу с главными балками. Первое обследование было выполнено в 1999 г., второе — в 2005 г. При обследовании получаемые результаты фиксировались в разработанной в СГУПСе [2] базе данных АИС ИССО, что позволило объективно сравнить техническое состояние объекта в разные периоды и сделать обоснованный прогноз дальнейшего изменения дефектности.

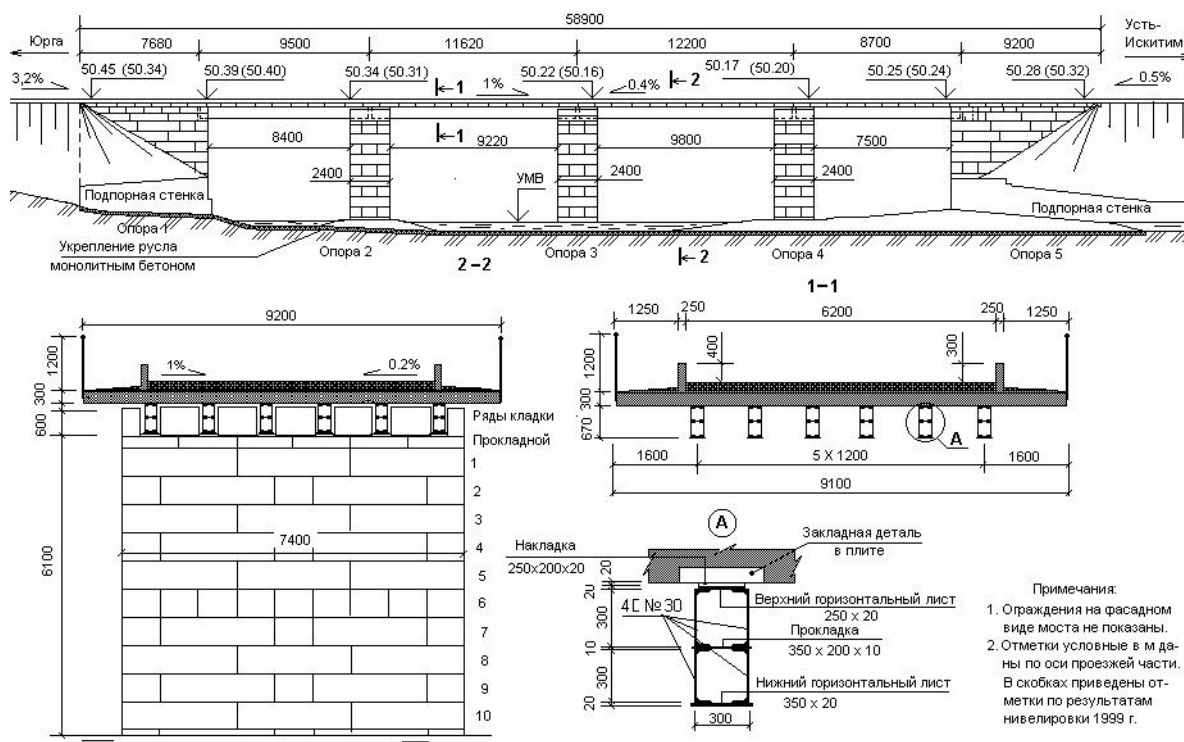


Рис. 1. Схема моста через р. Искитимка в г. Юрга

По результатам первого обследования был сделан вывод — мост нуждается в срочном капитальном ремонте по специально разработанному проекту. Соответствующий проект был разработан Новосибирским филиалом ОАО «Институт Гипростроймост» только в 2003 г., и только в 2005 г. встал вопрос о выполнении ремонтных работ. Однако по результатам второго обследования сделан вывод, что за прошедшее время техническое состояние моста существенно ухудшилось. С учетом изменения технического состояния моста за прошедший период был выполнен анализ принятых в проекте капитального ремонта решений.

В результате выявлено следующее.

1. С момента первого обследования эксплуатация моста осуществлялась без надлежащего выполнения работ по уходу и профилактике, за исключением ремонта асфальтобетонного покрытия на мосту и подходах.

2. За прошедший период произошло существенное ухудшение технического состояния сооружения. В первую очередь это относится к несущим конструкциям пролетных строений. Процесс морозного разрушения бетона плит проезжей части достиг необратимых пределов. Неокрашенные опорные участки металлических балок подвержены сплошной коррозии. Морозное разрушение бетона сборных блоков тела опор прогрессирует как по площади, так и в глубину, особенно на нижних смачиваемых участках опор. Отмечено существенное увеличение раскрытия трещин отрыва обратных стенок в устоях. На рис. 2 приведены хранящиеся в базе данных цифровые фотографии, иллюстрирующие процесс разрушения плит проезжей части.

