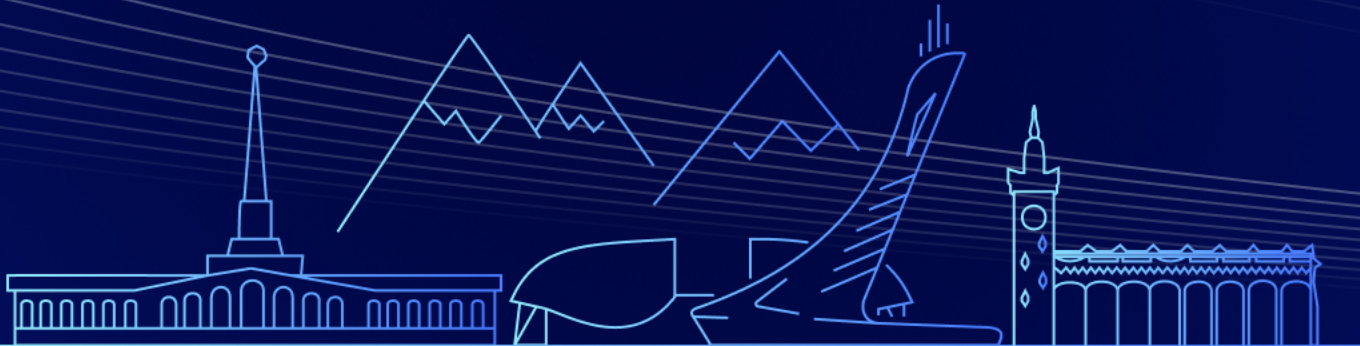


Информационные технологии, современные системы диагностики и мониторинга мостовых сооружений

Валиев Шерали Назаралиевич

профессор кафедры «Мосты, тоннели и строительные конструкции» МАДИ



Вводные замечания

Современные экономические условия требуют скорейшего перехода отрасли транспортных коммуникаций на путь **инновационного развития**. Для этого активно разрабатываются и внедряются **автоматизированные информационные системы- ТИМ**.

В современных условиях возникла необходимость получения полной и всесторонней оперативной информации о состоянии мостовых сооружений на автомобильных дорогах с целью принятия **оптимальных технических решений по режиму эксплуатации, установлению первоочередности ремонтных мероприятий и оптимальности инвестиций** в транспортные сооружения.

Широкое применение **информационных технологий** в области **диагностики и мониторинга** сооружений, в частности для введения единой **методики оценки технико-эксплуатационного состояния мостовых сооружений** на автомобильных дорогах, является реальным воплощением результатов **научно-технического прогресса** и может рассматриваться как результат **инновационной деятельности**.



Общий вид 3D модели Андреевского пешеходного моста, построенной по результатам 3D сканирования www.ngce.ru

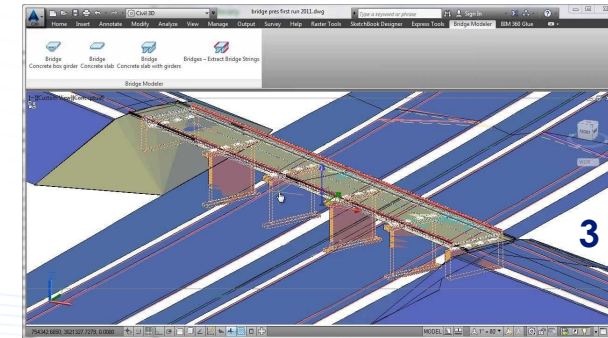
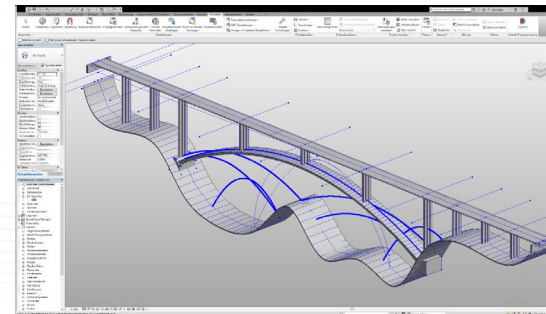
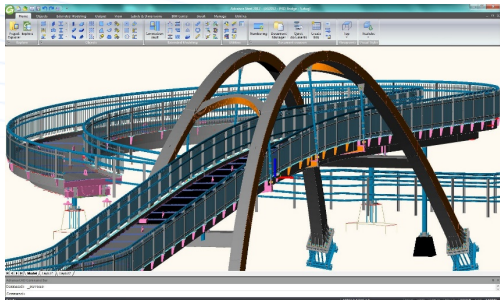


Применение ТИМ- технологий при проведении диагностики и мониторинга транспортных сооружений

Диагностика и **мониторинг** сооружений являются одними из наиболее **трудоемких и наукоемких** направлений строительной деятельности.

