

# МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА МОСТОВ

на базе цифровых датчиков ZETSENSOR



В настоящее время невозможно представить крупные города без мостов. Эти инженерно-технические сооружения не только делают нашу жизнь проще, сокращая расстояния между разнесёнными объектами, но и являются украшением и опознавательным знаком многих мегаполисов.

Однако, современные мосты претерпевают колоссальные нагрузки и напряжения каждый день в связи с различными факторами (транспортная нагрузка, климатические условия, сейсмическая обстановка и пр.), которые способствуют их деформированию.

В связи с этим возникает необходимость в постоянном мониторинге конструкции с измерением его динамических характеристик и определением остаточного ресурса, что

позволит своевременно принять меры по устранению дефектов с целью повышения безопасности использования мостов и сокращения расходов на широкомасштабную реконструкцию.

Мобильная система мониторинга мостов на базе цифровых датчиков ZETSENSOR позволяет производить комплексную диагностику несущих конструкций, включающую в себя:

- мониторинг напряжённо-деформированного состояния (НДС) несущих конструкций мостов;
- мониторинг и оценка ускорения и вибрации;
- расчёт и контроль основных мод и максимальных амплитуд колебаний конструкций.

## СОСТАВ

### мобильной системы мониторинга мостов

Мобильная система мониторинга мостов — это набор цифровых датчиков, устанавливаемых непосредственно на объекте измерений и автономного цифрового регистратора в портативном кейсе.

В базовую комплектацию системы входят:

- цифровой трёхкомпонентный акселерометр ZET 7152-N, осуществляющий регистрацию линейного ускорения, виброускорения, виброскорости и виброперемещения конструкций;
- цифровой трёхкомпонентный сейсмометр ZET 7156, который обеспечивает регистрацию и контроль за периодами собственных частот колебаний конструкции мостов и соответствующих им логарифмическими декрементами затухания;
- цифровые тензодатчики ZET 7110-DS в количестве 3 шт., для контроля напряжённо деформированного состояния несущих конструкций; устанавливаются непосредственно на опоры мостов и подключаются к регистратору системы;
- автономный регистратор (преобразователь интерфейса ZET 7176, предназначенный для удалённого подключения регистраторов к ПК по Ethernet; автономный регистратор ZET 7173, для записи зарегистрированных сигналов при работе в автономном режиме, а также для резервной копии данных; модуль синхронизации ZET 7175, позволяющий засинхронизировать информацию поступающую от цифровых датчиков на основе сигналов навигационных спутников, аккумуляторная батарея, обеспечивающая автономную работу регистратора до 10 часов).

При одновременном применении 3-4 регистраторов можно создавать распределённые системы сбора данных и мониторинга несущих конструкций мостов. Системы сбора данных позволят своевременно получить информацию о текущем состоянии конструкций и принять решение о необходимости изменения режима эксплуатации или проведении ремонтных работ. Данные предупредительные меры позволят сэкономить средства, не прибегая к капитальной реконструкции.

Архангельск (8182)63-90-72  
Астана +7(7172)727-132  
Астрахань (8512)99-46-04  
Барнаул (3852)73-04-60  
Белгород (4722)40-23-64  
Брянск (4832)59-03-52  
Владивосток (423)249-28-31  
Волгоград (844)278-03-48  
Вологда (8172)26-41-59  
Воронеж (473)204-51-73  
Екатеринбург (343)384-55-89  
Иваново (4932)77-34-06  
Ижевск (3412)26-03-58  
Иркутск (395) 279-98-46

Казань (843)206-01-48  
Калининград (4012)72-03-81  
Калуга (4842)92-23-67  
Кемерово (3842)65-04-62  
Киров (8332)68-02-04  
Краснодар (861)203-40-90  
Красноярск (391)204-63-61  
Курск (4712)77-13-04  
Липецк (4742)52-20-81  
Магнитогорск (3519)55-03-13  
Москва (495)268-04-70  
Мурманск (8152)59-64-93  
Набережные Челны (8552)20-53-41  
Нижегород (831)429-08-12

