

НК и ПБ

ИНФОРМ

Информационный бюллетень № 01, 2016 г.



Региональной общественной организации
«Крымское общество неразрушающего контроля,
технической диагностики и
промышленной безопасности»

Сферы деятельности и методы контроля:

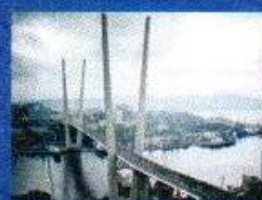
1. Здания и сооружения



Ультразвуковой

Акустико-эмиссионный

2. Объекты железнодорожного транспорта



Визуальный и измерительный

Вибродиагностический

3. Оборудование взрывопожароопасных и химических опасных производств



Проникающими веществами (капиллярный)

4. Объекты котлонадзора

5. Подъемные сооружения

Вихретоковый

Электрический

6. Системы газоснабжения



Магнитный

7. Оборудование нефтяной и газовой промышленности

Тепловой

№п/п	СОДЕРЖАНИЕ	Стр.
1	Обращение президента РОО КОНКТД и ПБ	3
2	Устав организации, свидетельства	5
3	Заявление о вступлении в общество, счет	16
4	Состав организации	18
5	Конференция и выставки	19
6	Доклад Анисимова В.П. «Система мониторинга состояния трубопроводов по измерению коэргитивной силы»	20
7	Доклад Анисимова В.П. и Кузнецова И.В. «Способ контроля напряженно-деформированного состояния магистральных газопроводов на оползневых и обвалоопасных участках на основе применения комбинированной системы мониторинга»	28
8	Доклад Анисимова В.П. «Результаты обследования оползнеопасных участков на трассе мг: Симферополь-Севастополь»	39
9	Статья Анисимова В.П. и Кузнецова И.В. «Обнаружение дестабилизированных геодинамическими процессами склонов шельфа при длительной эксплуатации нефтегазодобывающих месторождений»	45
10	Статья Анисимова В.П. и Кузнецова И.В. «Основы применения импульсного электромагнитного метода»	52
11	Статья Дубова А.А. «Проблемы неразрушающего контроля напряженно-деформированного состояния оборудования и их решение на основе магнитной памяти металла»	55
12	Статья ООО «Интерюнис» «Система мониторинга технического состояния мостов»	59
13	Статья Смержевского И.В. «Оборудование для толщинометрии днищ и первого пояса РВС с толстопластинным эпоксидным антикоррозийным покрытием, усиленного стекловолокном»	70
14	Доклад Багаева К.А. «Практические аспекты компьютерной радиографии»	78
15	Рекламный буклет (Багаев К.А.)	89
16	Доклад Ковшова Е.Е. и Москвичевой И.С. «Автоматизация технологической подготовки визуального контроля сварных соединений»	92
17	Доклад Рогова С.Н. и Рогова С.С. «Развитие систем диагностирования энергетического оборудования: от виброконтроля к комплексному техническому диагностированию»	101
18	Доклад Аверин А.Н. «Системы вибрационного и технического диагностирования вспомогательного оборудования электрических станций»	111
19	Доклад Панина В.И. «Сплошной контроль листов днищ длительного эксплуатируемых вертикальных стальных резервуаров»	122
20	НОАП «Энтест» «Аттестация специалистов и лабораторий неразрушающего контроля на дальнем востоке»	130
21	Доклад Быченко В.А., Брекутова И.В., Садкина К.Е. «Экспериментальные исследования по определению технологических сборочно-сварочных напряжений»	132
22	Мастер-класс NDT	140
23	Информация о компании ООО «Акустические контрольные системы»	142
24	Приглашение на конференцию в 2016 году	145
25	Издатель бюллетеня	146

Обращение

Дорогие друзья, коллеги!

Региональная общественная организация «Крымское общество неразрушающего контроля технической диагностики и промышленной безопасности» ставит перед собой следующие цели и задачи:

- Содействие развитию исследований и разработок в области неразрушающего контроля и технической диагностики;
- Распространение научно-технической информации о результатах деятельности в вопросах НКТД и ПБ;
- Популяризация и пропаганда знаний и достижений в области НК и ТД;
- Содействие развитию взаимоотношений с международными организациями (неправительственными организациями);
- Защита профессиональных и социальных прав членов общества.



Информационный обмен мнениями и расширение кругозора.

- Участие в различных конференциях, форумах, круглых столах, выставках.
- Разработка и внедрение регламентов и нормативных актов.
- Разработка новых методов и средств НК и технической диагностики.