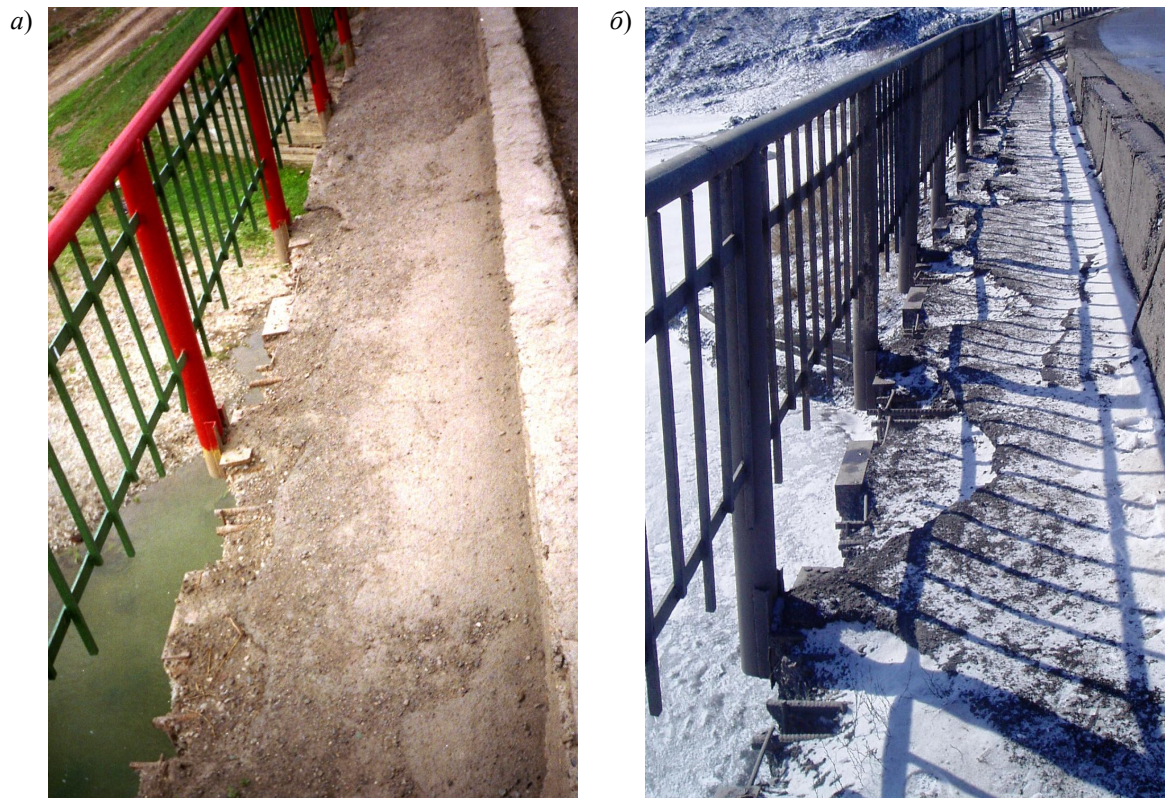


Рис. 2. Разрушение плиты проезжей части:
а — съемка 1999 г.; б — съемка 2005 г.

3. Сравнение относительного положения закладных деталей в железобетонных плитах проезжей части над опорой № 3 свидетельствует, что крен опоры не стабилизировался. На этой опоре отмечено увеличение поперечного перекаса плит проезжей части на 2 см по сравнению с предыдущим обследованием.

4. Обеспечить восстановление долговечности основных несущих конструкций в результате выполнения капитального ремонта на срок более 10–15 лет при зафиксированном ухудшении технического состояния невозможно.

Согласно экспертному заключению стоимость строительства нового моста составляет в ценах 1984 г. 441,2 тыс. р., а стоимость ремонта по проекту — 347,3 тыс. р. Для более полного сравнения по экономическим показателям необходимо учитывать эффективность отдаления капитальных затрат и дополнительные затраты, вызванные ограничениями в движении. Соответствующая методика определения экономической эффективности разработана в НИИ мостов ЛИИЖТа [3] и предполагает сравнение вариантов ремонта и замены по приведенным затратам, определяемым по формулам:

— при ремонте с учетом необходимости последующей замены сооружения (вариант ремонта по разработанному проекту)

$$C_{\text{пр}}^{\text{р}} = K_0^{\text{р}} + K_0^{\text{с}} / (1 + E_{\text{нп}})^t + C_{\text{э}}^{\text{р}};$$

— при непосредственной замене сооружения (вариант строительства нового сооружения)

$$C_{\text{пр}}^{\text{р}} = K_0^{\text{с}} + C_{\text{э}}^{\text{с}},$$

где $K_0^{\text{р}}$, $K_0^{\text{с}}$ — единовременные затраты на ремонт и строительство ($K_0^{\text{р}} = 441,2$ тыс. р., $K_0^{\text{с}} = 347,3$ тыс. р.); $1/(1 + E_{\text{нп}})^t$ — коэффициент приведения затрат; t — срок службы моста после ремонта ($t = 10\text{--}15$ лет); $E_{\text{нп}}$ — норматив для приведения разновременных затрат ($E_{\text{нп}} = 0,08$); $C_{\text{э}}^{\text{с}}$, $C_{\text{э}}^{\text{р}}$ — ежегодные эксплуатационные расходы (очевидно, что $C_{\text{э}}^{\text{р}} > C_{\text{э}}^{\text{с}}$, так как даже при условии равенства нормативных работ по содержанию, дополнительные затраты на профилактику и планово-предупредительные работы для старого сооружения будут больше, чем для нового [4]).

Расчеты по приведенным формулам свидетельствуют — ремонт будет экономически оправдан при обеспечении срока службы сооружения после ремонта не менее двадцати лет, что при сложившемся техническом состоянии нельзя гарантировать. При прогнозируемом сроке службы после ремонта 10–15 лет приведенные затраты на строительство нового моста будут меньше на 50–110 тыс. р. (в ценах 1984 г.).

Результаты обследования моста через р. Искитимка в г. Юрге и технико-экономический анализ рабочего проекта капитального ремонта с учетом изменения фактического технического состояния сооружения позволили сделать вывод о нецелесообразности выполнения капитального ремонта. Рекомендовано запроектировать и построить новый автодорожный мост, удовлетворяющий современным требованиям для сооружения на автодороге III категории.

