

В Е С Т Н И К

**АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

№ 4 (47)

2019

**Научно-технический журнал
Выходит 4 раза в год**

Алматы

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК АЛМАТИНСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Издается с июня 2008 года

УЧРЕДИТЕЛЬ

Некоммерческое акционерное общество
«Алматинский Университет Энергетики и Связи»

Главный редактор – Стояк В.В., канд. техн. наук,
профессор **Зам. главного редактора** – Жауыт А., доктор

PhD Редакционная коллегия:

Сагинтаева С.С., д-р экон. наук, канд. физ.- мат. наук, академик МАИН (Казахстан)

Гита Ревалде, доктор PhD, член-корреспондент Академии наук Латвии (Латвия)

Мустафин М.А., д-р техн. наук (Казахстан)

Анна Мутуле, доктор PhD (Латвия)

Нилуфар Р.А., д-р, техн. наук (Узбекистан)

Обозов А.Д., д-р техн. наук (Киргизстан)

Франческо Сандоро, доктор PhD (Италия)

Орумбаев Р.К., д-р техн. наук (Казахстан)

Мунц В.А., д-р техн. наук (Россия)

Илиев И.К., д-р техн. наук (Болгария)

Галайко Дмитрий, доктор PhD, (Франция)

Потехин В.В., канд. техн. наук (Россия)

Жауыт Алгазы, доктор PhD (Казахстан)

Туманбаева К.Х., канд. техн. наук (Казахстан)

Цветков В.Ю., д-р техн. наук (Беларусь)

Такая Инамори, доктор PhD (Япония)

Кузнецов А.А., д-р техн. наук (Россия)

Алипбаев К.А., доктор PhD (Казахстан)

Кабдушев Б.Ж., канд. истор. наук (Казахстан)

Махмутов С.К., канд. истор. наук (Казахстан)

Технический редактор казахского языка

Алмухаметова Г.С.

Технический редактор русского языка

Ефимова А.Н.

Технический редактор английского языка

Сергеева Л.Д.

С содержанием журнала можно ознакомиться на сайте <http://aues.kz>

Подписаться на журнал можно в редакции журнала и по объединенному каталогу Департамента почтовой связи, подписной индекс -**74108**.

Адрес редакции: 050013, г.Алматы, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи»,
ул. Байтурсынулы, дом 126/1, офис А224

Тел.: 8 708 880 77 99. Е-mail: vestnik@aues.kz

Технический секретарь: Шубаева Д.А.

«Вестник АУЭС», 2019

МРНТИ 67.53.03

**П. А. Кропачев¹, С. К. Абильдин¹, Б. Б. Аубакирова², С. Ж. Тунгышбаева²,
Н. С. Имамбаев²**

¹Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда ²Северо-Казахстанский государственный
университет, г. Петропавловск, Казахстан
aubakirova_68@mail.ru

ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДАТЧИКОВ СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. В статье представлен обзор различных типов датчиков, которые могут применяться в системах мониторинга длительно эксплуатируемых зданий и сооружений с применением цифровых технологий.

Ключевые слова: мониторинг строительных объектов, датчики, технический мониторинг.

Введение

Автоматизация разнообразных технологических процессов, действенное управление агрегатами, автоматами и механизмами требуют многочисленных замеров разнообразных физических величин. Для получения достоверной информации о параметрах проверяемой системы или устройства используются соответствующие датчики, которые подбираются в зависимости от среды и параметров измерения.

системе технического мониторинга строительных конструкций датчики различных типов устанавливаются на элементах конструкций с целью определения влияния физических параметров и параметров силового воздействия на их прочность и деформируемость. Впервые подобные системы были использованы для изучения влияния землетрясений на здания, что помогло глубже понять природу землетрясений, их влияние на конструкции. Проводимые исследования позволили разработать более надежные проекты сооружений, возводимых в зонах с высокой сейсмической активностью, и первые АИС технического мониторинга устанавливали госпитали, дамбы и протяженные мосты и другие значимые объекты [1].

мировой практике АИС мониторинга чаще всего используются при контроле поведения протяженных мостов. Для примера, в Калифорнии на 61 мост установлено 900 датчиков. Калифорнийский департамент транспорта использует полученные данные не только для тестирования проектных решений, но и при устранении повреждений сразу же после больших землетрясений. В странах ЕС применяются оптоволоконные датчики деформации для управления нагрузками на конструкции и определения прогибов железобетонных мостов. В Китае многие большие мосты были подвергнуты инструментальным наблюдениям в течение их строительства [2].

Материалы и методы

Инструментальный мониторинг или контроль по приборам вкупе с АИС позволяют представлять и анализировать данные, полученные с датчиков, установленных на строительном объекте. Непрерывный мониторинг, который способны проводить современные АИС, позволяет в режиме онлайн получить информацию о техническом состоянии элементов и конструкции в целом. Система дает возможность своевременно выявить изменения, оценить и дать прогноз прочности и надежности строительного объекта, предупредить и устранить последствия негативных процессов.

