

**МОНИТОРИНГ**  
**ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УНИКАЛЬНЫХ**  
**ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

---

Часть 1

# Уникальные здания и сооружения

- **Уникальные здания и сооружения** – сооружения, на которые в проектной документации предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик:
  - - использование конструкций и конструктивных систем, требующих применения нестандартных методов расчета, либо разработки специальных методов расчета, либо требующих экспериментальной проверки на физических моделях, а также применяемых на территориях, сейсмичность которых превышает 9 баллов;
  - - высота более 100 м;
  - - пролет более 100 м;
  - - вылет консолей более 20 м;
  - - заглубление подземной части ниже планировочной отметки земли более чем на 10 метров.
- К уникальным зданиям и сооружениям следует относить, также, зрелищные, спортивные, культовые сооружения, выставочные павильоны, многофункциональные офисные, торгово-развлекательные комплексы и т.п. с максимальным расчётным пребыванием более 1000 человек в сутки, а также объекты с более 10000 человек в сутки.

# Цель мониторинга технического состояния оснований и строительных конструкций

Мониторинг технического состояния оснований и строительных конструкций уникальных зданий и сооружений проводят с целью **обеспечения их безопасного функционирования**, его результаты являются основой эксплуатационных работ на этих объектах. При мониторинге осуществляют **контроль за процессами**, протекающими в конструкциях объектов и грунте, для своевременного **обнаружения на ранней стадии тенденции негативного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций и оснований**, которое может повлечь переход объекта в ограниченно работоспособное или **аварийное состояние**, а также получения необходимых данных для разработки мероприятий по устранению возникших негативных процессов

В эксплуатируемом уникальном здании или сооружении, как правило, **доступ** к большей части несущих конструкций существенно **ограничен**, а работы по традиционному обследованию технического состояния конструкций трудоемки и дороги. Для таких объектов применяют **специальные методы и технические средства** раннего выявления и локализации мест изменения напряженно-деформированного состояния конструкций с последующим обследованием технического состояния выявленных опасных участков конструкций.

Для проведения контроля и ранней диагностики технического состояния оснований и строительных конструкций уникального здания или сооружения устанавливают **автоматизированную стационарную систему мониторинга технического состояния** (в соответствии с заранее разработанным проектом), которая должна обеспечивать в автоматизированном режиме выявление **изменения напряженно-деформированного состояния конструкций** с локализацией их опасных участков, определение **уровня крена** здания или сооружения, а в случае необходимости - и других параметров (**деформации, давление** и др.).

Настройку автоматизированной стационарной системы мониторинга осуществляют, как правило, с использованием заранее разработанной **математической модели** для проведения комплексных инженерных расчетов по оценке возникновения и развития дефектов в строительных конструкциях, в том числе и в кризисных ситуациях.

# Автоматизированная стационарная система мониторинга технического состояния оснований и строительных конструкций

- Автоматизированная стационарная система мониторинга технического состояния оснований и строительных конструкций должна:
- - проводить комплексную обработку результатов проводимых измерений;
- - проводить анализ различных измеренных параметров строительных конструкций (динамических, деформационных, геодезических и др.) и сравнение с их предельными допустимыми значениями;
- - предоставлять достаточную информацию для выявления на ранней стадии тенденции негативного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций, которое может привести к переходу объекта в ограниченно работоспособное или аварийное состояние.

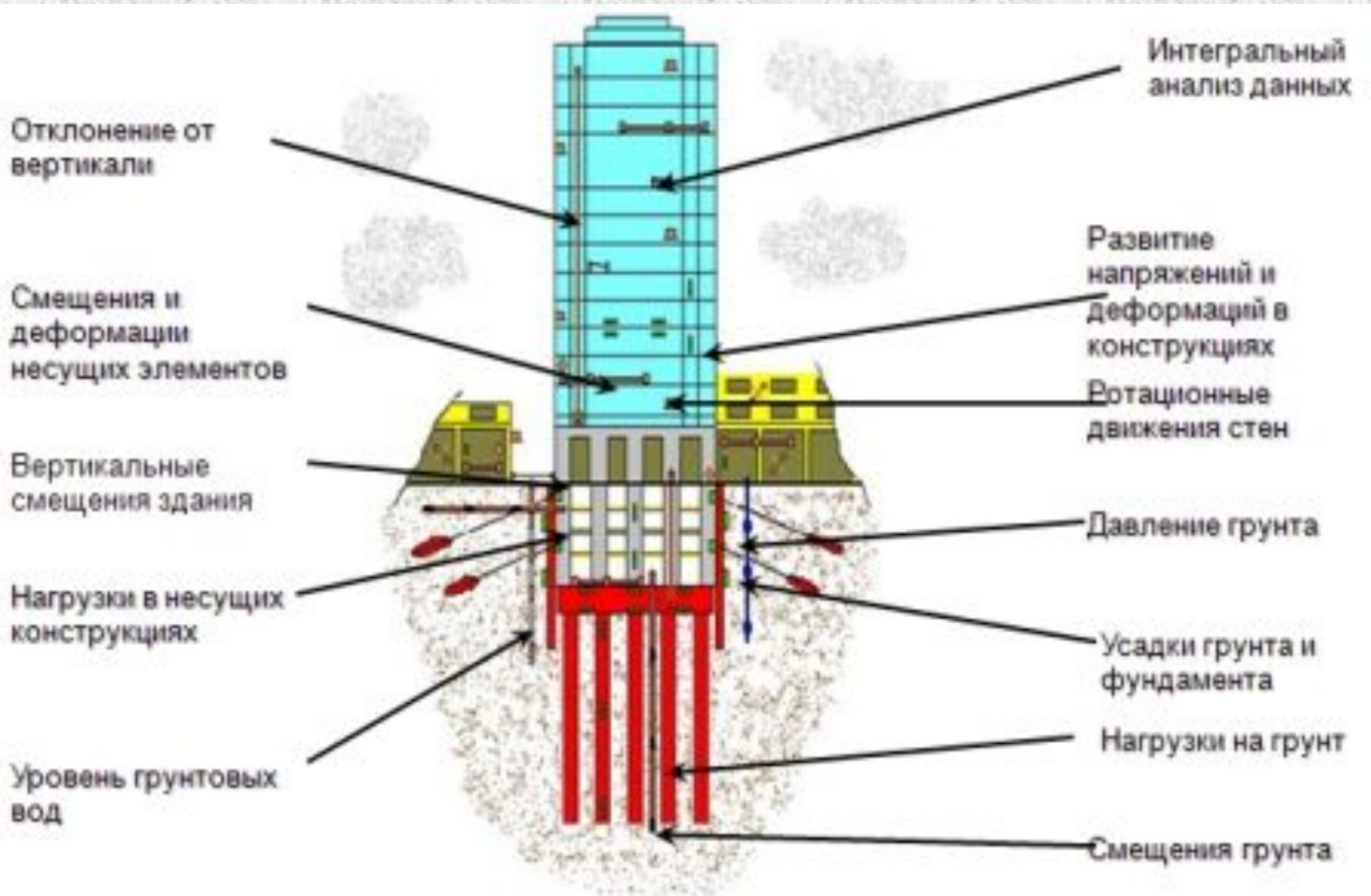
- При выявлении мест изменения напряженно-деформированного состояния конструкций проводят обследование этих частей, и по его результатам делают выводы о техническом состоянии конструкций, причинах изменения их напряженно-деформированного состояния и необходимости принятия мер по восстановлению или усилению конструкций.
- По результатам мониторинга технического состояния оснований и строительных конструкций уникальных зданий и сооружений выдают заключение, форма которого должна быть разработана по результатам проектирования автоматизированной стационарной системы мониторинга технического состояния оснований и строительных конструкций.