РОО «КОНКТД и ПБ» ведет постоянный диалог с Государственными органами, концернами и с другими общественными организациями. В результате, тем, кому интересна возможность самореализации, кому необходимы дополнительное получение связи и консультации, а именно:

- принятие участия в заседаниях правления РОО «КОНКТД и ПБ»;
- принятие участия в обсуждениях, направленных на реализацию своих идей в рамках рабочих групп;
- направление своих работ для публикации в журналах;
- выступление на конференциях и выставках.

Обучение и подготовка специалистов в области НК.

- Внедрение системы подготовки в области НК уже давно необходимо в Республике Крым.
- Разработать и внедрить систему добровольной аккредитации, последовательно внедрить автоматизированную систему обучения.

Разработка и внедрение стандартов.

Тем, кому интересна работа в области разработки стандартов, методик и нормативных документов, тем, кому необходимы новые государственные стандарты – РОО «КОНКТД и ПБ» предлагает:

- запросить в РОО «КОНКТД и ПБ» список методических центров, которые способны помочь в разработке интересующих методик контроля.

РОО «КОНКТД и ПБ» из постоянных источников финансирования имеет только взносы членов и партнеров и, тем не менее, общество старается предоставить своим членам некоторые бонусы. Так, став членом РОО «КОНКТД и ПБ» за 5 000, 00 руб. в год (пять тысяч рублей), Вы получаете доступ к приборному парку и можете получать в аренду приборы НК. Также Вы получаете скидку на размещение рекламы в нашем журнале, бюллетене.

Хочется поверить в то, что общество для Вас станет надежным партнером, дающим реальную возможность выйти на новый уровень в области неразрушающего контроля, технической диагностики и промышленной безопасности. Общество можно рассматривать как инструмент для решения проблем и реализации задач.

Дорогие друзья, Мы приглашаем всех Вас, тех, кто связан с неразрушающим контролем, технической диагностикой и промышленной безопасностью, вступить в члены РОО «КОНКТД и ПБ», поддерживать и развивать наше общество. Если не Мы, то кто сделает наш Крым цветущим и развивающимся на благо нашего Народа?!

С уважением, Президент РОО «КОНКТД и ПБ» В.П. Анисимов

Утвержден
Протокол №1
учредительного собрания
от «20» июля 2015 г.

Устав

Региональной общественной организации
«Крымское общество неразрушающего контроля технической
диагностики и промышленной безопасности»

г. Симферополь
2015 г.

По результатам данных испытаний комиссией ОАО «Газпром» были сделаны следующие выводы:

- на современном этапе ни одно из испытанных средств определения напряжений в теле труб в реальных условиях эксплуатируемых компрессорных станций, применяемое в отдельности, не может обеспечить достаточно достоверных сведений о напряженно-деформированном состоянии; достаточно достоверной оценкой НДС трубопроводов эксплуатируемых станций можно считать результаты определения НДС, как минимум двумя методами и/или средствами, расходящиеся не более чем на 30% в сечениях с максимальными напряжениями и не более чем на 10% в сечениях с напряжениями, превышающими допустимые по СНиП 2.05.06-85.

- следует рекомендовать для оценки НДС трубопроводов действующих компрессорных станций сочетание экспериментальных и расчетно-экспериментальных методов;

- следует считать целесообразным, для сокращения объемов измерений НДС трубопроводов, их предварительное обследование сканирующими приборами, основанными на методе магнитной памяти металла.

Таким образом, для выявления участков газопроводов с ЗКН, предрасположенных к повреждениям, предлагается использовать метод магнитной памяти металла (МПМ).

При его применении не требуется никаких подготовительных работ (зачистки металла, снятия слоя краски и изоляции). Работы с использованием метода МПМ могут выполняться, как во время ремонта, так и под нагрузкой, без останова оборудования. На метод МПМ имеются российские и международные стандарты. Имеется ряд руководящих документов для нефтегазовой отрасли. В частности, РД 51-1-98 «Методика оперативной диагностики локальных участков газопроводов с использованием магнитной памяти металла». Данный руководящий документ, утвержденный ОАО «Газпром» еще в 1998 году, был введен в действие и допущен к применению на практике.

Методика, изложенная в указанном РД, за период с 1998 года по настоящее время прошла широкую проверку на практике. Наиболее значительный опыт ее применения имеется в ООО «Газпром трансгаз Томск», ООО «Газпром добыча Уренгой» при экспресс-сортировке газопроводов, бывших в эксплуатации, на годные и негодные, при оценке состояния технологических трубопроводов КС, при определении потенциально опасных стресс-коррозионных участков газопроводов.

Самое главное, что данная методика позволяет выявить не только развитые дефекты, но и дает возможность определить уровень концентрации напряжений на этих дефектах, т.е. оценить степень их опасности. Кроме того, методика позволяет сделать оценку НДС в зонах термического влияния (ЗТВ) сварного соединения и выявить локальные ЗКН – источники будущих повреждений.