Научное сопровождение усиления автодорожного путепровода, расположенного в верхнем пересечении на развязке 39,460 км автодороги Ленинск-Кузнецкий—Новокузнецк и автодороги Белово—п. Инской

Путепровод запроектирован четырехпролетным по типовому проекту серии 3.503-27 инв. № 856 «Рамно-неразрезные мосты и путепроводы на автомобильных дорогах» (СДП, 1973) и построен по схеме 15 + 2×21 + 15 м (рис. 3). В

поперечном сечении пролетные строения путепровода состоят из четырнадцати железобетонных балок с уложенными поверх них железобетонными плитами проезжей части. Путепровод служит для пропуска под собой в двух средних пролетах встречных направлений движения автодороги I категории Ленинск-Кузнецкий—Новокузнецк. Высота проезда изменяется от 4,8 м до 5,3 м. Непосредственно по путепроводу осуществляется двухстороннее движение автодороги Белово—п. Инской. Габарит проезда по путепроводу Г-14,8 с двумя тротуарами шириной по 0,9 м.

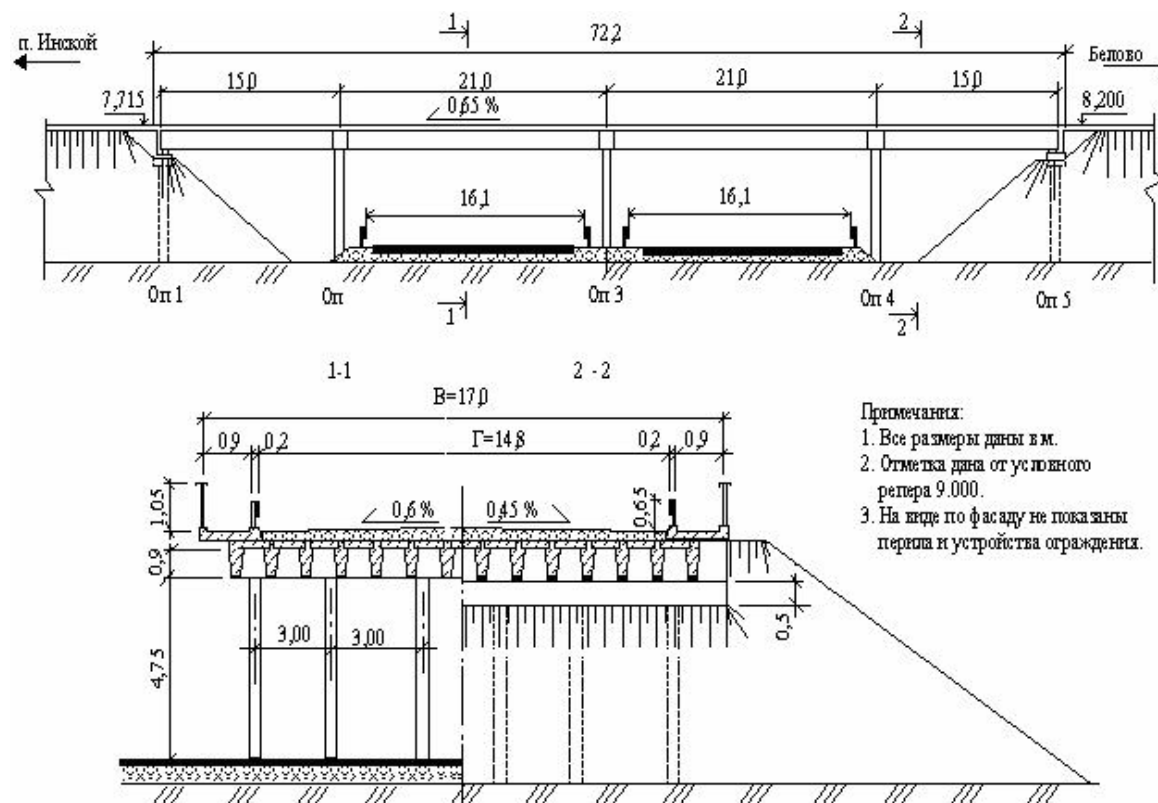


Рис. 3. Схема путепровода

При перевозке экскаватора на трейлере под путепроводом на скорости около 40 км/ч из-за превышения допустимого верхнего габарита стрела экскаватора ударила по балкам пролетного строения. В результате удара часть балок пролета № 2 получила существенные повреждения, что потребовало ввести ограничения в пропуске грузовиков как по путепроводу, так и под ним. Повреждения получили шесть балок из четырнадцати (балки Б1, Б7, Б8, Б9, Б10, Б11). Причем две балки (Б1 и Б10) были разрушены до полной потери расчетной несущей способности:

— Балка Б1 (фасадная). В средней части на длине около 3 м бетон выбит на всю высоту на половине толщины сечения (со стороны балки Б2). Все стержни нижней рабочей арматуры (8 шт.) продернулись с потерей сцепления с бетоном и практически выключены из работы. Балка держится за счет продольной усадочной арматуры и омоноличивания с плитами проезжей части. В этой ситуации не исключено ее обрушение под собственным весом. Из-за чего и пришлось закрыть проезд под пролетом № 2.

— Балка Б10. Выбит бетон нижней зоны балки в средней части на длине около 5 м. Четыре стержня нижней рабочей арматуры (из восьми) разорваны. Из четырех оставшихся стержней два продернулись и деформированы в сторону удара на 30 см. Повреждение именно этой балки стало основной причиной закрытия для движения части путепровода по ширине.

