

# Решения для мониторинга вибрации зданий и сооружений. Примеры применения, рекомендации, оборудование



Вибрации, воздействующие на здания, сооружения и людей, не должны превышать установленных нормативными документами значений, поэтому необходимо вести их мониторинг. Автоматизированные системы способны осуществлять непрерывный мониторинг вибрации на протяжении длительного времени, передавая информацию на «облачный» сервер. В статье представлены способы реализации автоматизированной системы мониторинга вибрации и оборудование для нее.

Группа «Октава ЭлектронДизайн», г. Москва

## Длительный мониторинг вибраций строительных конструкций при внешнем воздействии

Здания и сооружения испытывают внешние воздействия ударно-вибрационного характера от расположенных вблизи транспортных магистралей, метрополитена, строительных и дорожных работ, а также промышленных предприятий. Такие воздействия могут наносить вред строительным конструкциям и предметам внутри зданий. Ущерб от этого может быть особенно велик для сооружений и предметов, имеющих историческую и культурную ценность. Кроме того, такая вибрация способна оказывать негативное воздействие на чувствительное оборудование внутри зданий. Для минимизации подобного ущерба применяют вибрационный мониторинг. В ряде развитых стран вибрационный мониторинг является обязательным условием для страхования ответственности при проведении различных работ вблизи музеев и иных объектов культурно-исторического наследия. В Российской Федерации виброметрические измерения являются частью обязательного геотехнического мониторинга, предусмотренного СП 22.13330.2011. Хороший обзор подходов к контролю вибрации, воз-

действующей на строительные конструкции, дан в ГОСТ Р 52892-2007.

В качестве предельно допустимых значений вибрации, как правило, принимают различные нормативы ВСН 490-87 (в зависимости от задачи), которые установлены для амплитудных значений виброускорения. С точки зрения виброметрии, наиболее удобным показателем для отслеживания соблюдения таких нормативов является пиковое виброускорение (максимальное мгновенное значение на заданном интервале времени). ГОСТ ИСО 8041 содержит требования и методы испытаний виброметров, способных в том числе измерять и пиковые ускорения в диапазоне частот от долей герца до нескольких сот герц, то есть в диапазоне интереса строительной виброметрии. Для этих целей можно применять полосовые фильтры, которые используются в частотных корректорах  $W_k$  и  $W_m$  (но без весовых фильтров). В приборах серий «ОКТАВА» и «ЭКОФИЗИКА» такие фильтры имеют обозначения  $F_k$  и  $F_m$  соответственно.

Особенность таких измерений — необходимость длительного наблюдения, так как источники вибрации работают в течение продолжительного периода времени, причем часто по

непредсказуемому графику. Классический мониторинг методом периодических измерений в ручном режиме дает непредставительную оценку вибрации, к тому же трудозатратен. Поэтому для решения таких задач оборудуют пункты автоматического мониторинга вибрации, работающие непрерывно и так же непрерывно передающие результаты измерений на удаленный «облачный» сервер.

## Описание решения

Ядром системы мониторинга является специализированный виброметр, удовлетворяющий следующим условиям:

- ▶ не менее трех измерительных каналов для обеспечения измерения вибрации в трех направлениях или в нескольких точках;
- ▶ наличие полосовых фильтров  $F_k$ ,  $F_m$  (1–100 Гц);
- ▶ наличие октавных и третьоктавных фильтров (опция) 1–100 Гц;
- ▶ вибропреобразователи с чувствительностью не хуже 100 мВ/г и с низким уровнем собственных шумов (не более 65 дБ отн. 1 мкм/с<sup>2</sup> в полосе  $F_m$ );
- ▶ приспособленность к длительным измерениям и наличие телеметрии результатов измерений в реальном времени на внешние устройства.