В настоящее время указанная методика на основе значительного экспериментального материала переработана и усовершенствована. Предприятием «Энергодиагностика» в соответствии с современными требованиями стандартов разработаны рекомендации по применению данной методики на предприятиях ОАО «Газпром». Рекомендации находятся на рассмотрении во ВНИИГАЗ.

Литература

1. Власов В.Т., Дубов А.А. Физическая теория процесса «деформация-разрушение». Ч. I. Физические критерии предельных состояний металла. М.: ЗАО «Тиссо», 2007. 517 с.
2. Дубов А.А. Новые требования к методам и средствам диагностики напряженно-деформированного состояния материалов // Территория NDT. 2012. № 4. С. 52-56.
3. Дубов А.А., Дубов Ал.А., Колокольников С.М. Метод магнитной памяти металла и приборы контроля: Учебное пособие - 5-е изд. М.: ИД «Спектр», 2012. 395 с.



УДК

А.И. Кавардак,
генеральный директор ООО «ИНТЕРЮНИС»
М.В. Черных, А.А. Чурилов, А.Е. Журавлев,
специалисты ООО «ИНТЕРЮНИС»
A.I. Kavardak,
CEO LLC "INTERUNIS"
M.V. Chernykh, A.A. Churilov, A.E. Zhuravlev, specialists LLC
"INTERUNIS"

Система мониторинга технического состояния мостов

Monitoring system of bridge technical condition

Приведено описание преимуществ внедрения системы мониторинга для контроля технического состояния мостов.

The paper describes the advantages of the monitoring system introduction to monitor technical condition of the bridges.

Ключевые слова: система мониторинга мостов, оценка технического состояния мостов, расчет напряжений в мостовых конструкциях.

Key words: monitoring system of bridges, evaluation of bridge technical condition, stress analysis of bridge structure.

Введение

Мостовые конструкции (далее мост) – это инженерные сооружения, имеющие повышенную значимость и работающие в сложном напряженно-деформированном состоянии.

В процессе эксплуатации на мост действуют различные повреждающие факторы, такие как:

- коррозионные процессы, протекающие, как правило, в труднодоступных местах и со временем приводящие к снижению несущей способности элементов конструкции;
- непроектные нагрузки, способные привести к необратимым пластическим деформациям и, как следствие, изменению проектного положения элементов конструкции;
- возникновение и развитие дефектов, которые способны привести к существенному снижению прочности элементов конструкции.

Такие воздействия внешних факторов приводят к постепенному износу элементов конструкции моста, что может вызвать преждевременное его разрушение. Как следствие – человеческие жертвы и значительные финансовые затраты на восстановление. Для предотвращения таких аварий необходим контроль технического состояния моста.

На сегодняшний день распространенным решением данной задачи является техническое обследование элементов конструкции моста для чего периодически проводятся геодезические измерения и неразрушающий контроль различными методами. Однако такой **периодический контроль не может учесть** фактическую историю действия нагрузок (период и амплитуду), которая является одним из основных критериев для определения остаточного ресурса.

Поэтому для достоверной оценки текущего и прогнозирования дальнейшего технического состояния моста, с целью заблаговременного предупреждения о тенденциях его изменения, необходима установка постоянно действующей системы, способной не только заменить периодические обследования, но и повысить безопасность эксплуатации, другими словами – **необходима установка комплексной системы мониторинга** (далее система мониторинга).

Система мониторинга моста должна уметь:

- 1) обнаруживать дефекты;
- 2) фиксировать динамику развития дефектов и изменения основных параметров элементов конструкции;
- 3) осуществлять сбор, хранение и анализ данных;
- 4) прогнозировать остаточный ресурс.

Согласно [1] систему мониторинга необходимо устанавливать на:

- мосты с большими пролетами (стальные мосты с пролетами длиной более 100 м, железобетонные с пролетами более 80 м), мосты большой высоты (высота опор более 40 м), мосты со сложными конструктивными решениями и особенностями;
- мосты, эксплуатируемые в сложных инженерно-геологических, сейсмических или климатических условиях;
- мосты после строительства, реконструкции, модернизации или ремонта, осуществленных с использованием новых технологий, конструкций и материалов;
- мосты, эксплуатируемые в аварийном состоянии, вызванном чрезвычайными обстоятельствами в период ликвидации аварийных ситуаций;
- мосты, подлежащие ремонту, в случае необходимости установления причин возникновения и динамики развития дефектов, разработки прогноза их развития.