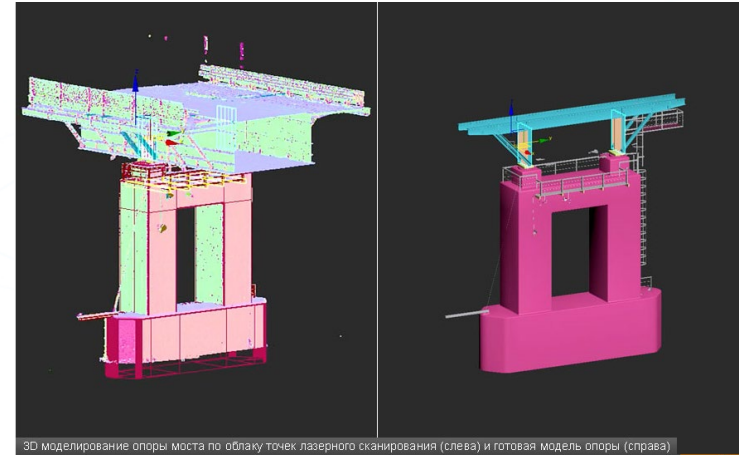
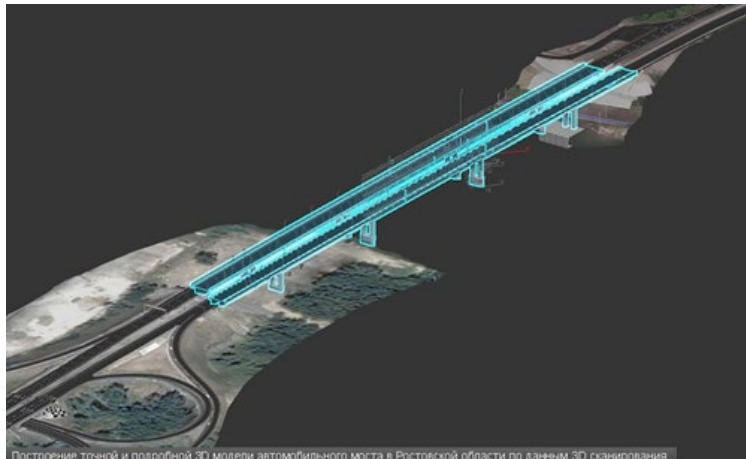
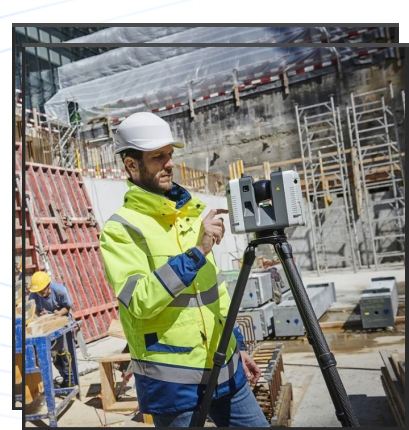
Применение современных **технологий информационного моделирования (ТИМ)** позволяет инженерам создавать наглядную **3D-модель объекта**. Эта модель будет содержать в себе информацию **о фактическом состоянии конструкций** сооружения на момент проведения **диагностики** и в процессе **мониторинга**. В дальнейшем данную модель можно будет использовать для проведения будущих **исследований** или в ходе дальнейшей **эксплуатации** объекта. Тем самым сохраняется принцип **информационного моделирования** с применением **технологии ТИМ** на протяжении всего **жизненного цикла объекта**.

Информационную модель также можно использовать для подсчета объемов работ при **содержании, ремонте** или **реконструкции** сооружения, если это необходимо, что значительно сократит время по сравнению с традиционными технологиями CAD-проектирования.