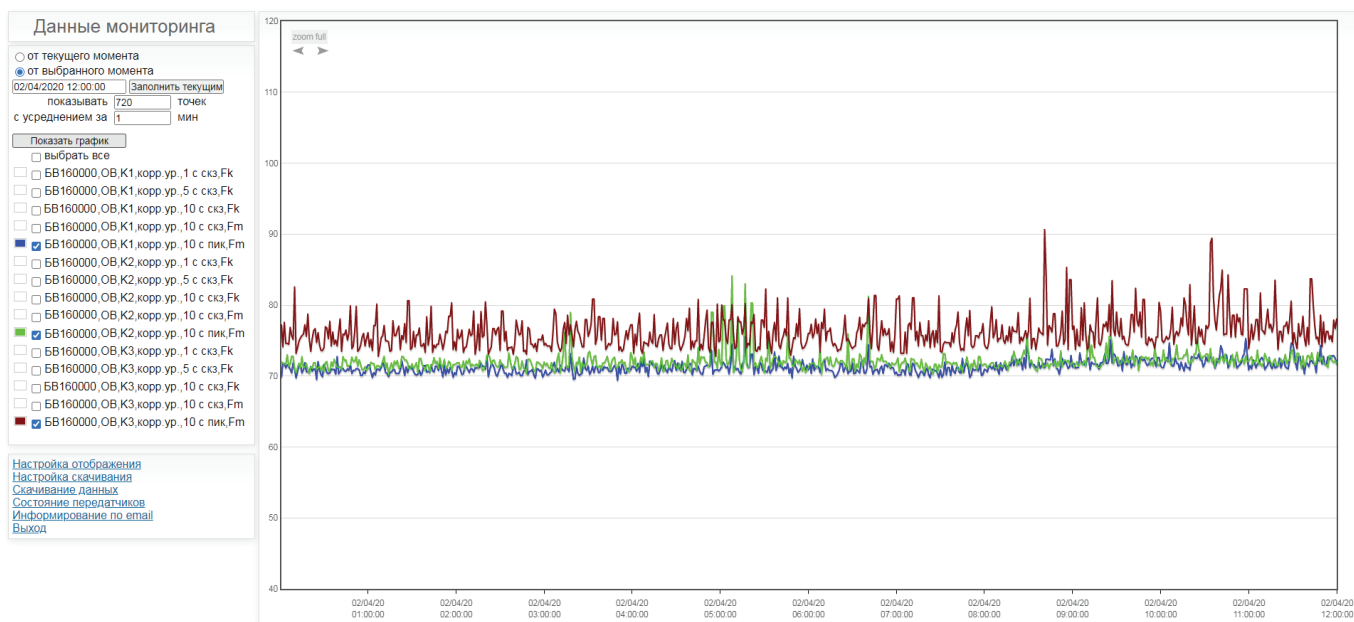


Рис. 1. Система мониторинга вибрации: график измеренных данных

Измерительно-индикаторный блок виброметра размещают в защищенном месте, рядом располагают подключенный к сети интернет компьютер, на который в реальном времени передаются результаты измерений. Специальное программное обеспечение на компьютере осуществляет локальное архивирование этих результатов и выборочную отправку нужных данных на удаленный сервер мониторинга. На рис. 1 представлен фрагмент реальных данных мониторинга вибрации.

В зависимости от задачи датчики вибрации могут устанавливаться

на пол, опору фундамента или опору чувствительного к вибрации предмета с помощью напольной платформы, на стену – с помощью приклеиваемых посадочных мест, на грунт – с помощью соответствующего адаптера.

**Мониторинг выполнения гигиенических нормативов в помещениях жилых и общественных зданий, прилегающих к промышленным источникам вибрации**

Промышленные и транспортные объекты являются источником вибрации, которая представляет собой

вредный фактор, воздействующий на людей в помещениях жилых и общественных зданий (далее – коммунальная вибрация). Для того чтобы снизить вред, установлены гигиенические нормативы коммунальной вибрации для периодов контроля дневного и ночного времени суток (с 7:00 до 23:00 и с 23:00 до 7:00 соответственно). Отсюда следует, что с допустимыми значениями необходимо сопоставлять величину виброускорения, создаваемого исследуемым источником, с усреднением на всем периоде контроля. Наиболее корректным методом