**Общие требования** к проектированию и разработке автоматизированных стационарных систем мониторинга технического состояния зданий и сооружений.



- **СМИК** – система мониторинга инженерных конструкций, позволяющая контролировать «жизненный цикл» здания. С годами в любых сооружениях появляются дефекты: возникают прогибы несущих конструкций, могут потерять свои эксплуатационные свойства монолитные железобетонные колонны, балки, опоры и другие элементы. Если контролировать состояние инженерных конструкций, получать своевременно данные измерений физических и технических характеристик объекта, то в этом случае можно вовремя принять меры по усилению конструкций, выполнить ремонт до возникновения серьезных дефектов.

- Система фиксирует любые отклонения от расчетных параметров. Мониторинг осуществляется по таким параметрам, как линейные перемещения, напряженно-деформированное состояние, ускорение и вибрация, уклоны и изгибы конструктивных элементов. Это возможно благодаря тому, что СМИК оснащается сейсмоприемниками, сейсмическим регистратором, датчиками угла наклона и тензорезисторами. Необходимо установить сервер для хранения информации и ее обработки, а также программное обеспечение для управления всеми функциями, проведения математического анализа и отправки информации операторам.



Отклонение от вертикали

Смещения и деформации несущих элементов

Вертикальные смещения здания

Нагрузки в несущих конструкциях

Уровень грунтовых вод

Интегральный анализ данных

Развитие напряжений и деформаций в конструкциях

Ротационные движения стен

Давление грунта

Усадки грунта и фундамента

Нагрузки на грунт

Смещения грунта

Рис. 5

Схема размещения измерительных пунктов на планах конструкций минус 5-го и 27-го этажей здания гостиничного комплекса

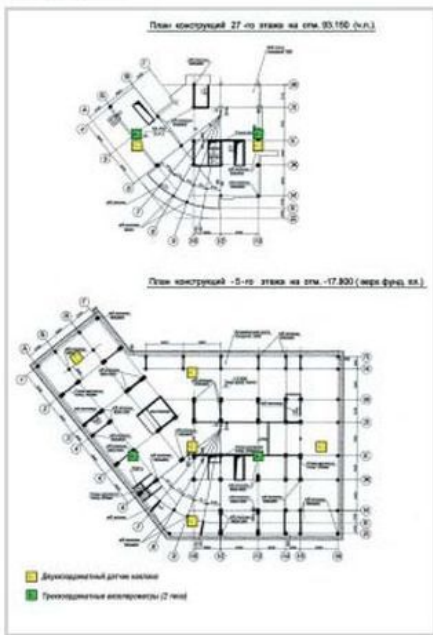
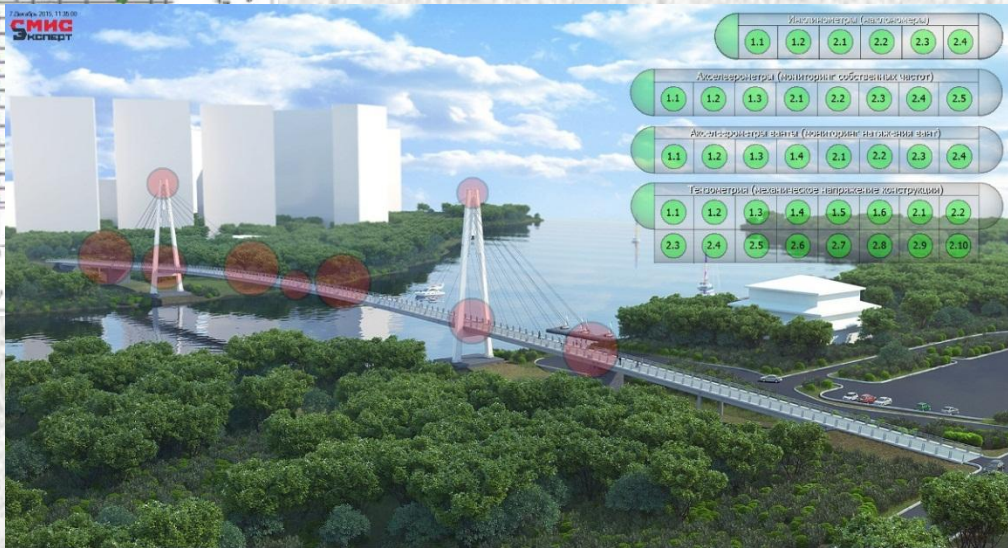
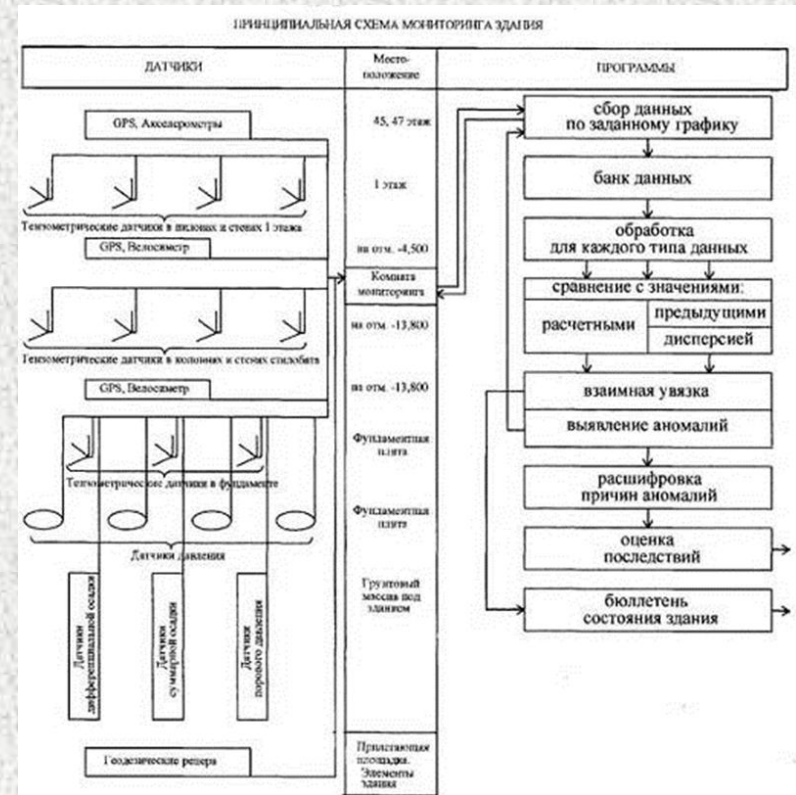
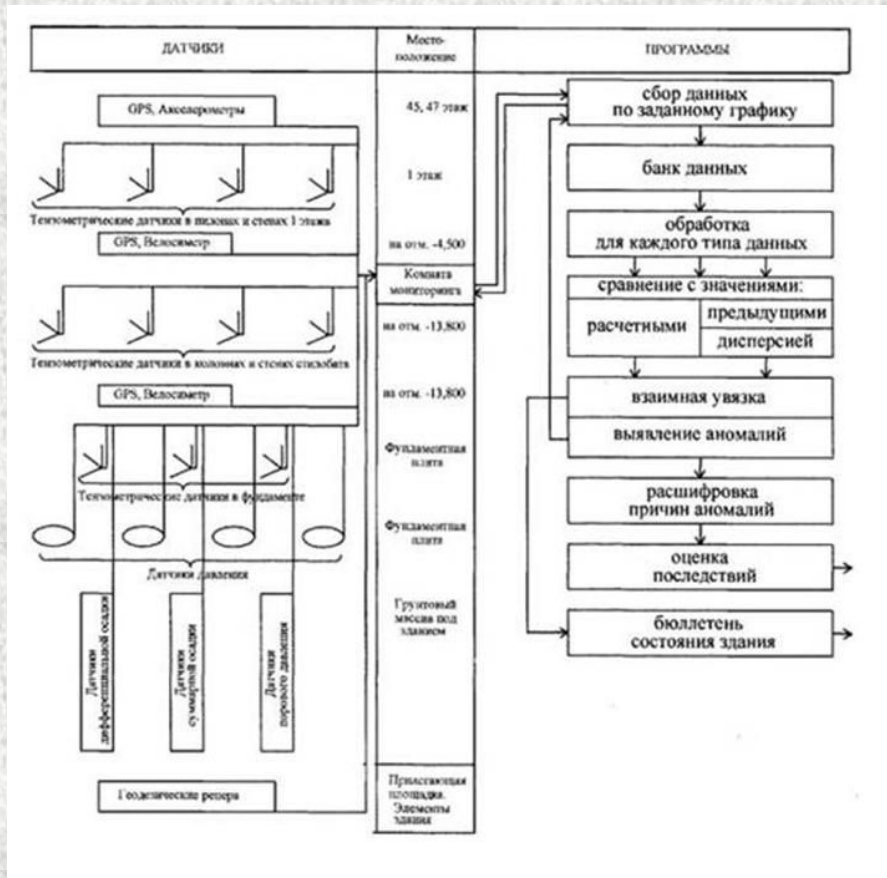