Информационная модель моста и создание основы для системы диагностики и мониторинга мостового сооружения (по результатам лазерного сканирования)

Результаты лазерного сканирования можно использовать для выполнения исследований по **диагностике** и **обследованию** технического состояния сооружений. Модель позволяет получать высокоточные обмерные чертежи, с большой точностью оценивать деформации и крены строительных конструкций. Эта модель может быть также использована в дальнейшем при **геодезическом мониторинге** объекта, как исходная база данных. Измеренные геодезическими способами отклонения (и другие необходимые параметры) сооружения могут быть сопоставлены с этой трехмерной моделью.



Диагностика и мониторинг являются составляющими частями **системы надзора** за мостовыми сооружениями.



Пилотный проект Мостовой переход через реку Пур в ЯНАО

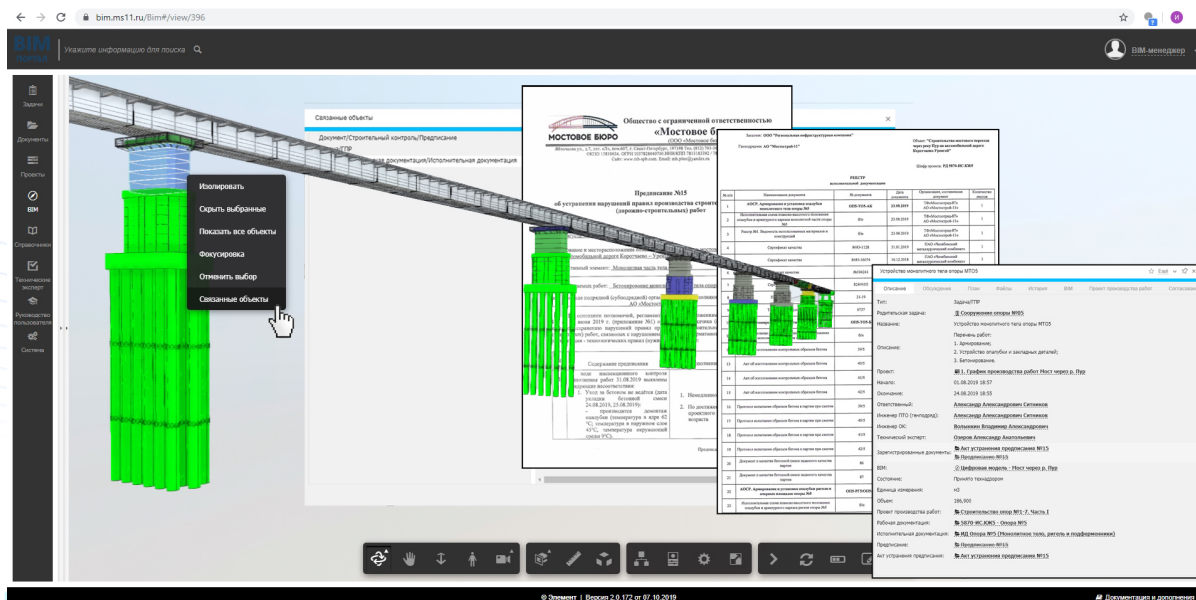
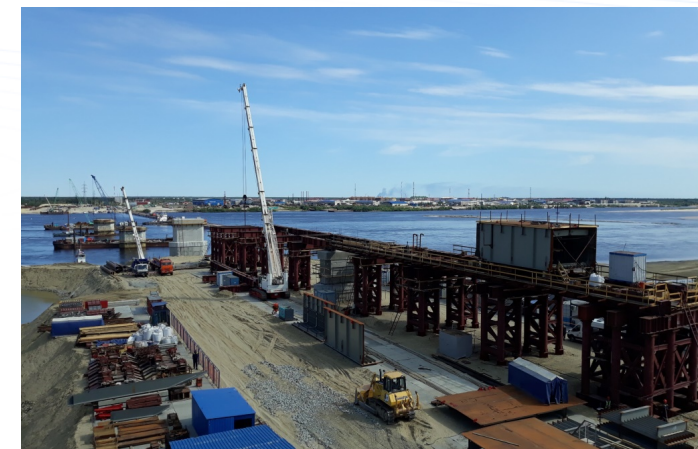
Пилотный проект по внедрению системы управления жизненным циклом объекта капитального строительства с использованием технологии информационного моделирования (ТИМ)

Правовая схема реализации проекта государственно-частного партнерства :

- Концессионное соглашение сроком 15 лет (проектирование, строительство и платная эксплуатация)

Технические характеристики моста:

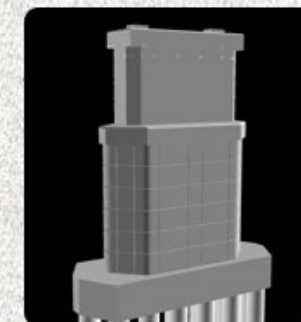
- Длина сооружения - 1023,1 м, категория дороги - III
- Число полос движения - 2, Габарит: Г - 10
- Схема сооружения - 84,0+8x105,0+84,0 м
- Количество опор - 11



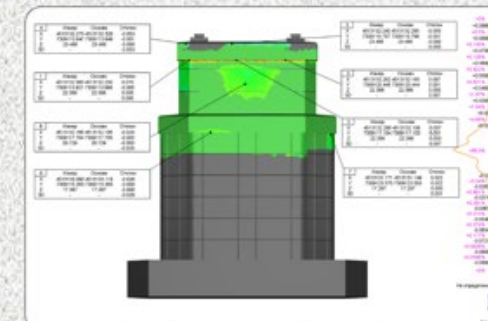
Технологии 3D-сканирования



1. Опора №3 - фотография



2. Опора №3 – 3D модель в Revit



3. Опора №3 – Результат сравнения модели и скана

Решаемые задачи при сканировании мостов:

- **Строительный контроль строительства** – преимущество перед стандартными методами измерения в высокой скорости съемки и качестве данных. Благодаря большому и наглядному объему получаемой информации, существенная доля ошибок исключается, особенно связанная с человеческим фактором.
- **Мониторинг** – систематическое наблюдение за деформациями мостов с помощью сканера позволяет видеть полную картину объекта. Программа сама покажет место с наибольшим отклонением от проекта, или с предыдущей съемкой. Лазерное сканирование – самый быстрый, наглядный и информативный метод предоставления полной характеристики объекта.

Современные приборы и оборудования для диагностики и мониторинга транспортных сооружений



В лаборатории исследования мостовых сооружений МАДИ имеются передвижные лаборатории и современные приборы для диагностики, обследования и мониторинга транспортных сооружений на автомобильных и железных дорогах.



Обследование конструкции устоя при строительстве путепровода на ЦКАДе



Рисунок 1.1. Общий вид путепровода со стороны опоры №1, слева



Рисунок 1.5. Вид на откопанную опору №4, с подхода 2

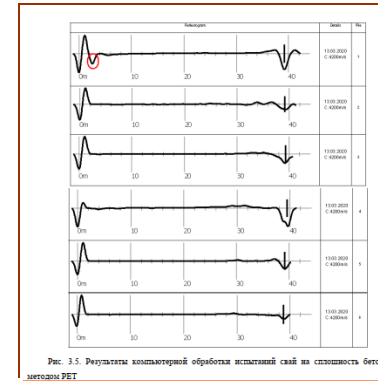
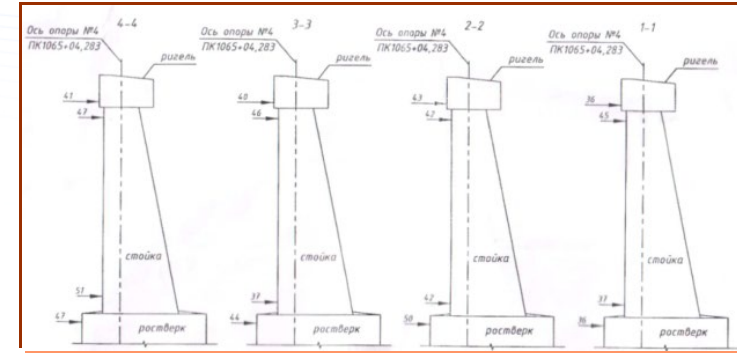


Рис. 3.5. Результаты компьютерной обработки испытаний свай на сплошность бетона методом РЕТ