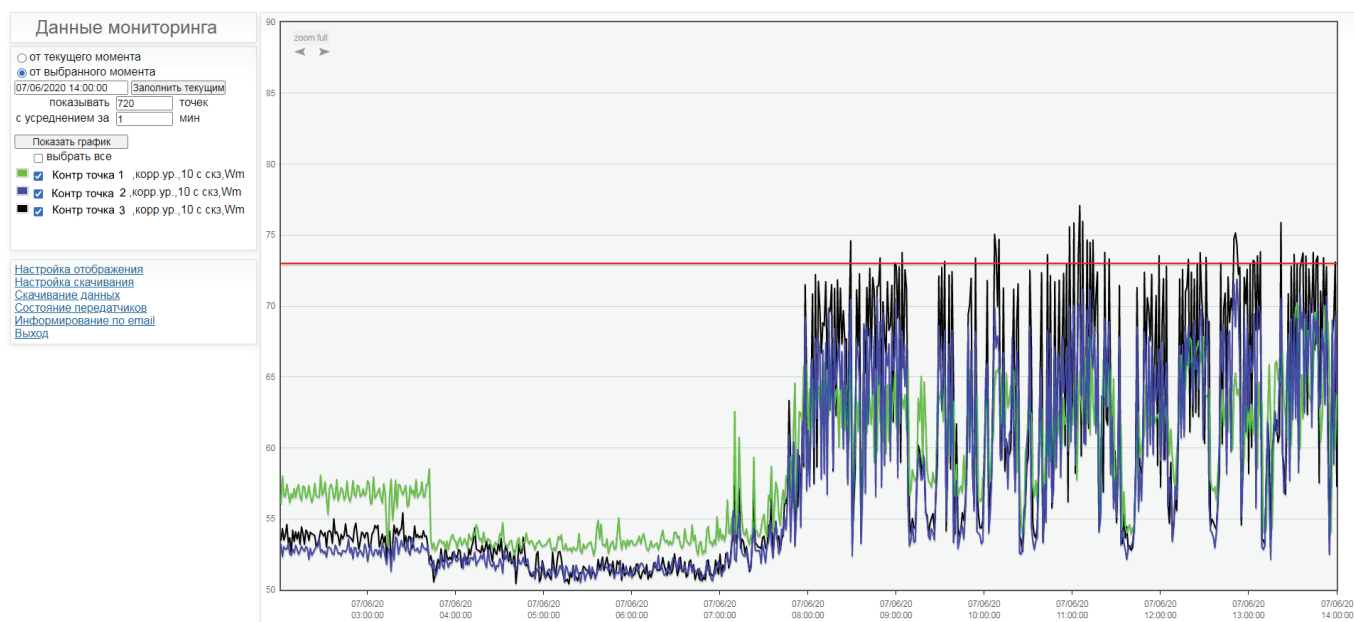


Рис. 2. Данные мониторинга коммунальной вибрации

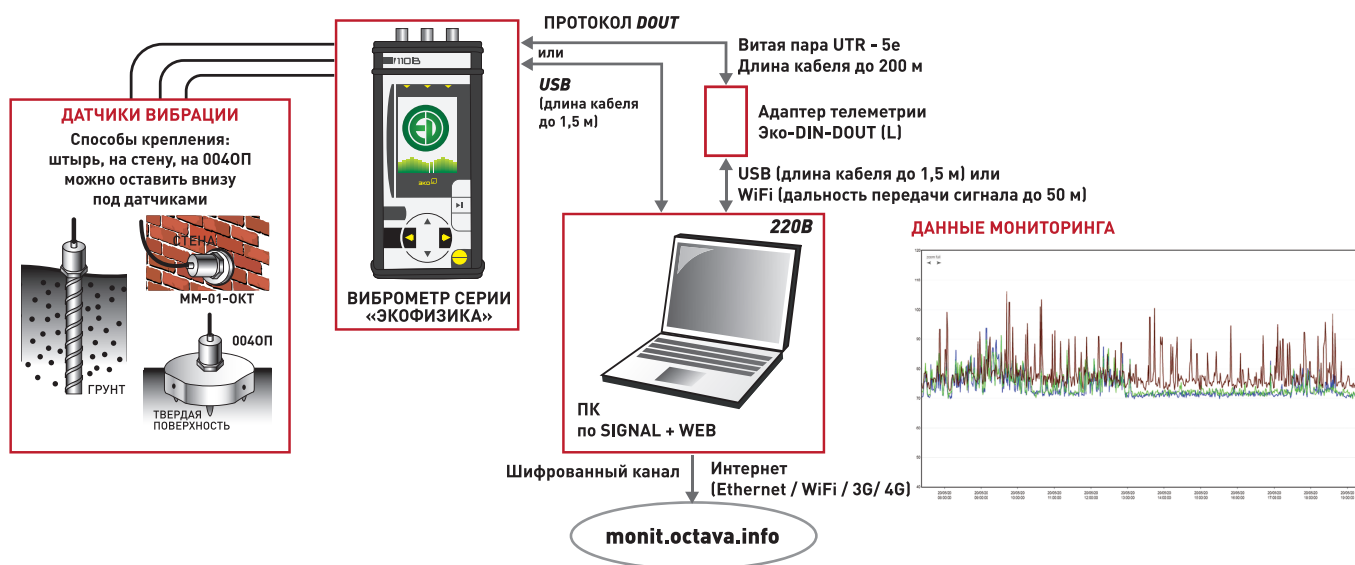


Рис. 3. Компоненты системы мониторинга вибрации

измерения в этом случае является длительное непрерывное мониторинговое хронометрированное измерение вибрации (в течение многих часов, а возможно, и суток).

Одной из сложностей гигиенического контроля коммунальной вибрации является одновременная работа нескольких источников. Известны ситуации, когда требуется одновременно контролировать вибрацию вблизи источника, например вибрационно активной машины, и в нормируемых контрольных точках. Тем самым существенно повышается надежность привязки получаемых значений вибрации в помещении не только к конкретному удаленному источнику, но и к режимам его работы.

#### Описание решения

Решение данной задачи похоже на предыдущее, но с небольшими отличиями.

Во многих случаях требования к виброметру могут быть смягчены в части количества измерительных каналов: вибрация в помещениях жилых и общественных зданий часто

имеет единственное преобладающее направление (обычно вертикальное), что позволяет обойтись одним измерительным каналом.

В качестве контролируемых показателей вибрации следует использовать текущие среднеквадратичные значения ускорения  $W_m$  (с усреднением за 5–10 с), средние за 5–10 минут значения ускорения  $W_m$ , а также в некоторых случаях уровни ускорения в октавных и (или) третьоктавных полосах частот в диапазоне 2–80 Гц (рис. 2).