Рис. 6

Схема размещения измерительных пунктов на плане здания гостиничного комплекса



# Принципиальная схема мониторинга зданий и сооружений



# **Приборы** для мониторинга зданий и сооружений

# Датчики напряжений серии BR-VT



Датчики напряжений серии BR-VT позволяют непосредственно измерять напряжения в бетоне, а не получать значения путём определения деформации. С помощью функции измерения температуры можно одновременно измерять напряжения и температуру

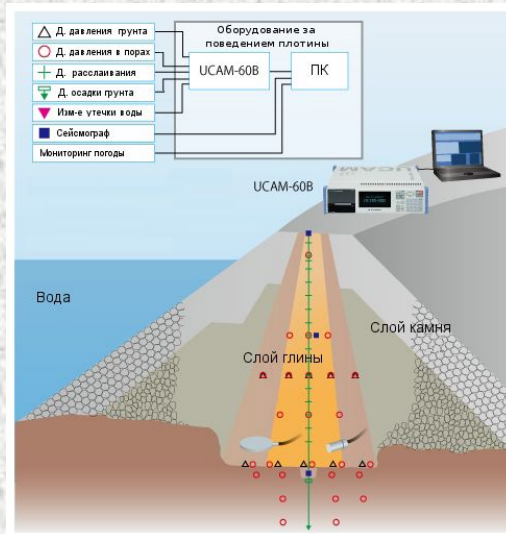


# Датчики грунтового давления серии GTI-E201-S



**Датчики грунтового давления серии GTI-E201-S** созданы для спуска в скважину, проделанную в точке измерения.

Это не только избавляет от необходимости проведения широкомасштабных земляных, восстановительных и насыпных работ, но и позволяет выполнять измерения, не нарушая структуры места измерения.





# Тензометрические датчики серии BS-25AT/BS-25BT



**Тензометрические датчики серии BS-25AT/BS-25BT** предназначены для измерения деформации, возникающей внутри бетона со сравнительно большой долей заполнителей. Так как данные датчики имеют функцию измерения температуры, с их помощью можно одновременно измерять температуру и деформацию.

# Датчики напряжения серии BFD-A-TS



**Датчики напряжения серии BFD-A-TS** созданы для измерения напряжения арматурных стержней, чьи номинальные диаметры больше диаметров при измерениях датчиками серии BF-CT. Датчики серии BFD-A-TS также монтируются путём приваривания обоих концов к арматурному стержню. Существует несколько моделей датчиков на выбор в соответствии с диаметром арматурных стержней. Каждая модель имеет функцию измерения температуры для одновременного измерения напряжения и температуры.

# Датчики серии ВТ-100В



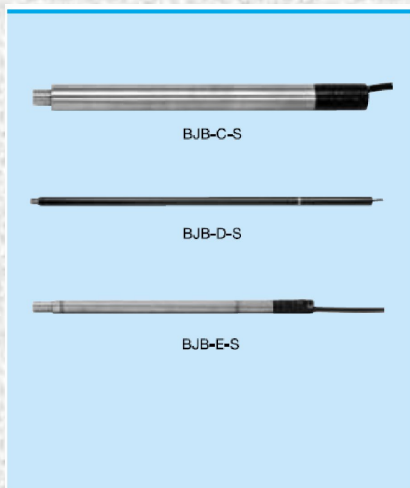
- - Датчики серии ВТ-100В встраиваются в бетон или устанавливаются в грунте и предназначены для измерения распределения температуры конструкций или измерения температуры для компенсации коэффициента линейного расширения бетона.