Новокузнецк (3843)20-46-81  
Новосибирск (383)227-86-73  
Омск (3812)21-46-40  
Орел (4862)44-53-42  
Оренбург (3532)37-68-04  
Пенза (8412)22-31-16  
Пермь (342)205-81-47  
Ростов-на-Дону (863)308-18-15  
Рязань (4912)46-61-64  
Самара (846)206-03-16  
Санкт-Петербург (812)309-46-40  
Саратов (845)249-38-78  
Севастополь (8692)22-31-93  
Симферополь (3652)67-13-56

Смоленск (4812)29-41-54  
Сочи (862)225-72-31  
Ставрополь (8652)20-65-13  
Сургут (3462)77-98-35  
Тверь (4822)63-31-35  
Томск (3822)98-41-53  
Тула (4872)74-02-29  
Тюмень (3452)66-21-18  
Ульяновск (8422)24-23-59  
Уфа (347)229-48-12  
Хабаровск (4212)92-98-04  
Челябинск (351)202-03-61  
Череповец (8202)49-02-64  
Ярославль (4852)69-52-93

Киргизия (996)312-96-26-47

Казахстан (772)734-952-31

Таджикистан (992)427-82-92-69

Эл. почта: [zte@nt-rt.ru](mailto:zte@nt-rt.ru) || Сайт: <http://zet.nt-rt.ru>

Специализированное ПО обеспечивает визуализацию полученных данных на экран оператора. Данные могут отображаться в графическом или цифровом виде в зависимости от требований заказчика. Стандартное ПО для отображения, поставляемое с мобильной системой мониторинга мостов — Многоканальная измерительная система.

В зависимости от пожеланий клиентов программная часть может быть дополнена программами из состава ZETLAB, или SCADA системой ZETVIEW для разработки собственного удобного интерфейса.

## ПРИНЦИП РАБОТЫ МОБИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

на примере обработки результатов с сейсмометров ZET 7156

Принцип работы с мобильной системой мониторинга условно можно разделить на три основных этапа:

- подготовка системы к проведению измерений;
- проведение цикла измерений;
- обработка записанных данных и получение результатов.

### Подготовка

Подготовка к работе заключается в предварительной настройке и конфигурировании устройств, входящих в состав мобильной системы.

Для этого необходимо подключить датчики, входящие в комплект к мобильному регистратору посредством кабеля, а регистратор к ПК по интерфейсу USB. На ПК должна быть установлена операционная система Windows, а также установлено и запущено программное обеспечение ZETLAB. Конфигурирование устройств производится в программе «Диспетчер устройств» из меню «Сервисные» панели ZETLAB в соответствии с руководством по эксплуатации на устройство:

- ZET 7110-DS
- ZET 7152-N
- ZET 7156
- ZET 7154

По завершению настройки необходимо убедиться, что встроенные аккумуляторные батареи регистратора заряжены. При необходимости следует зарядить встроенные аккумуляторные батареи.

### Проведение измерений

Проведение измерений на объекте испытаний выполняется в следующей последовательности:

- Установка сейсмометров ZET 7156 на контрольных точках (на металлическую магнитную поверхность испытываемого объекта, либо на заранее подготовленную площадку, закрепленную на объекте мониторинга) на специальных магнитных опорах ориентируя измерительную ось «X» в необходимом направлении.
- Подключение сейсмометра ZET 7156 к регистратору и перевод регистратора в режим записи при помощи переключателя «Питание».
- Выключение записи сигналов по окончании работ.
- При необходимости произвести серию аналогичных измерений, расположив сейсмометр в требуемых местах.

### Обработка и получение результатов

Обработка записанных сигналов производится осуществляется на ПК с установленным программным обеспечением ZETLAB, а также в USB порт ПК должен быть установлен цифровой ключ ZETKEY с соответствующей прошивкой.