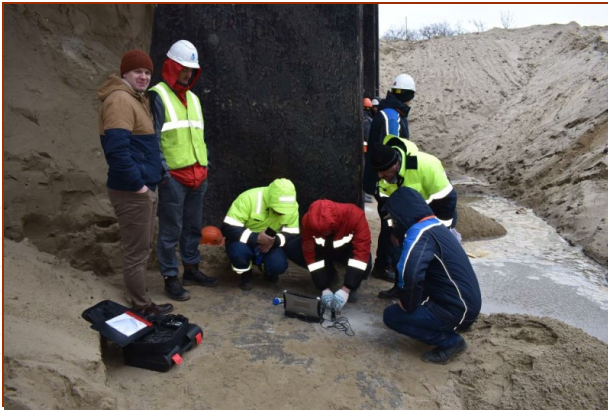
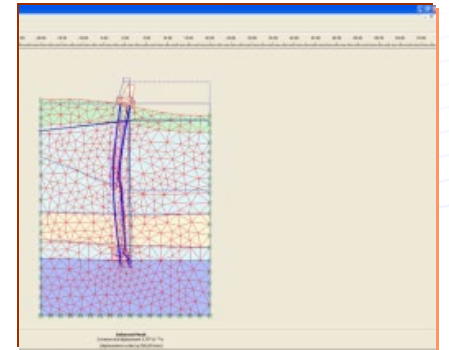
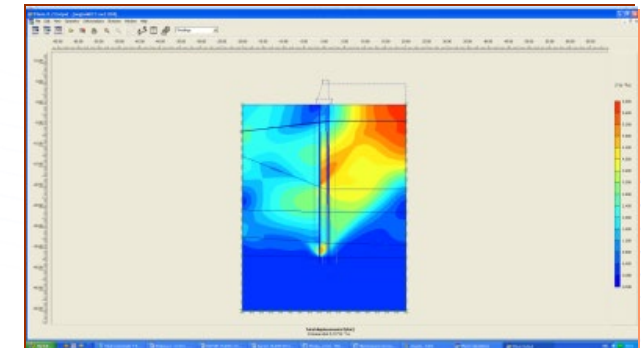
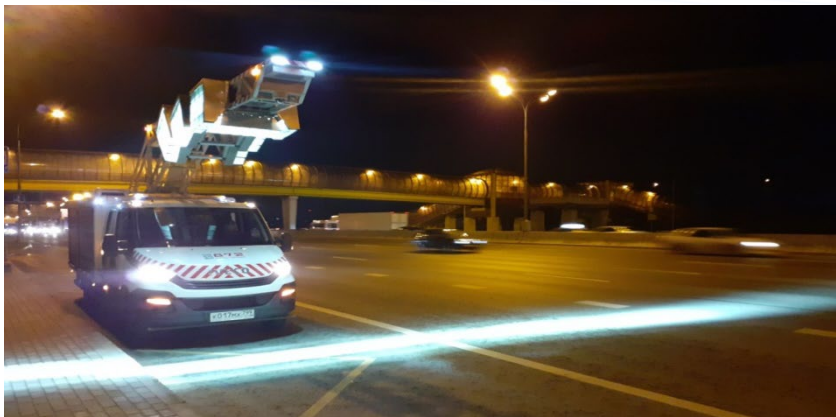


Рисунок 3.4. Схема проведения испытаний свай на сплошность бетона методом РЕТ



Современные способы диагностики мостовых сооружений



Сканирование проезжей части с помощью передвижной лаборатории с георадарным устройством



Отбор кернов с проезжей части



Оценка сплошности БНС

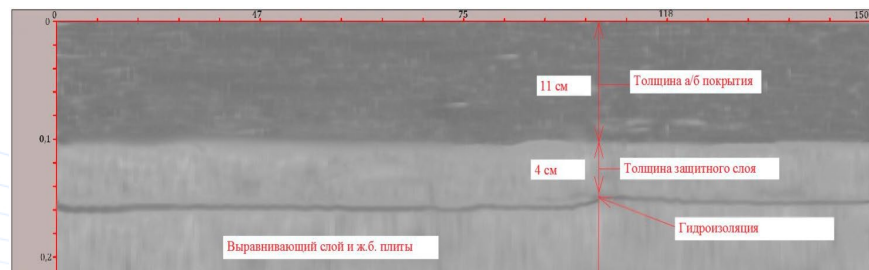


Рисунок 6.3. Фрагмент радарограммы. Профиль по а/б покрытию правого путепровода на расстоянии от 10 до 11,5 м, правая полоса проезжей части (все расстоянии от ДШ2 на устое 4).