# Комбинированные датчики серии ВJ-АТ

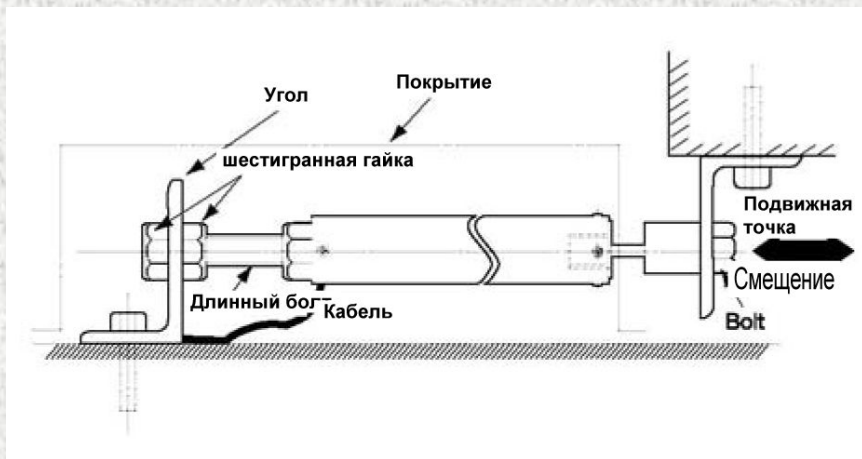


**Комбинированные датчики серии ВJ-АТ** вставляются на стыке примыкающих друг к другу бетонных блоков и предназначены для измерения зазора между блоками. Функция измерения температуры позволяет выполнять одновременное измерение смещения и температуры. Кроме того, для измерения трещин в бетоне или скалистом основании благодаря специализированному приёмнику можно заделывать датчики в бетон, а монтажные ножки или крепления позволяют устанавливать датчик на

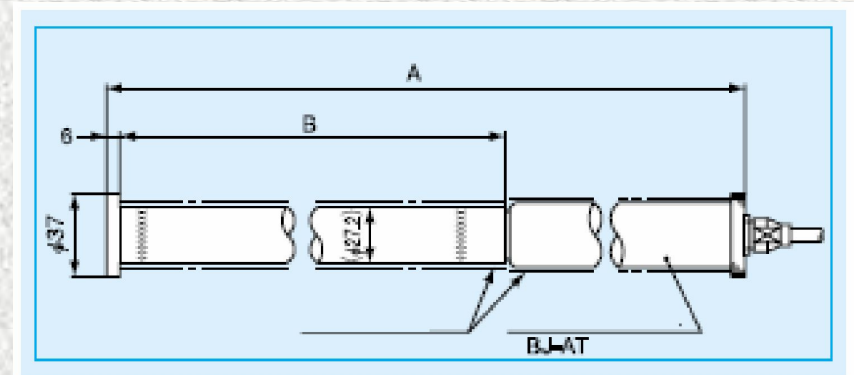
# Датчики смещения серий VJB-C-S, VJB-D-S и VJB-E-S



Датчики смещения серий VJB-C-S, VJB-D-S и VJB-E-S используются для измерения смещения скального основания и осадки грунта. Доступны различные модели на выбор в соответствии с диапазоном измерения, размерами и условиями проведения исследований.



# Датчики серии ВЈС-АТ созданы для измерения трещин внутри бетона



**Датчики серии ВЈС-АТ** созданы для измерения трещин внутри бетона, в который они заделаны. С помощью комбинированного датчика серии ВЈ-АТ проводится измерение трещин, образующиеся между комбинированным датчиком и наконечником соединенного с ним удлиняющего стержня.

## Инклинометры и наклономеры

маятниковые системы для контроля горизонтальных смещений в теле или фундаменте плотин, определении вертикальных отклонений высоких зданий и сооружений, лифтовых шахт;  
многофункциональный регистратор данных (NADIR) для измерений уклона (с пакетом обработки).



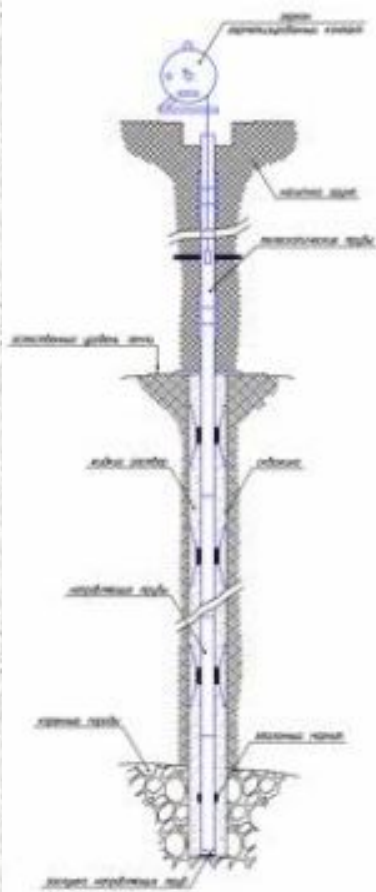
Высокоточная цифровая инклинометрическая система Nadir



Поверхностные наклономеры, магниторезистивные инклинометры, инклинометры с принудительной коррекцией

# Экстенсометры

**Экстенсометры** (измерители смещений, изменений базовых размеров, датчики контроля осадок) - одинарные и многоточечные (с увеличенным измерительным штоком) применяются для насыпей (мониторинг поперечных растяжений, мониторинг осадки или подъема), ленточные измерители применяются для контроля сжатий, измерения расстояний в котлованах или тоннелях, горных выработках