В рамках выполнения научного сопровождения были проанализированы грузоподъемность и техническое состояние путепровода, сложившееся после аварии, разработан проект восстановления несущей способности, проведен контроль выполнения работ по усилению и испытание сооружения для определения эффективности восстановления несущей способности.

Несущая способность поврежденных балок восстановлена путем наклейки внешней металлической арматуры. Была рассмотрена и возможность применения неметаллической композитной арматуры, однако заказчиком был принят вариант с традиционным усилением в виде металлического швеллера, наклеиваемого на нижнюю поверхность балок с помощью эпоксидного состава.

Следует отметить, что оценить эффективность усиления только расчетным путем невозможно, поэтому были проведены испытания отремонтированных конструкций. Анализ результатов испытаний путепровода позволил сделать вывод о том, что арматура усиления включена в совместную работу с балками, что обеспечивает восстановление несущей способности путепровода. Использование результатов испытаний позволило создать адаптированную математическую модель в конечно-элементной среде, с помощью которой были выполнены расчетные исследования работы усиленной конструкции. Проведенный комплекс расчетных и экспериментальных исследований позволил снять ограничения в пропуске нагрузок по путепроводу. Наблюдения в течение прошедших с момента аварии семи лет свидетельствуют, что состояние усиленных конструкций остается стабильным.

Исследования изменения грузоподъемности моста через р. Тетенза на автодороге Ленинск-Кузнецкий—Новокузнецк—Междуреченск, км 193 + 448 при проведении капитального ремонта

Мост через реку Тетенза (рис. 4) расположен на км 193 + 448 автодороги Ленинск-Кузнецкий — Новокузнецк — Междуреченск. Мост был построен в 1954 г. по схеме (7,3 + 17,5 + 7,3) м и имел полную длину 32,1 м. В качестве проектных нагрузок были приняты Н-13 и НГ-60 (предположительно). Какой-либо проектной и исполнительной документации на строительство моста не сохранилось. Сведения о проектной и строительной организациях также отсутствуют.

Пролетное строение моста выполнено из монолитного железобетона. В конструктивном отношении оно представляет собой трехпролетную балочно-консольную систему со средним пролетом 17,5 м и двумя консолями длиной по 7,3 м. Промежуточные опоры — монолитные бетонные, имеющие поперечное сечение с заостренными кормовой и носовой частями. Устои в первоначальной конструкции моста не предусмотрены.

За более чем полувековой срок эксплуатации конструкции моста пришли в неудовлетворительное состояние. Недостаточный габарит проезда (Г-7,2), устаревшая конструкция ограждения безопасности и отсутствие тротуаров затрудняли эксплуатацию и не обеспечивали безопасность движения по мосту. Нарушение гидроизоляции, разрушение бетона консолей плиты, коррозия рабочей