Рис. 1. Общий вид моста-эстакады

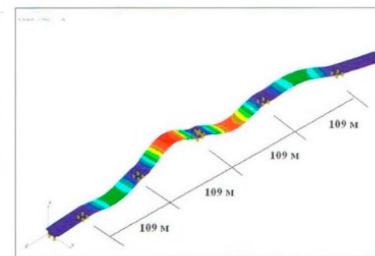


Рис. 3. Расчетная форма вертикальных изгибных колебаний пролетного строения, частота $f = 1,384$ Гц

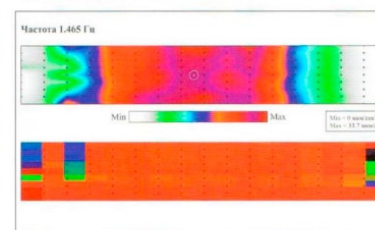


Рис. 4. Первая форма изгибных колебаний пролетного строения, полученная экспериментально, частота $f = 1,465$ Гц

Таблица. Сопоставление расчетных и экспериментальных форм собственных колебаний

Форма колебаний	Характеристики формы колебаний	Расчетная частота, Гц	Экспериментальная частота, Гц	Отношение Экспер./Расчет	Запас, %
F5	Изгиб, 3 п/с	1,38	1,46	1,06	6
F6	Изгиб, 5 п/с	1,47	1,59	1,08	8
F7	Изгиб, 2 п/с	1,57	1,73	1,10	10
F8	Изгиб, 4 п/с	1,64	1,88	1,15	15
F9	Поперечная	2,14	2,64	1,23	23
F12	Кручение	3,16	4,52	1,43	43
F13	Изгиб, 1 п/с	3,34	3,93	1,18	18
F19	2-я изгибная, 3 п/с	3,86	3,96	1,03	3

Специальное обследование путепровода на а/д М-12 «Москва-Казань» на ПК 883+49

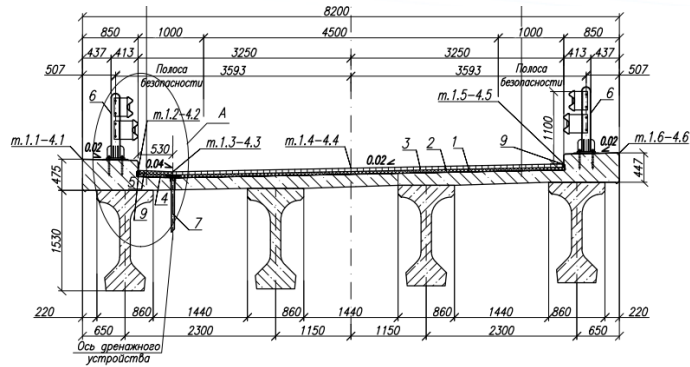


Рис. 2.10. Измерение величины раскрытия трещин в поврежденной балке.



Рис. 2.8. Измерение параметров повреждений балки

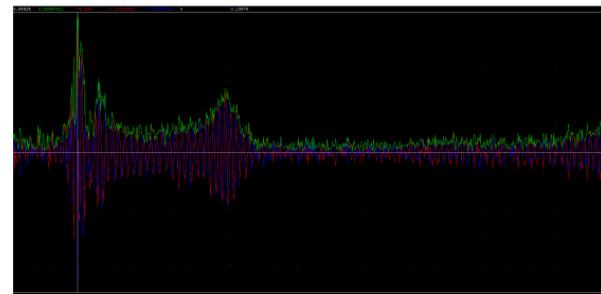


Рис. 4.3. Спектр колебаний балки Б1 (файл 1526 – 1024 – число точек в спектре). По оси X – частота в Гц, по оси Y – амплитуда спектра в м/с²

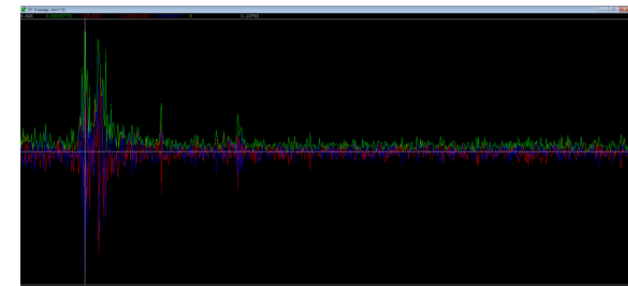
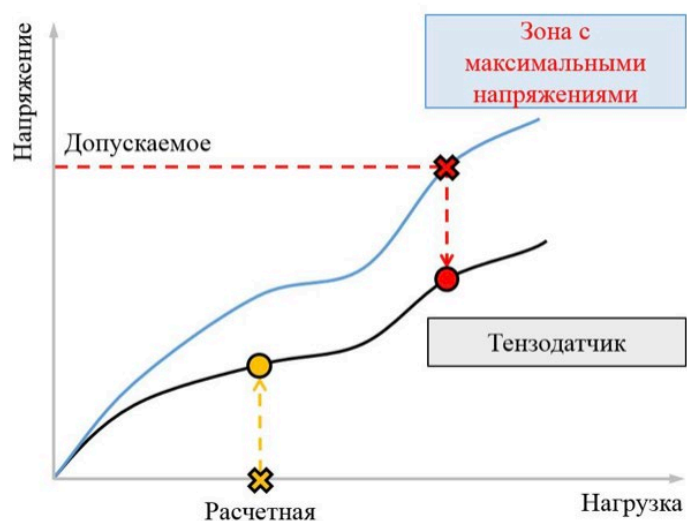