Инструментальный мониторинг на строительных объектах опирается на 4 класса методик, которые представлены на рисунке 1 [5].

Геодезические измерения	Определяют перемещение объекта (здания, сооружения, или отдельных их частей) в пространстве, позволяют измерять осадки и крены. Полученные данные соответствуют состоянию на момент измерений. При достаточно редких по времени замерах не дают подробной динамики поведения объекта. Выполняются: с использованием нивелировки; с использованием современных цифровых датчиков; с использованием спутниковых GPS-технологий; с использованием лазерного сканирования объекта.
Геологические наблюдения состояния грунтового массива в основании и в окрестности здания, сооружения	Ведутся непрерывно, или достаточно часто по времени, есть возможность следить за особенностями динамики объекта. Существует набор схем как разной трудоемкости и стоимости, так и разной разрешающей способности, и информативности - от измерений в отдельных скважинах до межскважинного просвечивания (вплоть до получения 3-мерного томографического изображения). В зависимости от выбора датчиков, можно вести мониторинг дифференциальных (послойных) или суммарных осадок грунтов основания, уровня воды, порового давления в породах (параметра, используемого в расчетах за рубежом). Важную информацию получают при размещении под фундаментной плитой сети датчиков давления на грунт, в сваях - вертикальных нагрузок.
Измерения нагрузок и деформаций в конструкциях фундамента и надземной части здания, сооружения	Имеется набор инструментов, с использованием вибрационных датчиков напряжений, монтируемых по 1-, 2- и 3-м пространственным координатам X, Y, Z в точке и размещаемых в фундаментной плите, а также в стенах, пилонах и колоннах здания. Наблюдения ведутся в автоматическом режиме и непрерывно.
Сейсмометрические методики	Замеры выполняются: деформографами, наклономерами, сейсмометрами (велосиметрами, акселерометрами). Схемы наблюдений включают варианты возбуждения колебаний здания как искусственными (удары, вибраторы), так и естественными (ветер, микросейсмы) источниками. Дают «мгновенную» картину состояния объекта, наблюдая которую во времени можно получить разнообразную информацию об особенностях динамики здания, сооружения.

Рисунок 1 – Классы методик инструментального мониторинга зданий и сооружений

Используя первые 3 типа наблюдений, можно получить «прямую» информацию (величины осадок, нагрузок и пр.), а фиксация колебаний требует достаточно сложной предварительной обработки и создания моделей динамики сооружения.

сейсмометрических методиках же схемы наблюдений могут быть достаточно простыми (вплоть до одной точки) [4]. Они дают возможность контролировать величины ускорений, позволяют судить о совместной работе здания, сооружения и грунтов основания, выявить неизвестные ранее явления.

таблице 1 рассмотрим виды датчиков и возможности их применения для технического мониторинга строительных объектов [3].

Таблица 2 –Классификация датчиков, применяемых в системах технического мониторинга длительно эксплуатируемых строительных объектов

№	Вид датчика	Применение
1	Датчик угла наклона (инклинометр, наклонометр)	Измеряют угол наклона при различных статистических и динамических отклонениях строительных конструкций по горизонтальной и вертикальной поверхностям. Датчик устанавливается на бетонные и металлические поверхности с помощью анкерных креплений. Применяется для мониторинга мостов, опор исторических зданий и сооружений, бетонных плотин, подпорных стен.
2	Датчик измерения напряжения и деформации (тензометр)	Мониторинг деформационных отклонений выполняется струнными тензометрами – позволяют оценивать напряжения в стали или в массивных бетонных конструкциях. Термистор, встроенный в датчик, дает информацию о температурных воздействиях. Струнные тензометры могут привариваться дуговой сваркой (трубы, туннели, сваи и мосты) либо закладываться при строительстве для измерений деформации в бетонных конструкциях.
3	Датчик измерения вибрации (акселерометр)	Универсален при мониторинге колебаний конструкций (зданий, мостов, большепролетных сооружений, оснований зданий, дамб, плотин). В основе работы акселерометра лежит концепция форс-балансных серво-акселерометров с инертной массой, связанной с катушкой в магнитном поле. Датчик имеет электронную настройку смещения нуля, что упрощает его настройку.
	Датчик измерения смещения (экстензометр)	Датчики используются в сочетании с инклинометрической обсадной трубой из АБС-пластика и магнитными кольцами для измерения осадки или вздувания. Они соединены между собой нержавеющей стальной проволокой или стержнями. Располагаются на разной глубине, в точке осадки, базовой точке на устье, на забое скважины. Магнитные кольца доступны в разных вариантах: для скважин (тип «паук») и для фундаментов (тип «пластина»). Измерения выполняются зондом вертикального инклинометра и зондом, фиксирующим магнитные метки.
5	Климатические датчики (различные климатические сенсоры)	Сенсоры влажности и температуры измеряют и контролируют относительную влажность и температуру внутри помещений и т. п. Сенсоры скорости и направления ветра измеряют горизонтальную скорость и направление ветра, что важно для высотных и широкопролётных строений.