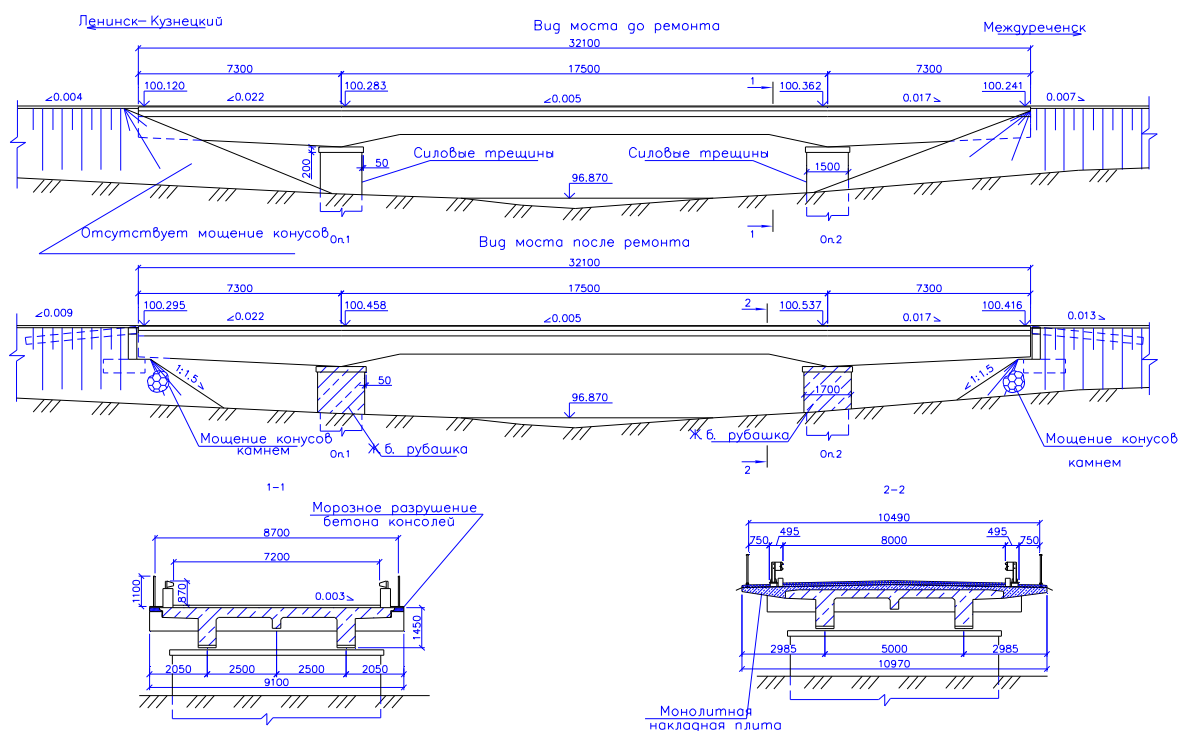


Рис. 4. Схема моста через р. Тетенза

арматуры, раковины в бетоне пролетных строений значительно снизили долговечность сооружения. Неудовлетворительным было также состояние сопряжений моста с подходами, подмостового пространства и укрепления конусов. Наличие этих и других неисправностей стало причиной принятия в 2005 г. решения о выполнении на мосту ремонтно-восстановительных работ. За счет устройства на пролетном строении дополнительной накладной монолитной железобетонной плиты шириной 10,97 м габарит проезда после ремонта был увеличен до Г-8 с двумя тротуарами по 0,75 м. Накладная плита включена в совместную работу со старым пролетным строением на временные нагрузки и часть постоянных нагрузок за счет крепления арматурных сеток плиты к существующей арматуре пролетного строения. На обоих промежуточных опорах были устроены железобетонные «рубашки». Однако проектировщики не смогли дать ответ на вопрос, как изменится грузоподъемность сооружения после проведения ремонтных работ.

Поэтому потребовались испытания, которые были проведены в два этапа — до начала ремонта и после выполнения ремонтных работ. Результаты показали, что накладная монолитная железобетонная плита включена в совместную работу с главными балками, что обеспечивает повышение грузоподъемности по сравнению с проектной (Н-13 и НГ-60) на величину не менее 25 %. В целом пролетное строение после ремонта позволяет пропускать современные нагрузки А11 и НК-80 без ограничений по массе.

Достаточность несущей способности опор была определена на основании сравнения напряжений по условной подошве фундамента от проектных нагрузок, на которые было рассчитано сооружение, и современных нагрузок А11 и

НК-80. Как показали эскизные расчеты, напряжения по подошве фундамента при современных временных нагрузках увеличиваются всего на 4 % по сравнению с проектными, что позволило сделать вывод о возможности пропуска нагрузок А11 и НК-80.

При оценке результатов выполнения ремонтных работ было отмечено, что примененная проектировщиками конструкция деформационных швов заполненного типа не в полной мере соответствует характеру работы консолей пролетного строения с вертикальными перемещениями. В настоящее время такой тип конструкций пролетного строения не применяется при строительстве новых сооружений, соответственно отсутствуют и типовые решения конструкций деформационных швов. В результате после выполненного ремонта из-за вертикальных перемещений консолей пролетного строения в зоне деформационного шва произошло разрушение (отслоение) асфальтобетонного покрытия. На наш взгляд, привлечение научного сопровождения уже на этапе принятия решения о необходимости и составе ремонтных работ и применяемых конструктивных решениях позволило бы избежать некоторых недочетов в проекте. В частности, предпочтительнее было бы применение деформационных швов гребенчатого типа. Чтобы не закрывать движение на мосту для установки новых конструкций швов, предложено без переустройства деформационных швов установить специальные гибкие тяги-упоры, препятствующие вертикальным перемещениям. Определение усилий, возникающих в тягах-упорах под действием временных нагрузок, выполнено с использованием конечно-элементной модели пролетного строения, адаптированной к реальной работе сооружения по результатам испытаний. Конструирование и расчет элементов тяг-упоров осуществлены в соответствии с требованиями действующих норм.

Организация научного сопровождения при реконструкции моста через р. Иня на автомобильной дороге Ленинск-Кузнецкий—Новокузнецк, км 23 + 90

Металлический мост через р. Иня в пгт. Грамотеино на км 23 + 900 автодороги Ленинск-Кузнецкий—Новокузнецк построен в 1952 г. по схеме $(K7,90 + 22,20) + 22,06 + (22,20 + K7,9)$ при четырех промежуточных опорах и отсутствии устоев. Отверстие моста перекрыто тремя металлическими пролетными строениями (ПС) индивидуальной проектировки. Изначально среднее пролетное строение запроектировано по стандартной однопролетной балочно-разрезной статической системе, а крайние пролетные строения были выполнены в виде балочных одноконсольных конструкций. До ремонта 2006 г. габарит проезжей части составлял 6,9 м с двухсторонними служебными проходами шириной 0,5 и 0,8 м. Проектные нагрузки — Н-10 и НГ-60 (предположительно). Какой-либо проектной и исполнительной документации на строительство моста не сохранилось.

В связи с недостаточным габаритом и грузоподъемностью, а также общим неудовлетворительным состоянием конструкций в 2006 г. силами Новокузнецкого филиала ОАО «Сибмост» по проекту Новосибирского филиала ОАО «Институт Гипростроймост» был выполнен капитальный ремонт моста, в ходе которого изменена схема моста, грузоподъемность пролетных строений и габарит проезжей части (рис. 5).