Рис. 4.9. Спектр колебаний балки Б4 (файл 1548 – 8192 – число точек в спектре). По оси X – частота в Гц, по оси Y – амплитуда спектра в м/с²



Схемы автоматизации мониторинга мостового сооружения

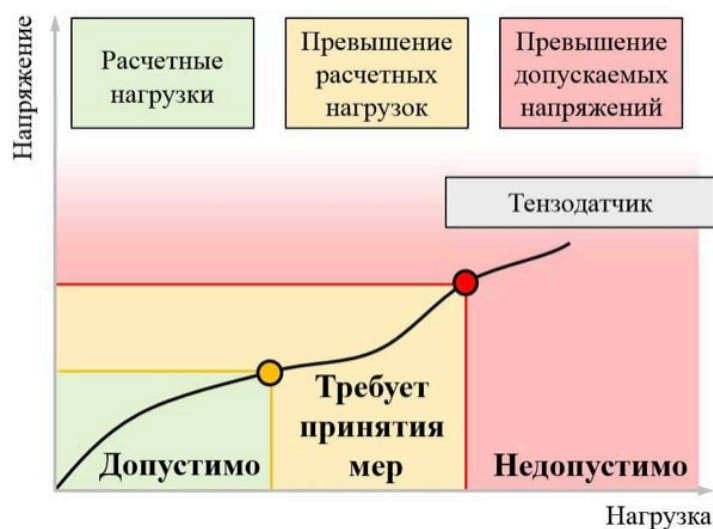
Мониторинг – контроль показателей надежности мостового сооружения в реальном времени с целью своевременного предупреждения ситуаций, при которых **значения контролируемых параметров превысят их предельно допустимое значение**



С помощью установленных тензодатчиков определяют значение напряжения в критической точке (две характерные точки):

- **желтая** – показания датчика при действии расчетных нагрузок;

- **красная** – показания датчика при достижении критической точки допустимых напряжений.