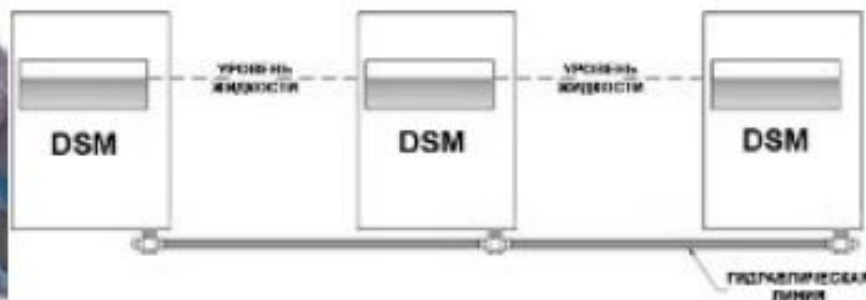
Сдвижной экстенсометр



Магнитный экстенсометр



DSM система контроля осадки здания





## Тензометрические датчики



Электро-резисторный датчик давления



Установка вибрационного датчика деформации на арматуру



Тензометрические датчики напряжений, установленные на стальную конструкцию

# Гидрогеологический (инженерно-геологический) мониторинг



Измеритель микротечений



Вибрационные пьезометры



Пневматический пробоотводник



Вид монтажа на устье скважины

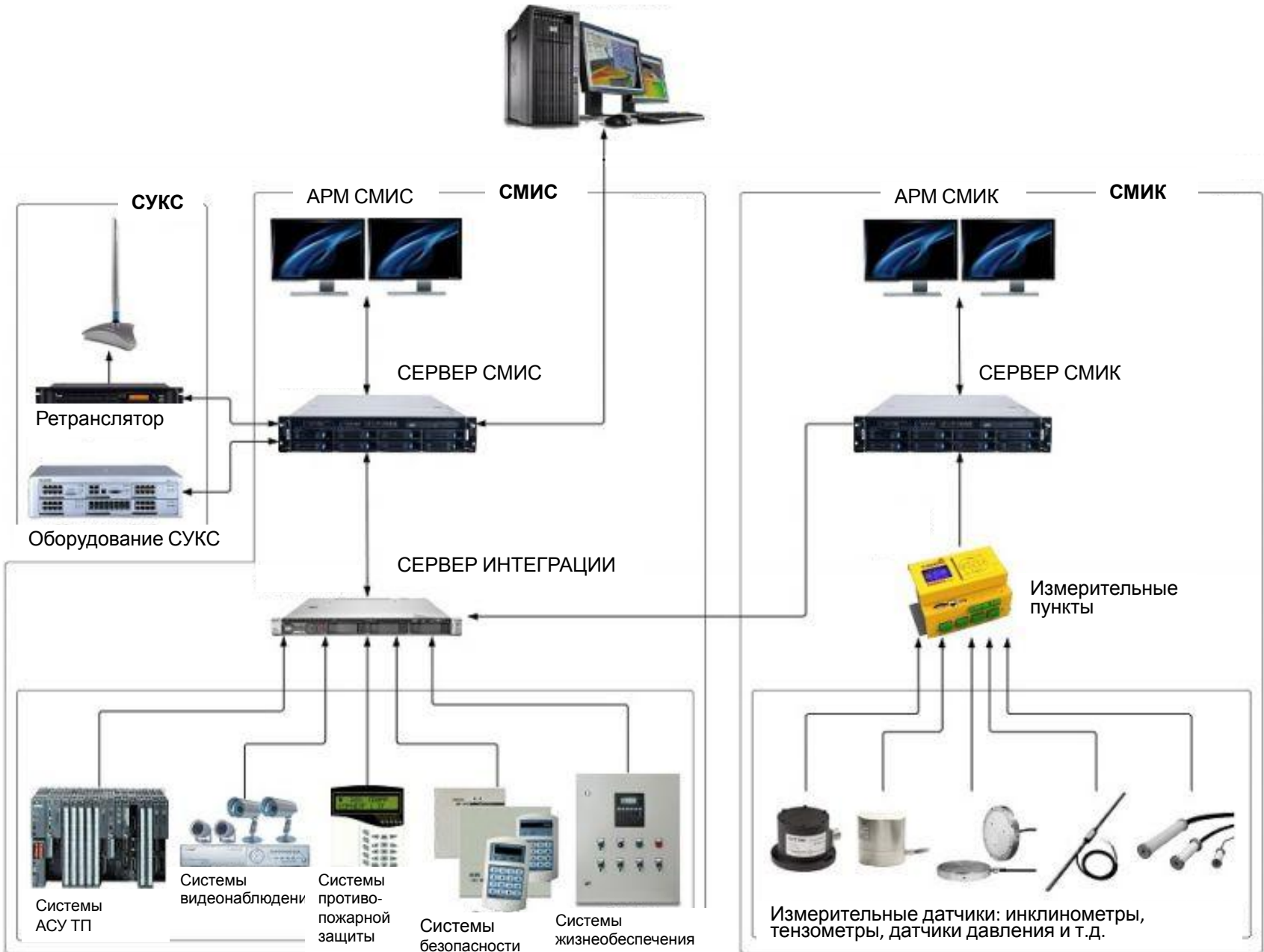


Комплексный датчик-накопитель - интегрированная система

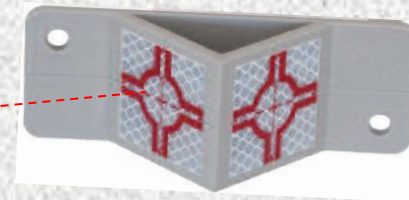


Датчики уровня воды (уровнемеры)

# АРМ ПТК СМИС/СМИК/СУКС ЕДДС/РЧС



## Контроль плано-высотного положения зданий и сооружений с помощью роботизированных тахеометров



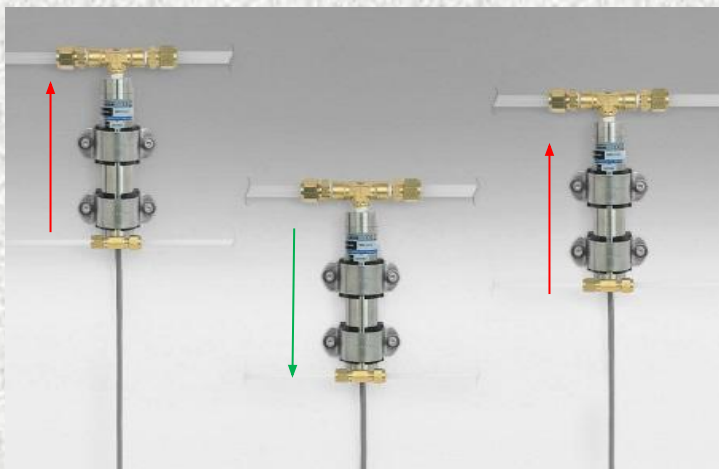
Система предусматривает установку деформационных марок на здания и сооружения. Данные с тахеометров сразу передаются в аналитический центр.