На рисунке 2 представлен пример использования датчика измерения вибрации в полотне моста.

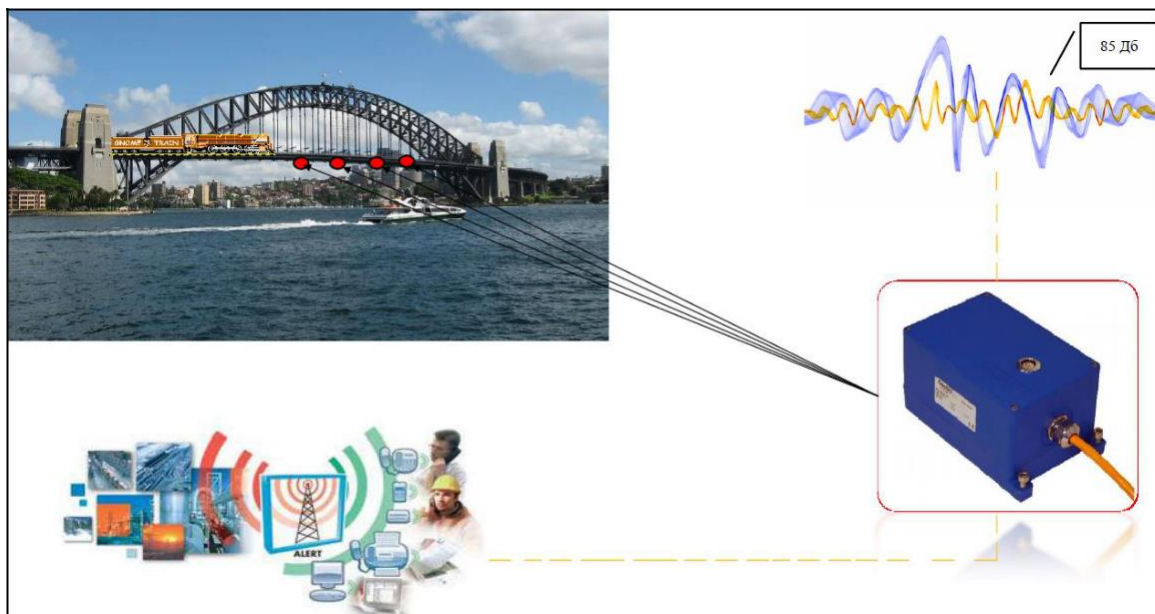


Рисунок 2 – Использование датчика измерения вибрации в полотне моста

Применяемые в АИС датчики и алгоритмы зависят от решаемой задачи. Подбор цифровых технологий зависит от вида здания или сооружения, района его строительства, климата и прочих факторов. Акселерометры чаще всего устанавливают на мостах – измеряют частоту колебаний, если здание или сооружение находится в сейсмически активных районах, на общественных, спортивных сооружениях; но на общественных зданиях, особенно на не высоких, устанавливать их смысла нет.

Из всего вышесказанного следует, что проектировщики АИС технического мониторинга строительных объектов должны решать задачу соответствия АИС и применяемых для технического мониторинга датчиков и их параметров типу контролируемых строительных объектов.

Результаты и обсуждение

Система технического мониторинга длительно эксплуатируемых зданий и сооружений с применением цифровых технологий должна иметь следующий обязательный набор датчиков:

- Датчики угла наклона (инклинометры, наклонометры);
- Датчики измерения напряжения и деформации (тензометры);
- Датчики измерения вибрации (акселерометр);
- Датчики измерения смещения (экстензометр).

Датчики размещаются в наиболее нагруженных элементах конструкций. Места размещения определяются расчетом напряженно-деформированного состояния конструкций с использованием, например, программного комплекса ANSYS (статическое нагружение) или LS-DYNA (динамическое нагружение). Система мониторинга должна обеспечивать передачу данных с контролируемых конструкций без визуального их осмотра.