Также основанием для установки системы мониторинга может являться:

- отсутствие исполнительной или проектной документации, следствием чего является невозможность проверки соответствия конструкций моста оригинальному проекту, а также проведения анализа принятых в ходе строительства отступлений от проекта;
- наличие трещин и следов механического воздействия на опоры моста;
- наличие отклонений несущих конструкций моста от вертикали;
- повреждения асфальтового покрытия моста в виде поперечных трещин, свидетельствующие о большой амплитуде вертикальных колебаний пролетных строений моста;

- наличие судоходной части русла реки, повышающее риск аварийных воздействий природного и техногенного характера на конструкции моста.

Пример внедрения системы мониторинга

Одним из примеров внедрения системы мониторинга ГК «ИНТЕРЮНИС» на мостовых конструкциях является система на мосту через реку Белая, расположенного на автомобильной дороге "Западный обход г. Уфы" и построенного в 2000 году (рис. 1). Мост выполнен по индивидуальной проекровке: является металлическим, балочным, неразрезным, имеет длину около 720 м, установлен на 8 опорах, состоит из 69 секций.

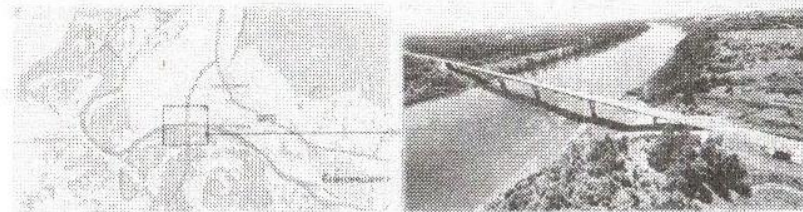


Рис. 1. Общий вид моста

Основной причиной необходимости установки системы мониторинга на данном объекте было выявление просадки опор по результатам проведенного технического обследования и, как следствие, значительное **отклонение геодезической кривой пролетного строения от сдаточной**. Так, например, первая опора просела на 120 мм относительно проектного положения (рис. 2). Стоит отметить, что наличие судоходного русла реки также повышает риск аварийных воздействий на конструкцию моста. Данные факты ставили под сомнение возможность его безопасной эксплуатации.

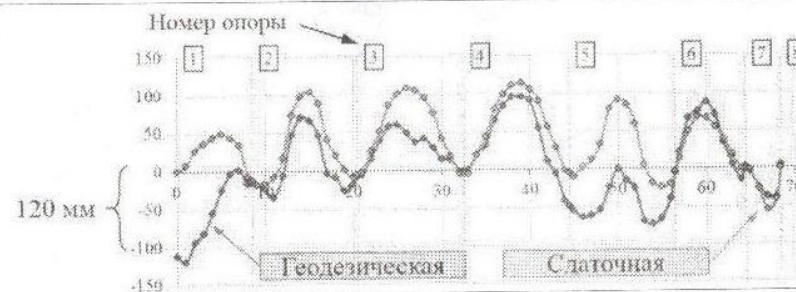


Рис. 2. Кривые пролетного строения

Перед установкой системы мониторинга предварительно **необходимо определить наиболее опасные зоны объекта, выбрать места установки датчиков, а также назначить датчикам индикаторные интервалы**, характеризующие возможность достижения предельных состояний. Для решения этих задач, а также определения фактической несущей способности моста было проведено его компьютерное моделирование.

Компьютерное моделирование [3]

Первоначально, в системе трехмерного твердотельного и поверхностного проектирования Autodesk Inventor была создана поверхностная модель моста (рис.3) с учетом имеющейся документации, результатов технического обследования и фактического положения его опор.

Затем поверхностная модель была импортирована в систему конечно-элементного анализа ANSYS, где была создана расчетная модель и проведены расчеты в соответствии с [2].

Общий вид модели с примером одной из секций приведен на рис.3. Стоит отметить, что расчетная модель является подробно детализированной, что **позволяет отказаться от упрощенных расчетных схем** и учитывать фактические характеристики материала и физические законы, тем самым получая высокую точность расчета. Размерность модели составила 578278 узлов и 604586 элементов.