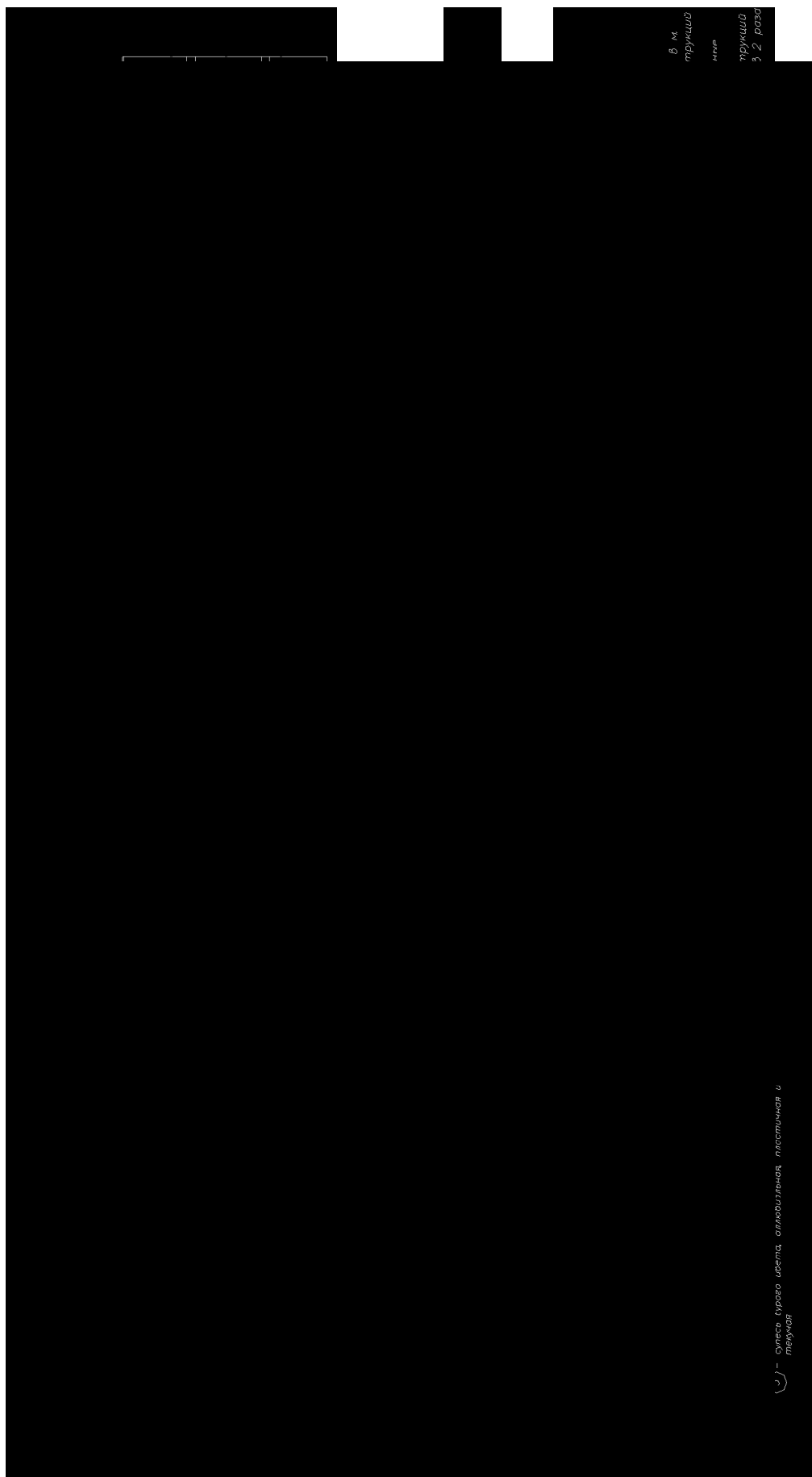


Рис. 5. Схема моста через р. Иня

Взамен существовавших в сопряжении моста с подходными насыпями подпорных стенок сооружены безростверковые устои козлового типа, крайние пролетные строения из балочно-консольных переустроены в неразрезные двухпролетные. Опираие балок на новые устои осуществлено через слоистые резинометаллические опорные части. В шкафных стенках новых устоев устроены упоры, а на пролетных строениях ограничители с РОЧС для исключения возможности вертикального подъема концов балок. Металлические конструкции пролетных строений усилены и превращены в сталежелезобетонные путем включения в совместную работу с металлическими балками новой железобетонной плиты, обеспечивающей габарит проезда Г-9 с двумя служебными проходами по 0,75 м. В верхней части промежуточной опоры № 3 был устроен железобетонный пояс для предотвращения развития вертикальных трещин.

Серьезная проблема, потребовавшая привлечения научных организаций, проявилась в процессе производства ремонтных работ — были обнаружены участки местной потери устойчивости стенок балок над опорой 3 (балка 1) и над опорой 2 (балки 2, 3 и, в меньшей степени, балки 3 и 4). Возникла необходимость разработки проекта усиления поврежденных участков, который был реализован в ходе ремонта моста. Для оценки включения в работу усиленных балок была применена созданная в НИЛ «Мосты» СГУПСа методика экспресс-диагностики с использованием соответствующей приборной базы [5].

Исследовались напряжения в стенке целой балки (Б1 ПС3) и в стенке отремонтированной балки (Б1 ПС1). В качестве испытательной нагрузки применен груженный автосамосвал КамАЗ-5511 общей массой около 19 т. Тензодатчики были установлены в отремонтированной балке Б1 над опорой 2 (№ 1 — на верхнем поясе; № 2 — на стенке под углом 45° к устою; № 3 — на стенке под углом 45° к опоре 2) и в неповрежденной балке Б1 над опорой 5 в тех же местах. Расстановка датчиков показана на рис. 6.