*точность угловых измерений 5''*

*автоматическое наведение на отражатель*

*точность линейных измерений  $\pm (1 \text{ мм} + 1,5 \text{ мм/км})$*

## Контроль высотного положения сооружений в реальном времени с помощью системы гидравлического нивелирования



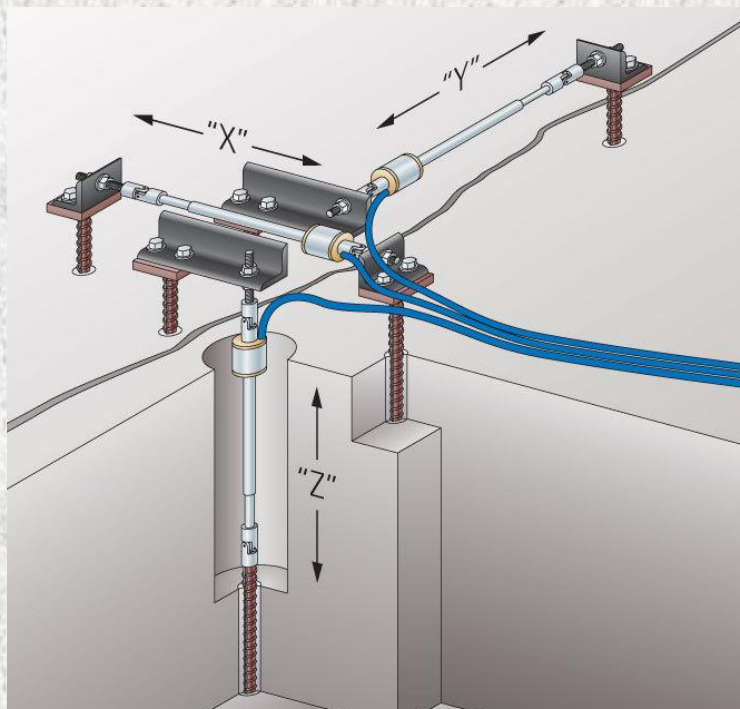
Данные с системы сразу передаются в аналитический центр.

*максимальная разница высотного положения датчиков в контуре 0,20 м;*

*вывод показателей с точностью 0,025% от максимальной разницы положения датчиков;*

*предел допустимой абсолютной погрешности, не более 0,1% от максимальной разницы высотного положения датчиков в контуре.*

# Трещиномеры

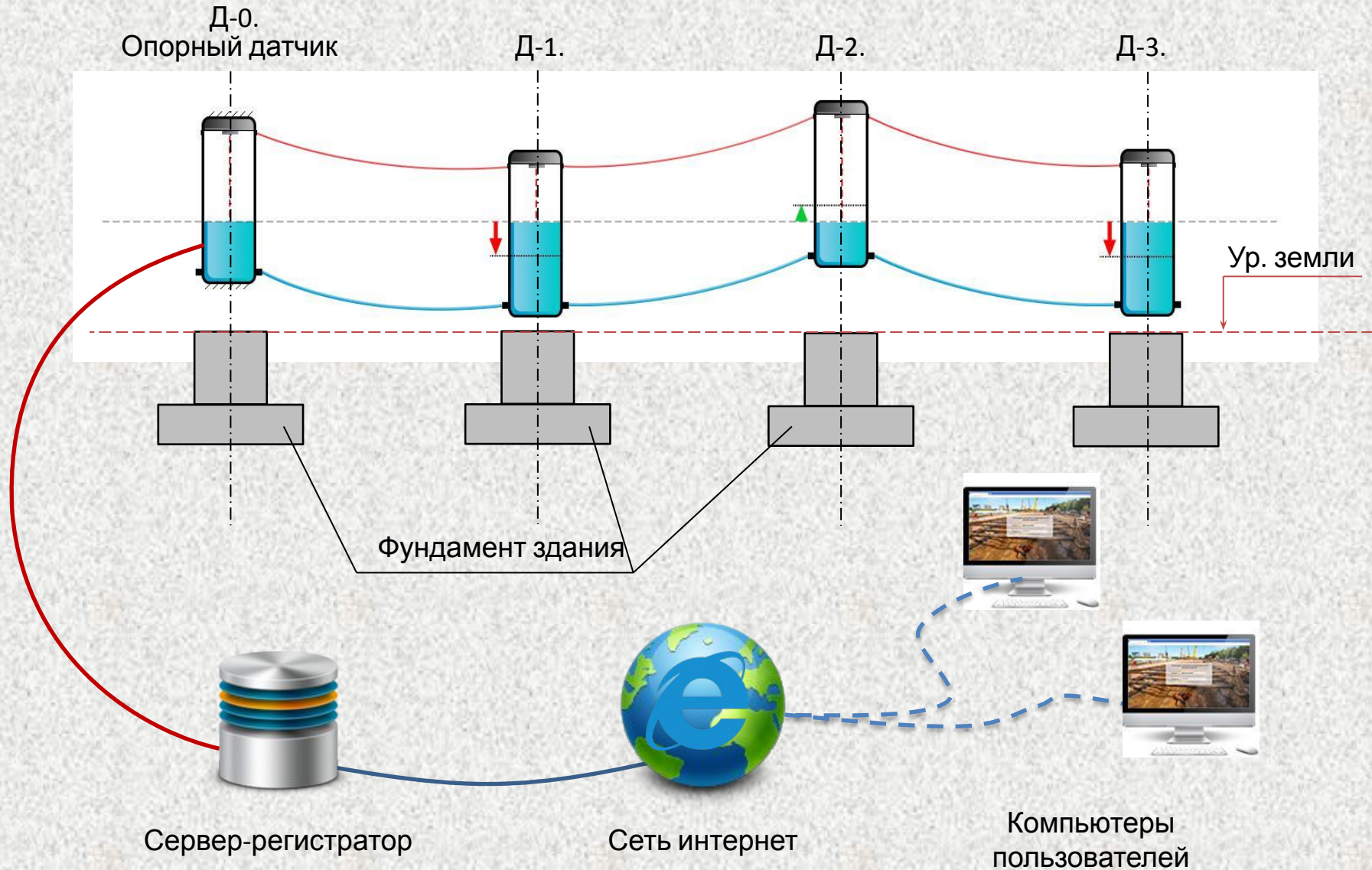


Автоматизированные трещиномеры с возможностью вывода контролируемых параметров в аналитический центр устанавливаются в местах выявленных трещин, вызывающих значительное ослабление сечений, развитие которых продолжается с неослабевающей интенсивностью.