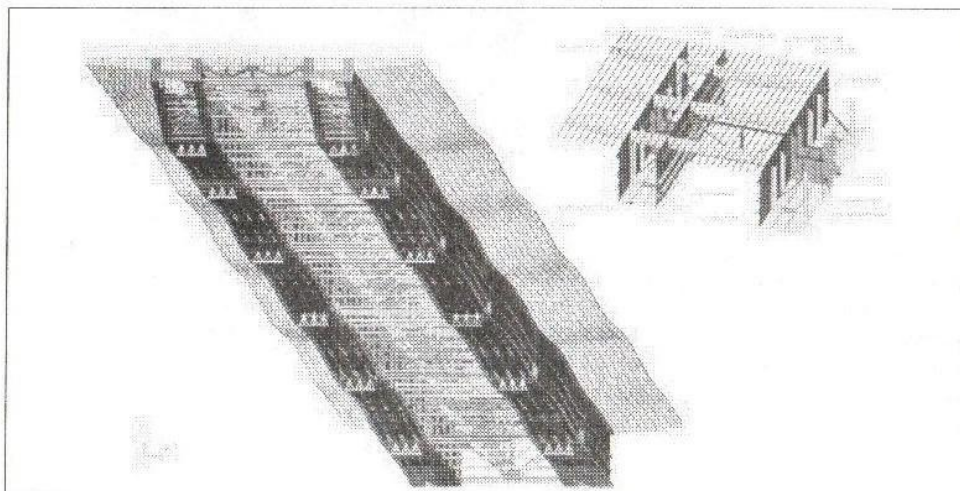


Рис.3. Общий вид модели с граничными условиями и пример одной секции

К расчетной модели были приложены следующие расчетные нагрузки: собственный вес G , нормативная нагрузка от автомобилей АК, нормативная нагрузка от нестандартных транспортных средств НК. В соответствии с [2] для расчета моста были приняты схемы нагружения $G+AK$, $G+HK$, $G+0.75\cdot HK+0.75\cdot HK$.

Смоделированное действие расчетной нагрузки АК, приложенной к расчетной модели, показано на рис.4.



Рис.4. Карта приложения расчетной нагрузки АК, [Па]

Результаты расчетов показали, что в зависимости от схемы нагружения коэффициент запаса по допускаемым напряжениям для максимальных эквивалентных напряжений составляет от 1,00 до 1,47.

Столь **невысокая несущая способность** моста является следствием просадки опор и изменением его геометрии по причине ненормативных эксплуатационных воздействий.

Индикаторные интервалы

Одним из результатов моделирования являются карты распределения напряжений. Рассмотрим более подробно зону с максимальными напряжениями, а также зоны под опорой и между опорами моста от воздействия нагрузки АК (рис.5).

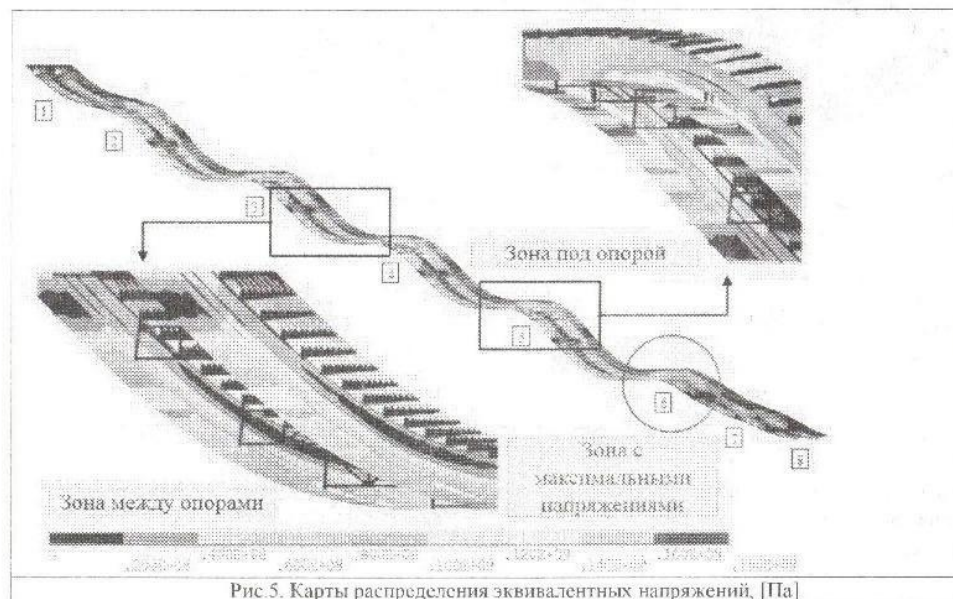


Рис.5. Карты распределения эквивалентных напряжений, [Па]

По картам распределения напряжений была определена наиболее опасная точка конструкции, расположенная в зоне максимальных напряжений. (рис.6,а). В дальнейшем будем называть такую точку критической.

На примере тензодатчиков рассмотрим основные положения по определению наиболее подходящих мест установки и индикаторных интервалов для датчиков системы мониторинга

Основными критериями наиболее подходящих мест установки являются:

- хороший отклик на внешние воздействие;
- однородность карты распределения напряжений.

Тензодатчики были установлены в места T1-T8, которые удовлетворяют вышеперечисленным требованиям (рис.6.б).