После подключения регистратора к ПК на компьютере автоматически запустится программа «Выбор файлов для конвертации...». Данная программа предназначена для копирования и конвертации файлов с внутренней памяти регистратора на компьютер. После завершения копирования сигналов с регистратора на компьютер следует открыть программу «Воспроизведение сигналов» из меню «Регистрация» панели ZETLAB и выбрать необходимую директорию с записанными сигналами.

Обработка результатов мониторинга производится в программе «Fundamental Tone».

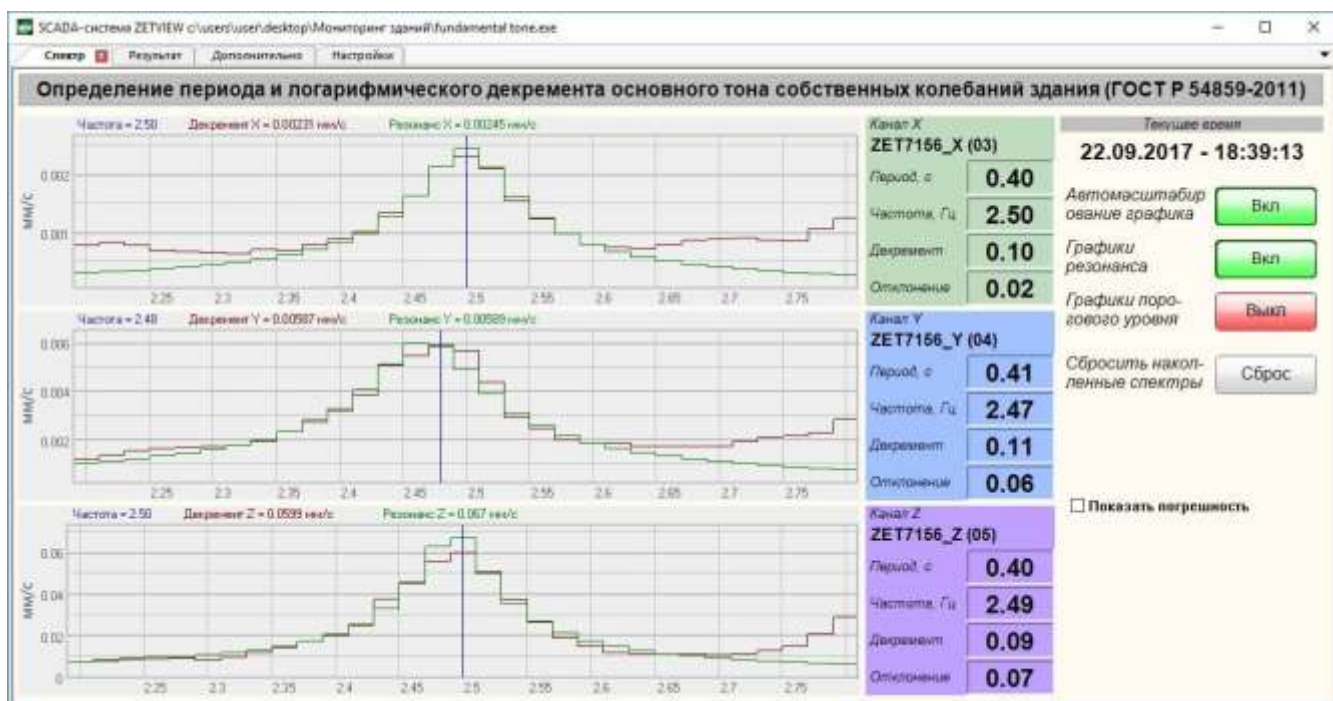
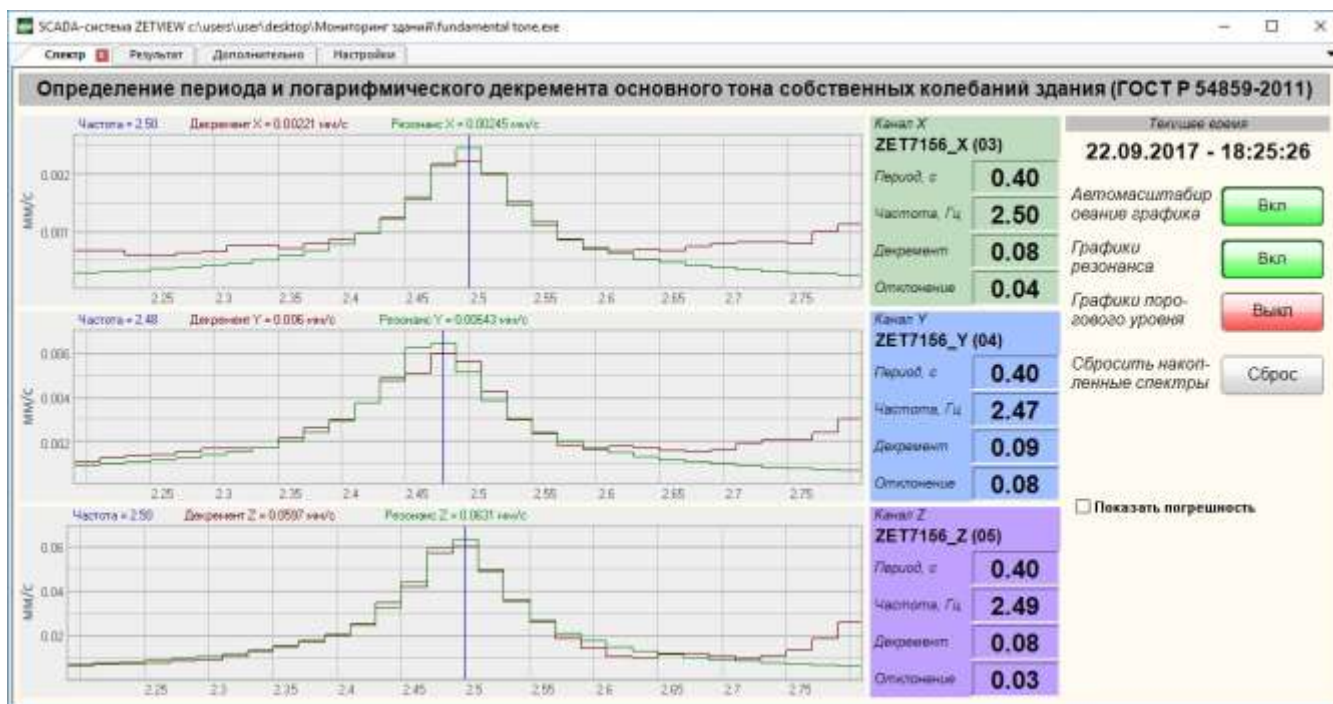
Объектом экспериментального мониторинга являлся автомобильный/пешеходный мост проходящий над железнодорожными путями.