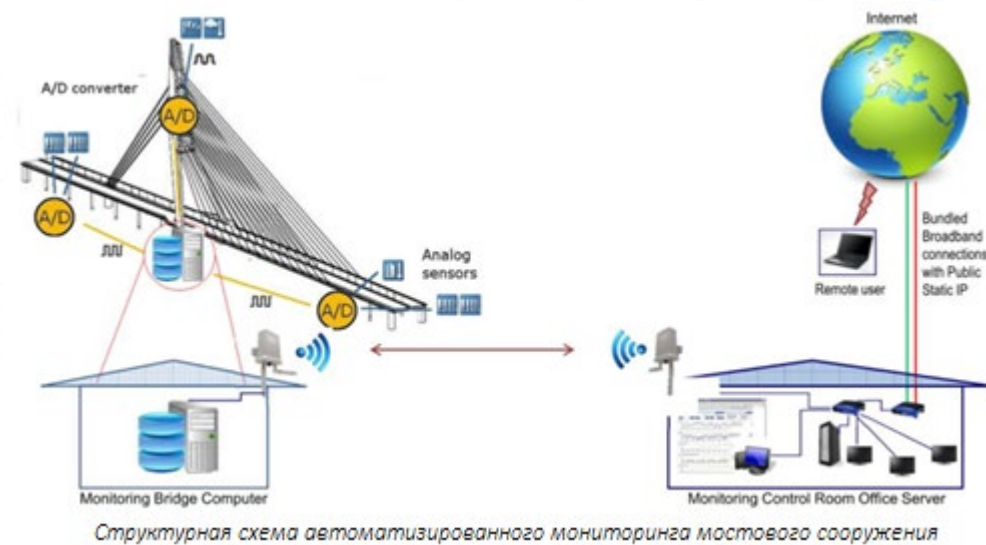
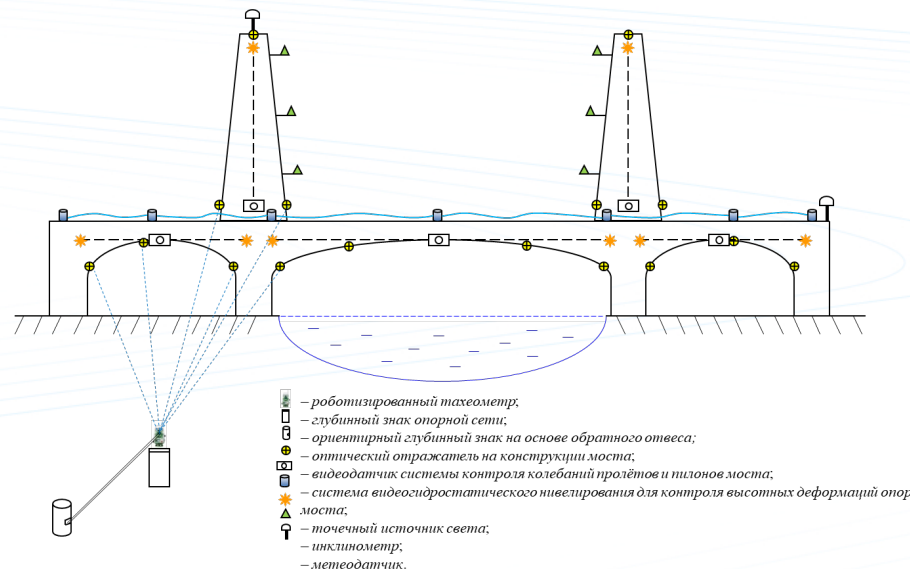


Введем индикаторные интервалы, ограниченные данными точками и основанные на фактическом техническом состоянии моста.

- **зеленый** – действуют нагрузки, меньше расчетных;

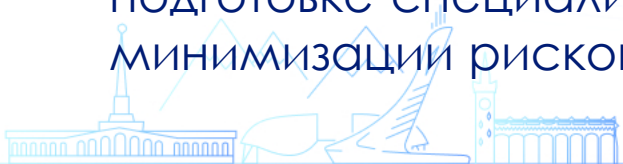
- **желтый** – нагрузки превышают расчетные значения;

- **красный** – напряжения превысили допустимые значения



Основные направления развитие ТИМ- технологий при диагностике и мониторинге транспортных сооружений

1. Разработка базы данных по: физико-механическим характеристикам материалов, моделям нагружения сооружений, моделям деформирования материалов и конструкций, моделям наступления предельных состояний, сценариям разрушения, методам усиления, прогнозированию поведения конструкций сооружений, оценке надежности, безопасности, моделированию возможных сценариев разрушения.
2. В связи с развитием ТИМ-технологий со сквозной цифровизацией строительного производства, контроль за каждой стадией строительно-монтажных работ должен осуществляться современными аппаратными и приборными средствами и программными комплексами.
3. Для объективной оценки работы сооружения в процессе строительства и эксплуатации, с целью своевременного предупреждения неблагоприятных ситуаций полагаем, что в проектах должна быть в обязательном порядке предусматриваться установка систем мониторинга.
4. Считаем, что системы автоматизированного мониторинга на подобие системы СМиК должны быть установлены на каждом среднем и большом мостовом сооружении. Это позволит решить вопросы, связанные с повышением надежности конструкций и улучшением их транспортно-эксплуатационных свойств.
5. Необходимо начать систематизацию усилий по обеспечению комплексной безопасности транспортных сооружений, для чего следует приступить к созданию научных школ и подготовке специалистов в области обеспечения безопасности транспортных сооружений и минимизации рисков наступления аварийных ситуаций на них.



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)
Кафедра «Мостов, тоннелей и СК»



ВАЛИЕВ
Шерали Назаралиевич

*Зам. зав. кафедрой
к.т.н. профессор
академик международной академии транспорта*

125319, Москва
Ленинградский проспект, д.64,
<http://www.bridgelab.ru>
E-mail: mosti.madi@mail.ru
vshn2014@gmail.com

Тел.: (499) 155 0356, 155 0369
Тел./Факс: (499) 155 0876
Тел.Моб.: 8 (985) 233 9919