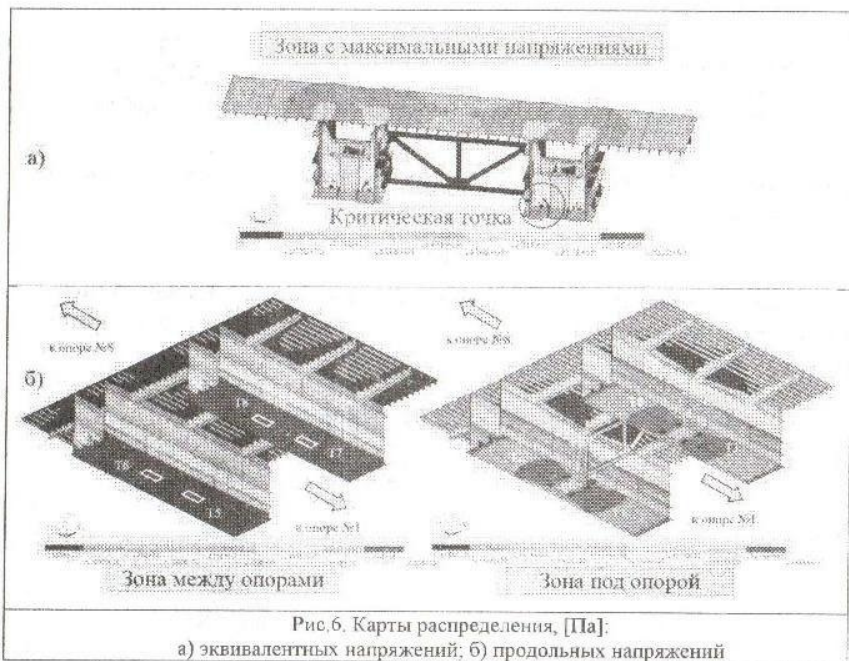


Рис.6. Карты распределения, [Па]:

а) эквивалентных напряжений; б) продольных напряжений

С помощью установленных тензодатчиков становится возможным определять значение напряжения в критической точке. Для этого в показаниях тензодатчика выделим две характерные точки (рис.7,а), значения напряжений в которых определяются следующим образом:

- 1) желтая – показания датчика при действии расчетных нагрузок;
- 2) красная – показания датчика при достижении критической точкой допускаемых напряжений.

Введем индикаторные интервалы, ограниченные данными точками и основанные на фактическом техническом состоянии моста. Данные интервалы можно характеризовать следующим образом (рис.7,б):

- зеленый – на мост действуют нагрузки, не превышающие расчетных, а значит состояние допустимо;
- желтый – нагрузки превышают расчетные значения, а значит состояние требует принятия мер;
- красный – в критической точке напряжения превысили допускаемые значения, а значит состояние недопустимо.

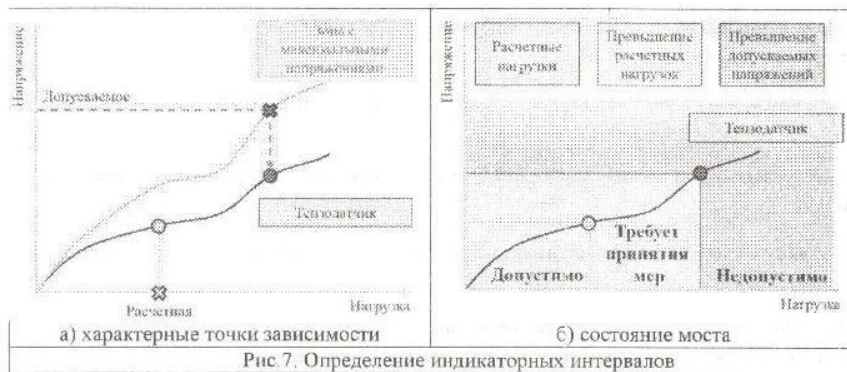


Рис.7. Определение индикаторных интервалов

В качестве примера на рис.8 представлены графики зависимостей от нагрузки G+AK:

- эквивалентных напряжений в зоне максимальных напряжений;
- продольных напряжений в местах установки тензодатчиков между опорами;
- продольных напряжений в местах установки тензодатчиков под опорой.