В ходе мониторинга на мосту было размещено два комплекта для мониторинга несущей конструкции. Первый комплект установлен посередине моста, второй комплект в основании моста. Крепление сейсмометров к конструкции моста осуществлялось за счет металлических площадок, установленных на бетонном основании моста. Крепление сейсмометра к металлической площадке выполнено при помощи магнитных опор, закрепленных в основании датчика. Направление датчиков было выбрано таким образом, чтобы ось Y была направлена вдоль моста, ось Z – в вертикальном направлении. Первоначально следует определить частоту собственных колебаний моста, для этого на вкладке «Настройки» программы «Fundamental Tone» были выбраны предполагаемые границы диапазона частоты собственных колебаний по трем осям для каждой точки измерений.

После накопления измерений на вкладке «Спектр» отобразятся рассчитанные спектры по трём измерительным осям. По получившемся спектрам следует выделить диапазон нахождения частоты собственных колебаний моста. Далее необходимо на вкладке «Настройки» изменить значения границы

диапазона частоты собственных колебаний по трём измерительным осям в соответствии с выделенными диапазонами.

После накопления измерений на вкладке «Спектр» отобразятся спектры по трём измерительным осям. Справа от спектров расположены индикаторы с рассчитанными значениями периода и частоты собственных колебаний, а также логарифмического декремента по трём измерительным осям.

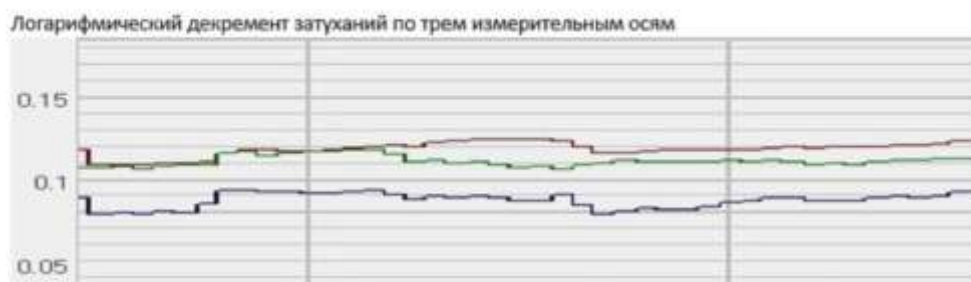
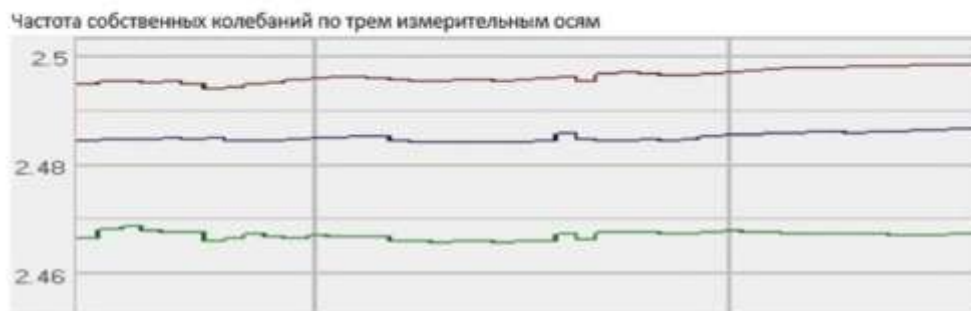
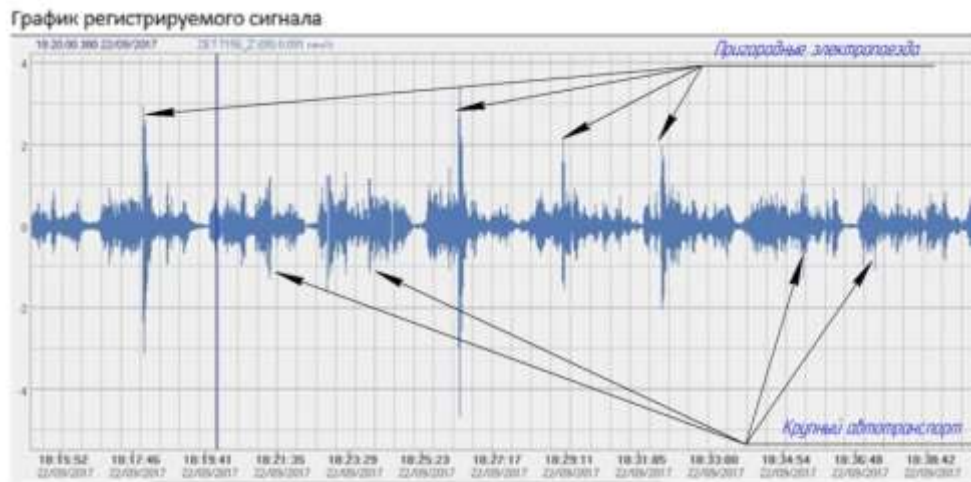


В период проведения записи динамических параметров конструкции, мост подвергался различным нагрузкам:

- динамическое движение автотранспорта по мосту;
- движение высокоскоростных электропоездов под мостом;
- остановка крупногабаритного транспорта на мосту;
- отсутствие транспортных средств на мосту.