*максимальное раскрытие трещины, мм: 12,5-150(в зависимости от модели);  
вывод показателей с точностью 0,025% от максимального раскрытия для применяемой модели;  
предел допустимой абсолютной погрешности, не более 0,1% от максимального раскрытия для применяемой модели.*



# Система датчиков гидростатического нивелирования для мониторинга деформаций сооружений при проходке тоннелей.



## Датчики гидростатического нивелирования в здании цеха завода «МИГ»



# Форма паспорта здания (сооружения), заполняемого при общем мониторинге

## Приложение II

Форма паспорта здания (сооружения), заполняемого при общем мониторинге зданий (сооружений)

Паспорт здания (сооружения)	
1	Адрес объекта
2	Время составления паспорта
3	Организация, составившая паспорт
4	Назначение объекта
5	Тип проекта объекта
6	Число этажей объекта
7	Наименование собственника объекта
8	Адрес собственника объекта
9	Степень ответственности объекта
10	Год ввода объекта в эксплуатацию
11	Конструктивный тип объекта
12	Форма объекта в плане
13	Категория деформационного состояния объекта
14	Тип воздействия наиболее опасного для объекта
15	Период основного тона собственных колебаний вдоль большой оси
16	Период основного тона собственных колебаний вдоль малой оси
17	Период основного тона собственных колебаний вдоль вертикальной оси
18	Логарифмический декремент основного тона собственных колебаний вдоль большой оси
19	Логарифмический декремент основного тона собственных колебаний вдоль малой оси
20	Логарифмический декремент основного тона собственных колебаний вдоль вертикальной оси
21	Значение крена объекта вдоль большой оси
22	Значение крена объекта вдоль малой оси
23	Фотографии объекта



**МОНИТОРИНГ**  
**ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УНИКАЛЬНЫХ**  
**ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

---

Часть 2

Система мониторинга инженерных  
(несущих) конструкций, опасных  
природных процессов и явлений (СМИК)

- **Система мониторинга инженерных (несущих) конструкций (СМИК)** – подсистема СМИС, осуществляющая контроль показателей надежности здания, сооружения, с целью своевременного предупреждения ситуаций, при которых значения регистрируемых параметров превысят их предельно допустимые величины.

# Цели создания СМИК

## на стадии строительства:

- своевременное обнаружение на ранней стадии осадок, деформаций и перемещений конструкций основания и несущего каркаса здания, которые могут привести к их разрушению, нарушению устойчивости возводимых конструкций, повлечь людские и материальные потери;
- своевременное информирование заказчика о критическом изменении контролируемых параметров;

# Цели создания СМИК

- **на стадии эксплуатации:**
- обеспечение безопасности персонала, посетителей путём автоматического, в режиме реального времени, информирования персонала дежурно-диспетчерской службы объекта и единой дежурно-диспетчерской службы (ЕДДС) города, района о критическом изменении состояния (деформированного состояния) конструкций объекта;
- обеспечение автоматического, в режиме реального времени, мониторинга интегральных характеристик напряженно-деформированного состояния несущих конструкций объекта;

# Цели создания СМИК

- **на стадии эксплуатации:**
- снижение риска утраты несущей конструкцией свойств, определяющих ее надежность посредством своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения состояния (напряженно-деформированного состояния) несущих конструкций, которое может привести к их разрушению и повлечь людские потери, переход здания, сооружения в ограниченно работоспособное, аварийное состояние, к полной или частичной потере несущей способности;
- обеспечение проведения работ периодического мониторинга (обследования).

# Этапы создания СМИК

## 1) создание системы мониторинга:

- проектирование системы мониторинга:
- формирование требований к системе мониторинга;
- разработка концепции системы мониторинга;
- разработка разделов проектной документации системы мониторинга (стадии "Проект", "Рабочая документация");
- строительно-монтажные работы;
- ввод в действие системы мониторинга;

## 2) эксплуатация системы мониторинга.

# **Система мониторинга инженерных систем (СМИС)**



**СМИС** подлежит обязательной установке на потенциально опасных, особо опасных, технически сложных и уникальных объектах, а также на объектах с массовым пребыванием людей

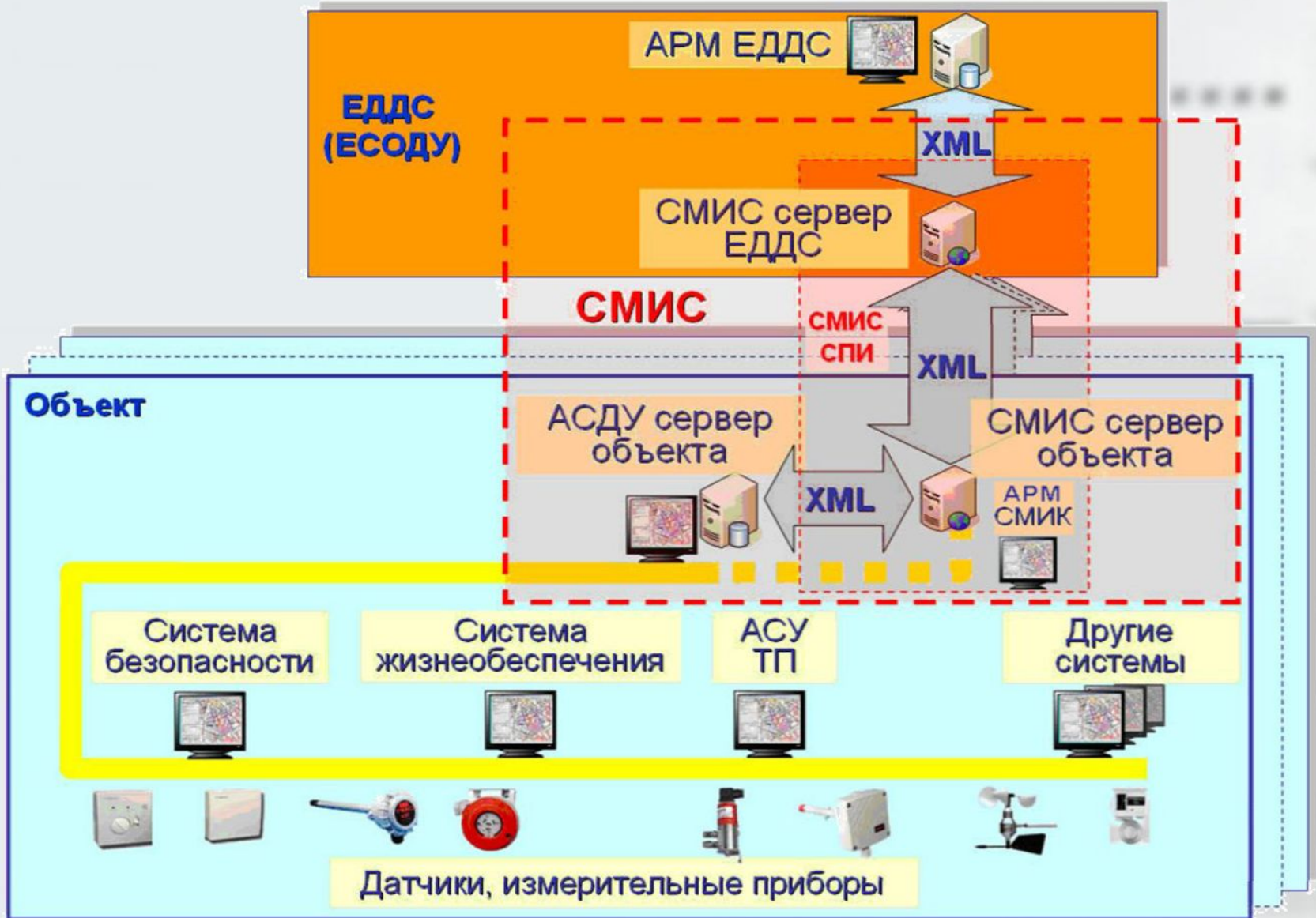
**СМИС** создается для мониторинга систем (систем безопасности, инженерных систем, системы мониторинга несущих конструкций) и передачи объективных данных об угрозах и авариях на объекте на пульт диспетчера ЕДДС или МЧС.