В остальном система измерений и передачи данных выглядит аналогично той, что описана выше: виброметр передает телеметрию данных на расположенный рядом компьютер, а последний осуществляет передачу нужных сведений на удаленный сервер мониторинга.

Измерительно-индикаторный блок виброметра размещают в защищенном месте, рядом располагают подключенный к интернету компьютер, на который в реальном времени передаются результаты измерений. Специальное программное обеспечение на

компьютере осуществляет архивирование этих результатов и выборочную отправку нужных данных удаленный на сервер мониторинга.

#### Оборудование

Рекомендуемое оборудование:

- ▶ виброметр-анализатор спектра «ЭКОФИЗИКА-111 В» в комплектации «СТРОИТЕЛЬ-111 В»;
- ▶ комплект удлиненных соединительных кабелей для случая, когда контрольная точка отнесена от места размещения прибора более чем на 1 м (но не более 7–10 м);
- ▶ программное обеспечение Signal+WEB;
- ▶ личный кабинет на сервере мониторинга [monit.octava.info](http://monit.octava.info);
- ▶ виброкалибратор КВ-160.

Оборудование и мероприятия, обеспечиваемые заказчиком самостоятельно:

- ▶ защищенное место для установки прибора и компьютера, включая монтаж необходимых шкафов, средств крепежа и пр.);
- ▶ наличие электропитания и подключения к интернету.

Группа «Октава ЭлектронДизайн»,  
г. Москва,  
тел.: +7 (495) 225-5501,  
e-mail: [info@octava.info](mailto:info@octava.info),  
сайт: [www.octava.info](http://www.octava.info)