Ниже приведена временная реализация нагрузок, которым подвергался мост и соответствующее им значение декремента затуханий.





Анализируя графики видно, что несмотря на различные уровни нагрузок на конструкцию, значение декремента изменялось незначительно. При этом место расположения не влияло на качество измерений. Этот эксперимент доказывает, что независимо от выбора места размещения оборудования (единственное условие — измерительное оборудование должно размещаться непосредственно на конструкции, подвергающейся мониторингу) собственная частота колебаний конструкции и значение логарифмического декремента будут рассчитаны с необходимой точностью при помощи уникального алгоритма интегрированного в программное обеспечение ZETLAB.

Жёсткость и прочность конструкции определяются собственными колебаниями системы. Прочность динамической системы тем выше, чем меньше значение логарифмического декремента затухания. Декремент затухания механических колебаний позволяет производить обобщенную оценку состояния всей конструкции целиком.

**По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:**

Архангельск (8182)63-90-72  
 Астана +7(7172)727-132  
 Астрахань (8512)99-46-04  
 Барнаул (3852)73-04-60  
 Белгород (4722)40-23-64  
 Брянск (4832)59-03-52  
 Владивосток (423)249-28-31  
 Волгоград (844)278-03-48  
 Вологда (8172)26-41-59  
 Воронеж (473)204-51-73  
 Екатеринбург (343)384-55-89  
 Иваново (4932)77-34-06  
 Ижевск (3412)26-03-58  
 Иркутск (395) 279-98-46

Казань (843)206-01-48  
 Калининград (4012)72-03-81  
 Калуга (4842)92-23-67  
 Кемерово (3842)65-04-62  
 Киров (8332)68-02-04  
 Краснодар (861)203-40-90  
 Красноярск (391)204-63-61  
 Курск (4712)77-13-04  
 Липецк (4742)52-20-81  
 Магнитогорск (3519)55-03-13  
 Москва (495)268-04-70  
 Мурманск (8152)59-64-93  
 Набережные Челны (8552)20-53-41  
 Нижний Новгород (831)429-08-12

Новокузнецк (3843)20-46-81  
 Новосибирск (383)227-86-73  
 Омск (3812)21-46-40  
 Орел (4862)44-53-42  
 Оренбург (3532)37-68-04  
 Пенза (8412)22-31-16  
 Пермь (342)205-81-47  
 Ростов-на-Дону (863)308-18-15  
 Рязань (4912)46-61-64  
 Самара (846)206-03-16  
 Санкт-Петербург (812)309-46-40  
 Саратов (845)249-38-78  
 Севастополь (8692)22-31-93  
 Симферополь (3652)67-13-56

Смоленск (4812)29-41-54  
 Сочи (862)225-72-31  
 Ставрополь (8652)20-65-13  
 Сургут (3462)77-98-35  
 Тверь (4822)63-31-35  
 Томск (3822)98-41-53  
 Тула (4872)74-02-29  
 Тюмень (3452)66-21-18  
 Ульяновск (8422)24-23-59  
 Уфа (347)229-48-12  
 Хабаровск (4212)92-98-04  
 Челябинск (351)202-03-61  
 Череповец (8202)49-02-64  
 Ярославль (4852)69-52-93

Киргизия (996)312-96-26-47

Казахстан (772)734-952-31

Таджикистан (992)427-82-92-69

Эл. почта: [zte@nt-rt.ru](mailto:zte@nt-rt.ru) || Сайт: <http://zet.nt-rt.ru>