## **В СМИС входят:**

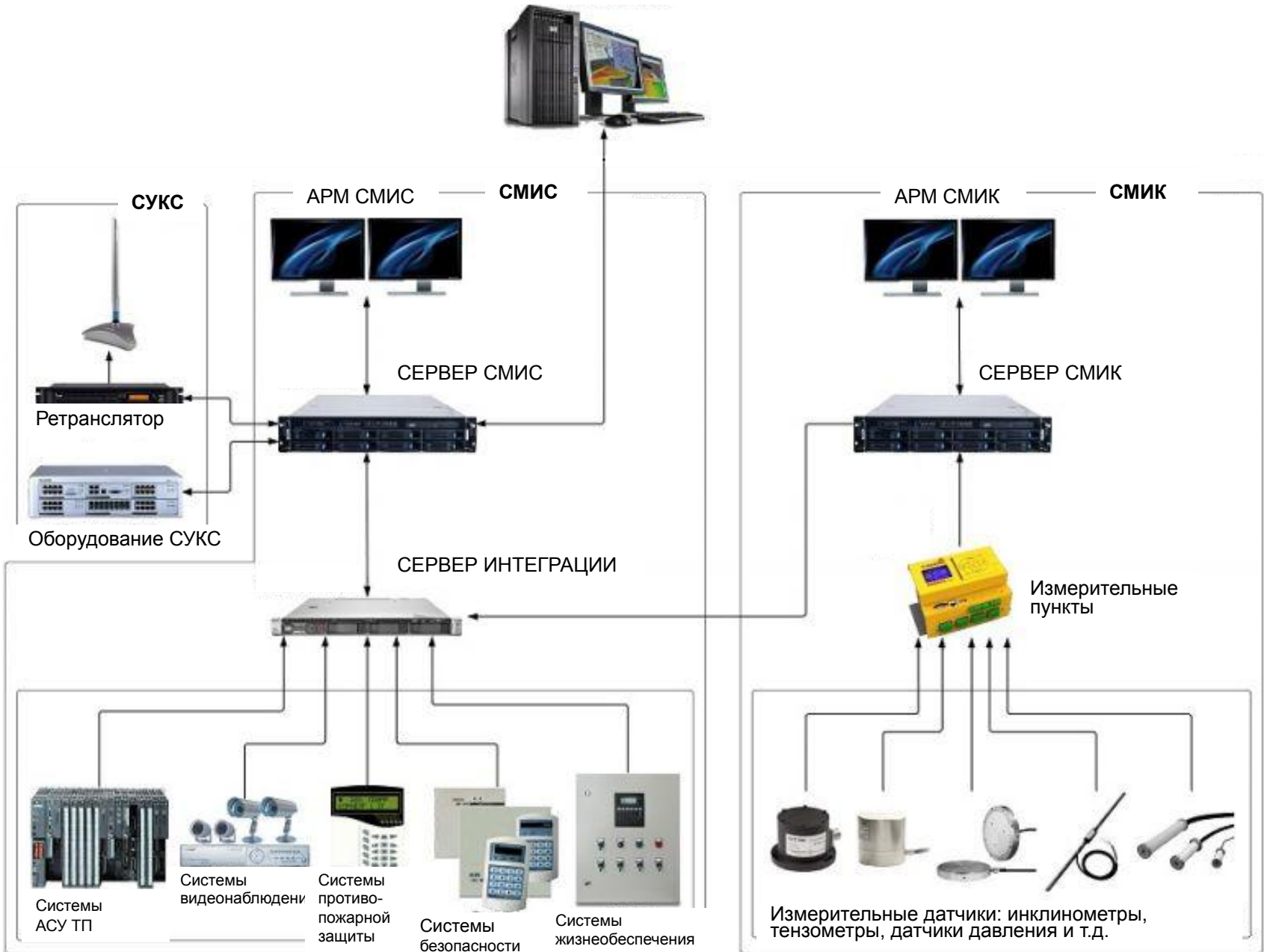
- АСДУ сервер объекта
- СУКС - Система связи и управления в кризисных ситуациях
- СМДС - Система мониторинга деформационного состояния несущих конструкций (СМИК)

- СУКС - это система связи и управления в кризисных ситуациях - подсистема структурированного мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений, обеспечивающего на объекте гарантированную устойчивую телефонную и радиосвязь между оперативно-спасательными службами, специальными формированиями, а также со штабом по ликвидации ЧС. Эта связь станет спасительным источником решения всех сложностей в управлении аварийно-спасательными подразделениями в условиях дестабилизирующих происшествий - во время проведения действий по ликвидации ЧС, в том числе по причине террористических актов

# Структура СМИС



# АРМ ПТК СМИС/СМИК/СУКС ЕДДС/РЧС



## Функции сервера мониторинга СМИС



# Основные сообщения СМИС

- статус изменения (сообщение об изменении текущего состоянии системы или ее элементов: **«включена/выключена»**, **«работает/ не работает»**; изменение режима функционирования **«автоматический/ дистанционный/ ручной/ сервисный»**);
- выход контролируемых параметров на **предаврийные** или **критические** значения или **срабатывание сигнализации** (пожарной или охранной);
- **неисправность** (сбой системы или ее компонентов, не влияющий на выполнение основных функций);

# Основные сообщения СМИС

- **авария** (сбой системы или ее компонентов, влияющий на выполнение основных функций);
- **возвращение** инженерных систем к нормальному режиму функционирования (контролируемые параметры вернулись в норму; неисправности или аварии оборудования устранены; произведена идентификация ложных сообщений);
- **внесение изменений** оператором в параметры функционирования систем (изменение уставок, снятие/постановка помещений на охрану, отключение компонентов систем и т.п.).