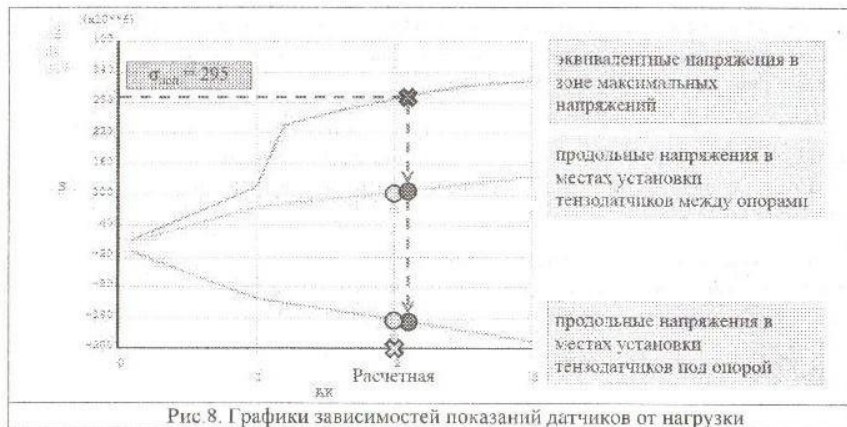


Рис.8. Графики зависимостей показаний датчиков от нагрузки

Как видно из графиков несущая способность моста лишь немного может превышать расчетные нагрузки.

Система мониторинга

Для контроля достижения различных предельных состояний установленная система мониторинга содержит различные типы датчиков.

Преобразователи акустической эмиссии (АЭ) были установлены для регистрации возникновения и развития дефектов, причем широкополосные на металлические конструкции, а низкочастотные на бетонные.

Тензодатчики были установлены в местах с наилучшим откликом на внешние воздействия для контроля максимальных напряжений.

С помощью **инклинометров**, установленных на опорах, определяются отклонения (углы наклона) конструктивных элементов.

Также на мост были установлены датчики **вибрации** и **температуры**, **метеостанция** и **камеры видеоконтроля**.

Рассмотрим структурную схему и функциональные элементы (рис.9), применяемые в установленной системе мониторинга:

- **диагностические и параметрические датчики**—предназначены для сбора первичной информации об объекте;
- **многофункциональный модуль сбора и передачи данных (ММСП)**— производит оцифровку полученного сигнала от датчика, предварительную обработку и передачу сигнала далее в цифровом виде;
- **концентратор**— организует измерительные линии. Получает информацию от всех ММСП и направляет ее далее на обработку;
- **коммутационный шкаф гальванической развязки (КШГР)**— обеспечивает измерительные линии питанием, ретранслирует данные, полученные от концентраторов в центральную вычислительную станцию;
- **центральная вычислительная станция (ЦВС)**— устройство, обеспечивающее анализ всех полученных данных, их отображение и накопление, и осуществляющее управление промежуточными станциями, концентраторами и исполнительным оборудованием, и синхронизирующее их работу;
- **автоматизированное рабочее место (АРМ)**— удаленный терминал, используемый для дистанционного доступа к центральной вычислительной станции, обработки данных мониторинга и осуществления резервного копирования информации.

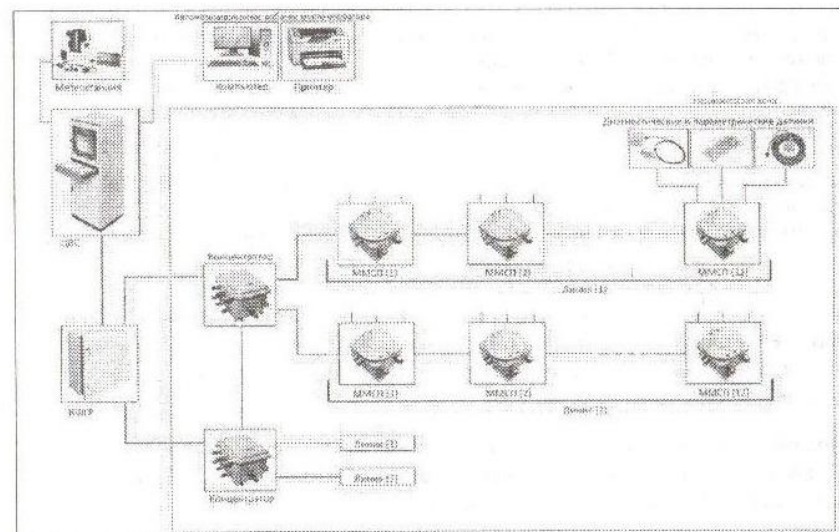


Рис.9. Структурная схема

На рис.10. представлены примеры вкладок программного обеспечения системы мониторинга, а также пример реагирования системы при имитации катастрофически активного источника АЭ:

- регистрация сигнала;
- определение местоположения источника;
- индикация степени опасности состояния объекта.

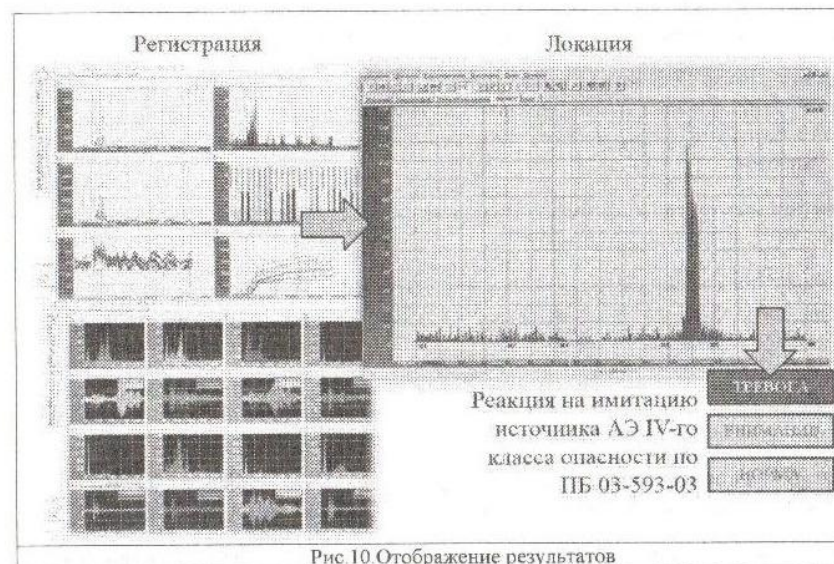


Рис.10. Отображение результатов

Такие системы мониторинга, предлагаемые ГК «ИНТЕРЮНИС», имеют ряд конкурентных преимуществ, таких как:

- **оцифровка сигнала** – цифровой сигнал имеет высокую помехозащищенность и, как следствие, может передаваться на большие расстояния;
- **автокалибровка** – система автоматически проводит постоянный контроль работоспособности своих датчиков;
- **доступ ко всем настройкам** – заказчик имеет возможность доступа к настройкам для их изменения;
- **модульность системы** – в случае необходимости возможно расширение системы добавлением новых датчиков или даже измерительных линий;
- **наличие индикаторных интервалов**, которые оказывают помощь в принятии решения.

Заключение

Применение системы мониторинга на мосту позволяет **оперативно контролировать состояние элементов** его конструкции: напряжения в наиболее опасных зонах, а также смещения и прогибы, возникающие в результате влияния интенсивной транспортной нагрузки и внешних природно-климатических воздействий.

Наличие индикаторных интервалов у датчиков позволяет системе мониторинга сигнализировать о достижении напряжениями допустимых значений, превышение которых может привести к остаточным деформациям и изменению геометрии моста.

Важной функцией системы мониторинга также является **мгновенное оповещение** сотрудников службы эксплуатации моста и службы быстрого реагирования (ГИБДД, МЧС и др.) о потенциально опасной ситуации в случае превышения допустимых размеров деформаций конструкции. Это увеличивает безопасность движения транспорта по мосту, позволяет избежать тяжелых последствий в случае чрезвычайной ситуации. Анализ потока данных системы мониторинга позволяет увидеть тенденции к возможным предельно-допустимым изменениям конструкции мостового сооружения, своевременно получать информацию и принимать решение о необходимости изменения режима эксплуатации моста или его текущего ремонта. **Предупредительные меры позволяют экономить средства**, не прибегая к капитальной реконструкции сооружения, которая станет необходимой в случае непредсказуемой деформации или разрушения.

В конечном итоге внедрение системы мониторинга позволило отслеживать подробную динамику изменения нагрузок и воздействий, оценивать фактическое техническое состояние и производить расчет остаточного ресурса моста в режиме реального времени, что обеспечило его безопасную эксплуатацию.

Безусловно, **эффективность системы** тем выше, чем раньше на этапе эксплуатации объекта она была установлена.

Использование систем мониторинга как наиболее эффективный способ профилактики различных «болезней» мостов обеспечивает безопасность и надежность эксплуатации на весь период их долгого 100 - 150 летнего жизненного цикла.

Выводы

Таким образом система мониторинга позволяет:

- 1) снизить затраты при эксплуатации мостовых конструкций, т.к. после установки системы мониторинга не требуется проведения периодических обследований;
- 2) повысить условия безопасного движения по мосту, вследствие непрерывного мониторинга и возможности мгновенного оповещения сотрудников службы эксплуатации моста и служб быстрого реагирования о возможном возникновении потенциально опасной ситуации.

Список литературы

1. ОДМ 218.4.002-2008. «Руководство по проведению мониторинга состояния эксплуатируемых мостовых сооружений».
2. ГОСТ Р 52748-2007. «Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения».
3. CAE-CUBE. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cae-cube.ru/> (дата обращения: 01.06.2015).