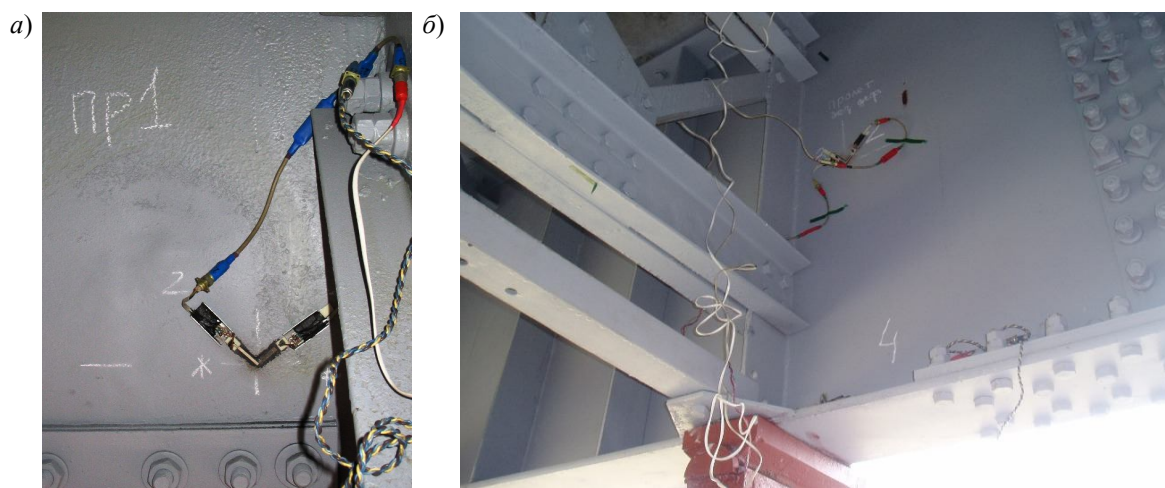


Рис. 6. Установка тензодатчиков в контролируемых сечениях:
а — ПС1 (отремонтированное); б — ПС3 (неповрежденное)

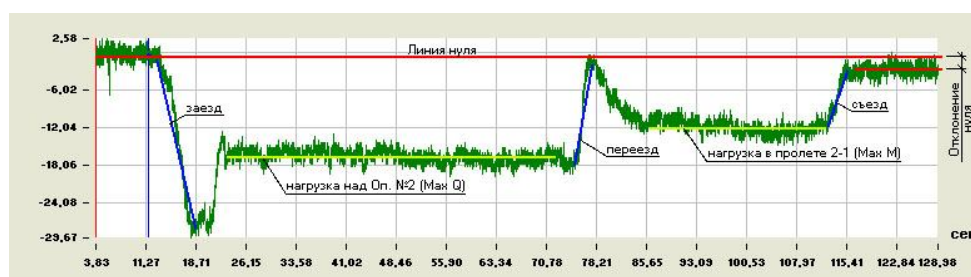
Испытательная нагрузка устанавливалась поочередно над контролируемыми сечениями (максимальная поперечная сила) и в пролетах (максимальный изгибающий момент). Пример записи показаний тензодатчиков в отремонтированном сечении показан на рис. 7. На графиках выделяются следующие зоны: 1) нагрузка вне пролетного строения — нулевая зона; 2) заезд нагрузки со

стороны устоя на пролетное строение; 3) проезд нагрузки до первой испытательной точки, остановка над опорой № 2; 4) переезд нагрузки во вторую испытательную точку, остановка над серединой пролета 2–1; 5) съезд нагрузки с пролетного строения; 6) нагрузка вне пролетного строения — нулевая зона. Сводные данные по величине напряжений при испытаниях приведены в таблице.

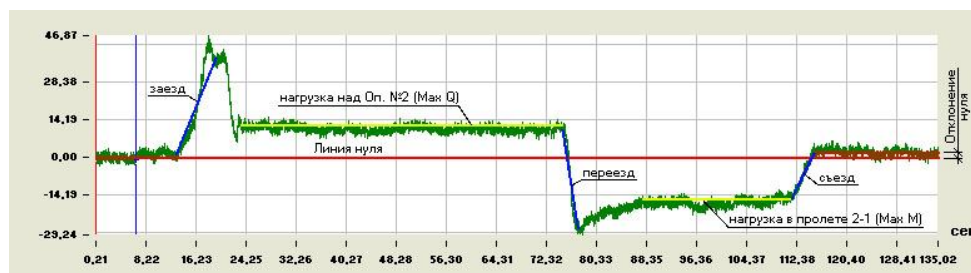
а) датчик № 1 (верхний пояс)



б) датчик № 2 (стенка балки)



в) датчик № 3 (стенка балки)



г) датчик № 4 (нижний пояс)

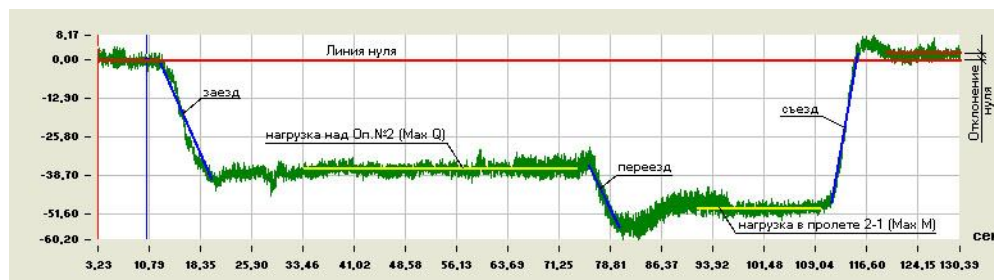


Рис. 7. Показания тензодатчиков при статических испытаниях

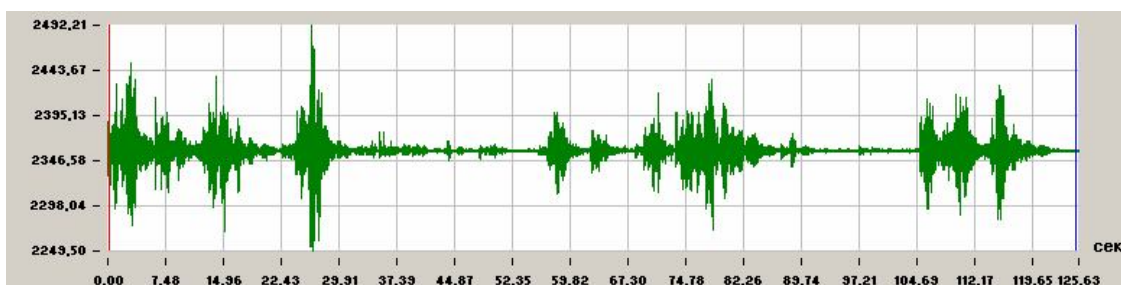
Результаты определения напряжений, МПа

Номер датчика	Положение нагрузки в неповрежденной балке		Положение нагрузки в отремонтированной балке	
	Над опорой	В пролете	Над опорой	В пролете
1	0,5	0,5	0,6	0,6
2	–5,6	–8,2	–1,6	–1,1
3	1,9	–1,7	0,8	–2,1
4	3,2	14,7	3,6	4,9

Полученные результаты свидетельствуют, что уровень напряжений в отремонтированной балке близок к соответствующим значениям в неповрежденной балке. Таким образом, можно сделать вывод, что несущая способность поврежденных балок в результате ремонта восстановлена. Необходимо отметить, что существенная разница между напряжениями в верхнем и нижнем поясе свидетельствует о хорошем включении железобетонной плиты в совместную работу с металлическими балками.

Помимо статических испытаний была проведена экспресс-диагностика пролетных строений по динамическим характеристикам (собственным частотам). Полученные результаты показали, что отремонтированное и неповрежденное пролетные строения работают аналогично — собственная частота по низшей форме колебаний составляет около 6,2 Гц и лежит вне запрещенного СНиП 2.05.03–84* интервала. Пример записи показаний вибродатчиков и соответствующие спектрограммы при проезде различной нагрузки по мосту показаны на рис. 8.

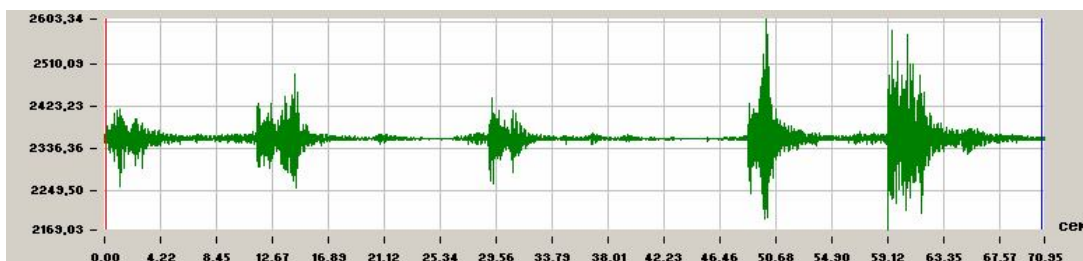
а) Виброграмма колебаний пролетного строения 1 (отремонтированное)



б) Спектрограмма для пролетного строения 1



в) Виброграмма колебаний пролетного строения 4 (неповрежденное)



г) Спектрограмма для пролетного строения 4



Рис. 8. Показания вибродатчиков при динамических испытаниях

Выводы

Приведенные примеры свидетельствуют о востребованности научного сопровождения при ремонте и содержании искусственных сооружений на автомобильных дорогах. Однако, как правило, такие работы проводятся бессистемно, только в случае, если заказчик своевременно выявил проблему и привлек специализированную научную организацию. Нередко неоправданные решения оказываются реализованными при ремонте и порождают множество проблем в дальнейшей эксплуатации. Необходим системный подход на основе организации мониторинга. Программой основой мониторинга может служить АИС ИССО на автодорогах или АСУ ИССО на железных дорогах. В базах данных соответствующих автоматизированных систем накапливается информация по техническому состоянию, проблемные сооружения выделяются и для них планируются работы по научному сопровождению, начиная с задания на проект ремонта и заканчивая диагностикой после выполнения ремонтных работ. Аппаратная часть строится на базе малогабаритных автоматизированных комплексов Тензор МС [5] и позволяет фиксировать изменения технических параметров сооружения (напряженно-деформированное состояние, частоты собственных колебаний, демпфирующую способность конструкции, динамический коэффициент, наличие повреждений, фиксируемое специальными ультразвуковыми датчиками). Для внеклассных и особо ответственных сооружений разворачивается система непрерывного мониторинга с использованием GPRS-протокола передачи информации с измерительных комплексов на сервер, где администратор системы выполняет анализ полученной информации. Предусмотрена возможность автоматической сигнализации при превышении установленных пороговых значений контролируемых технических параметров.

Библиографический список

1. *Цернант А.А.* Научное сопровождение объектов как условие обеспечения комплексной безопасности строительства // Транспортное строительство. 2009. № 3.
2. *Бокарев С.А., Муравин Ю.Н., Рыбалов Ю.В. и др.* Автоматизированная система содержания искусственных сооружений на автомобильных дорогах // Совершенствование транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог: Сб. науч. тр. Т. III. Иркутск, 1999.
3. *Оценка экономической эффективности вариантов реконструкции мостов* / Н.В. Берндт, Ю.Г. Козьмин, Р.З. Манилова, В.И. Ярошно. Л.: ЛИИЖТ, 1986. 35 с.
4. *Методические рекомендации по содержанию искусственных сооружений на автомобильных дорогах* / Росавтодор. М., 1999. 86 с.
5. *Бокарев С.А., Снежков И.И., Слюсарь А.В. и др.* Малогабаритные автоматизированные системы для диагностики ИССО // Путь и путевое хозяйство. 2007. № 9. С. 25–26.