Выводы

Современная промышленность выпускает огромное количество датчиков, которые могут быть использованы в системах технического мониторинга длительно эксплуатируемых зданий и сооружений с применением цифровых технологий. Датчики одного типа могут различаться, в частности – по цене, качеству, фирме-производителю. В

связи с этим на стадиях проектирования, разработки и тестирования автоматизированной системы технического мониторинга строительных конструкций зданий и сооружений необходимо подобрать типы датчиков, в наибольшей мере отвечающих заданным параметрам измерений и выполняемым задачам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Леденёв В.В. Обследование и мониторинг строительных конструкций зданий и сооружений: учебное пособие / В.В. Леденёв, В.П. Ярцев. – Тамбов: Изд-во ФГБОУВО «ТГТУ», 2017. – 252 с.

Болдырев Г.Г., Епинин Е.С. Целесообразность применения автоматизированных систем мониторинга для оценки текущего состояния строительных конструкций зданий и сооружений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://old.atomsro.ru/Magazine/22/files/assets/se0/page28.html>

Живаев А.С. Мониторинг строительных конструкций. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пенза, ПГУАС, 2011. – 178 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/monitoring-stroitelnykh-konstruktsii>

Boldyrev G.G., Zhivaev A.A. System for Static and Dynamic Monitoring and Ice Sport Arena. Proceed. of the 8th Internat. Workshop on Structural Health Monitoring. Ed. Fu-Kuo, Stanford University, USA, 2011, pp. 378-385.

Схемы мониторинга конструкций и оснований высотных зданий [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://zetlab.com/opyit-proektirovaniya-i-ekspluatatsii-shem-monitoringa-konstruktsiy-i-osnovaniy-vyisotnyih-zdaniy/>

LIST OF REFERENCES

Ledenev, V. V. Inspection and monitoring of building structures of buildings and structures: a training manual / V.V. Ledenev, V.P. Yartsev. - Tambov: Publishing House of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "TSTU", 2017. - 252 p.

Boldyrev G.G., Epinin E.S. The feasibility of using automated monitoring systems to assess the current state of building structures of buildings and structures [Electronic resource] - Access mode: <http://old.atomsro.ru/Magazine/22/files/assets/se0/page28.html>

Zhivaev A.S. Monitoring of building structures. The dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Penza, PGUAS, 2011. –178 p. [Electronic resource] - Access mode: <https://www.dissercat.com/content/monitoring-stroitelnykh-konstruktsii>

Boldyrev G.G., Zhivaev A.A. System for Static and Dynamic Monitoring and Ice Sport Arena. Proceed. of the 8th Internat. Workshop on Structural Health Monitoring. Ed. Fu-Kuo, Stanford University, USA, 2011, pp. 378-385.

Monitoring schemes for structures and foundations of high-rise buildings [Electronic resource] - Access mode: <https://zetlab.com/opyit-proektirovaniya-i-ekspluatatsii-shem-monitoringa-konstruktsiy-i-osnovaniy-vyisotnyih-zdaniy/>

**TO THE QUESTION OF APPLICATION OF VARIOUS TYPES OF
SENSORS IN MONITORING SYSTEMS FOR LONGLY OPERATED
BUILDINGS AND STRUCTURES**

**A. Kropachev¹, S. K. Abildin¹, B. B. Aubakirova², S. Zh. Tungyshbayeva²,
N. S. Imambaev²**

¹Karaganda State Technical University, Karaganda ²North
Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan
aubakirova_68@mail.ru

Annotation. The article provides an overview of various types of sensors that can be used in monitoring systems for long-running buildings and structures using digital technologies.

Key words: monitoring of buildings and structures, sensors, technical monitoring.

**ҰЗАҚ ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН ҒИМАРАТТАР МЕН ҚҰРЫЛЫСТАРДЫҢ
МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ДАТЧИКТЕРДІҢ ТҮРЛІ ТИПТЕРІН
ПАЙДАЛАНУ МӘСЕЛЕСІ БОЙЫНША**

**П. А. Кропачев¹, С. К. Абильтин¹, Б. Б. Аубакирова², С. Ж. Тунгышбаева²,
Н. С. Имамбаев²**

¹Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.
²Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Петропавл қ,
Қазақстан aubakirova_68@mail.ru

Аңдатпа. Мақаладасандық технологияларды қолданып ұзақ пайдалануға берілетін ғимараттар мен құрылыстардың мониторингі жүйесінде қолданылатындатчиктердің түрлі типтеріне шолу келтірілген.

Тірек сөздер: ғимараттар мен құрылыстардың мониторингі, датчиктер, техникалық мониторинг.

таратқыштың импульсі және одан кейінгі шағылысқан импульстар болып табылады. Таратқыштың импульсінен және ортада жату тереңдігін анықтау мақсатында көрсетілген сигналдардың кідірту уақытын бағалау керек.

Нәтижелері

Төменде ұсынылған суреттерде "Prism 2" бағдарламасында 300 МГц жиілігімен антеннаны қолдану арқылы тәжірибе нәтижелерінің өңделген радарограммасы көрсетілген. Зерттеу барысында келесі нәтижелер алынды: