

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

АНАЛИЗ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В статье представлен аналитический обзор систем мониторинга длительно эксплуатируемых зданий и сооружений на основе цифровых технологий.

Ключевые слова: мониторинг строительных объектов, цифровые технологии, технический мониторинг.

Введение

Одной из актуальных проблем постсоветских стран, в том числе и Казахстана, является сохранение и безопасная эксплуатация промышленных зданий и сооружений, построенных еще во времена СССР. Несущие конструкции указанных зданий и сооружений имеют значительный физический износ, что повышает риск аварийного разрушения, поэтому необходимо на таких объектах устанавливать системы технического мониторинга.

Технический мониторинг представляет собой процесс, который включает в себя: контроль, анализ и оценку испытания строительных объектов. Прежде всего испытанию подвергаются несущие конструкции. Определение текущего технического состояния, выявление степени физического износа, дефектов и повреждений, установление эксплуатационных качеств конструкций, прогнозирование их поведения в будущем – главная цель технического мониторинга [1].

Создание альтернативных методов оценки фактического технического состояния несущих конструкций в процессе их эксплуатации вызвано узостью применения существующих методов неразрушающего контроля. Впервые данные методы были разработаны и применены в исследованиях ВПК и авиастроении, так, был разработан метод оценки текущего (непрерывного) напряженно-деформированного состояния конструкций. В современных исследованиях, благодаря развитию информатики и средств автоматизации процессов, стала применяться непрерывная диагностика технического состояния несущих конструкций с использованием автоматизированных систем мониторинга. В зарубежной практике их называют «Structural Health Monitoring – SHM» («системы мониторинга здоровья конструкций») или «On-Line Monitoring» («непрерывный мониторинг», данное название применяется в атомной энергетике) [2].

Материалы и методы

Технический мониторинг зданий и сооружений в целом представляет собой проверку функционирования различных систем: эксплуатационной надежности основания, несущих ограждающих конструкций, инженерных сетей и систем и т. д. Все это включает реализацию комплекса инженерных исследований, в том числе – геодезических измерений, инженерно-геологических изысканий, измерения возможных деформаций. Общую структуру системы технического мониторинга строительных объектов можно представить в соответствии с рисунком 1.



Рисунок 1 – Система технического мониторинга строительных объектов

Технический мониторинг зданий и сооружений. Представляет собой систему контроля и наблюдений, которые производятся регулярно, согласно определенной программе. Данная система может дать оценку фактического технического состояния здания и сооружения, проанализировать происходящие процессы и своевременно выявить тенденции негативных изменений.

Наблюдение. Представляет собой систему мероприятий, которые обеспечивают определение параметров, характеризующих фактическое техническое состояние объекта наблюдения, отдельных его элементов, видов воздействия на него.

Система контроля. Основная ее функция – сопоставлять полученные данные о фактическом техническом состоянии объекта наблюдения с установленными критериями нормами воздействия, с целью оценки их соответствия [3].

Существует 4 этапа технического мониторинга строительных объектов, их взаимосвязь представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Этапы технического мониторинга строительных объектов

Мониторинг строительных объектов охватывает круг вопросов, описывающих обеспечение эксплуатационной надежности строительных объектов, разработку проектной документации по их реконструкции, проведение нужных ремонтно-восстановительных работ.

На примере России можно рассмотреть внедрение Структурированной системы мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (СМИС). Указанная система внедрена на ряде промышленных объектов с 2012 года.

Основное назначение СМИС - автоматический мониторинг систем инженерно-технического обеспечения, состояния основания, строительных конструкций строительных объектов, технологических процессов, сооружений инженерной защиты. Она в режиме онлайн передает информацию об угрозах в органы управления РСЧС. Сама СМИС была создана после цепи терактов в Российской Федерации в 1990-2000 годах, и цель ее создания. При разработке данной системы группа разработчиков опиралась на требования ГОСТ Р 22.1.12-2005. Согласно п. 4.9 ГОСТ Р 22.1.12-2005, СМИС обязательно устанавливается на технически сложных и уникальных объектах и

потенциально или особо опасных объектах [4]. Структурная схема АИС мониторинга СМИС представлена на рисунке 3.

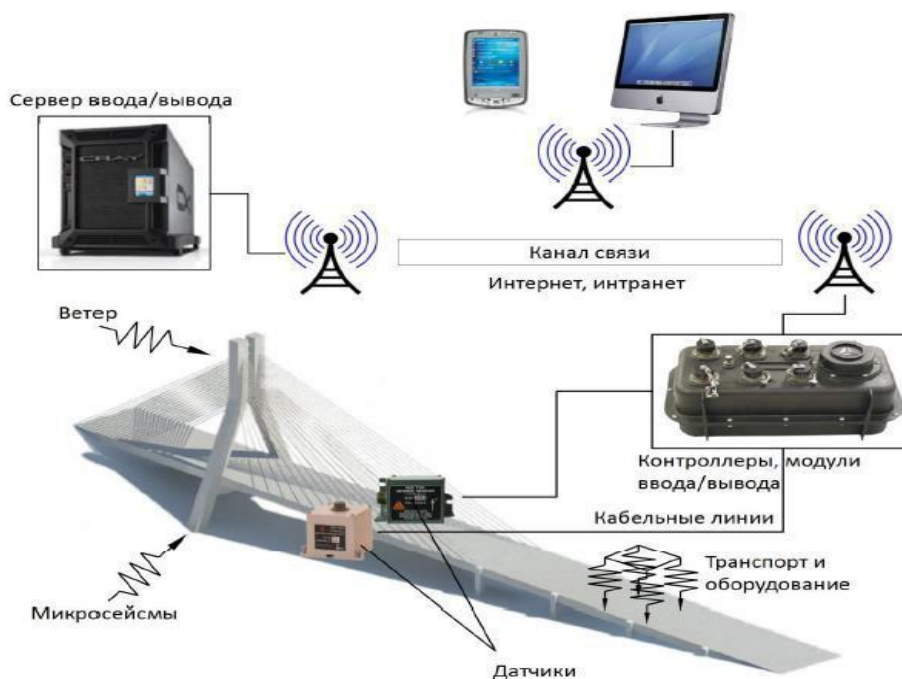


Рисунок 3– Структурная схема АИС мониторинга СМИС

Преимущества системы:

Работает непрерывно, в режиме онлайн контролирует параметры технического состояния несущих конструкций.

С заданным интервалом времени диагностирует места возникновения дефектов (зарождающихся микротрещин, деструкции материала и других), оценивает остаточный ресурс несущих конструкций.

Применяя СМИС, можно назначать даты планового ремонта несущих конструкций согласно техническому состоянию, что позволяет увеличить межремонтные сроки и сократить затраты при эксплуатации.

Использование АИС мониторинга СМИС повышает безопасность производства, так как данная система, в случае превышения заданных для диагностики параметров, выдаёт сообщения на рабочее место оператора [4].

Как любая система мониторинга, СМИС имеет набор датчиков различного назначения, регистраторов и набор программ, которые предназначены для управления процессом сбора данных, их хранения в базе данных, обработки данных с использованием специальных процедур и алгоритмов.

В Казахстане на основе СНиП РК 3.02-05-2010 также разрабатываются подобные системы, в частности – автоматизированная система мониторинга зданий и сооружений фирмы «Инвент – Автоматика» (г. Алматы) [2]. Она предназначена для технического мониторинга:

- Всего сооружения в целом, так и отдельных его элементов;
- Изучения и оценки воздействия на здание или конструкции нагрузок и воздействий любого вида или их комбинаций.

В режиме реального времени АИС непрерывно мониторит и анализирует состояние несущих конструкций и передает замеренные параметры в дежурно-диспетчерские службы этих объектов. Это позволяет оценить, предупредить и вовремя ликвидировать

дестабилизирующие факторы, прогнозировать возникновение ЧС или сообщить о факте его возникновения.

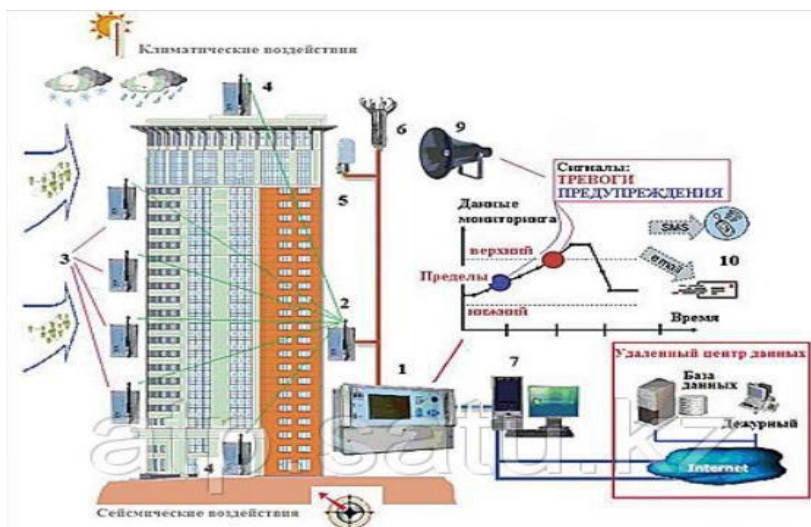


Рисунок 3 – Структурная схема АИС мониторинга зданий и сооружений на основе СНиП РК 3.02-05-2010

Комплексный подход, т.е. одновременное измерение величин различной физической природы многообразием типов датчиков является особенностью АИС этого класса. Применение различных типов датчиков позволяет повысить достоверность определения событий, обеспечить более точную оценку состояния строительного объекта.

Подобные системы имеют еще одно преимущество – масштабируемость и адаптивность. В зависимости от параметров технического мониторинга подбираются датчики, строится измерительная сеть. Все данные передаются на сервер, где обрабатываются, архивируются и вычисляются необходимые параметры, которые затем передаются на АРМы.

Практически все известные системы технического мониторинга строительных объектов имеют следующий набор датчиков [5]:

- Инклинометры, наклонотметры или датчики угла наклона;
- Тензометры или датчики измерения напряжения и деформации;
- Акселерометры или датчики измерения вибрации;
- Экстензометры или датчики измерения смещения.

Изучению принципов технического мониторинга строительных объектов уделяется внимание во всем мире, не только в Казахстане или России, но современное развитие науки и техники позволило децентрализовать обработку данных измерений напряжений и деформаций. Если рассматривать известные в мире АИС, способные решать подобные задачи, то в них обнаружение повреждений конструкций происходит по принципу «сенсорный узел – центральный процессор», т.е. сенсорные узлы собирают информацию с датчиков и передают ее для последующей обработки на центральный сервер. На сервере выполняются все вычисления и проводится анализ полученных данных [5].

Результаты и обсуждение

Проведя анализ систем, которые применяются для технического мониторинга в строительстве и для мониторинга состояния зданий, можно сделать заключение, что в состав АИС должна состоять из:

- комплекса контролирующих средств, представляющий собой определенный набор датчиков и измерительных приборов;
- многофункциональной кабельной системы;

сети передачи информации;
системы сбора и обработки информации.

систему сбора и обработки информации обязательно должны входить: серверы ввода-вывода, локальная и (или) глобальная вычислительные сети, рабочие станции диспетчеров, программный комплекс, способный обрабатывать поступающую от датчиков информацию.

комплекс контролирующих средств должны входить:

сейсмодатчики (актуально для сейсмоопасных районов, районов с подземным строительством и т.д);

аналоговые и (или) цифровые датчики контроля всевозможных технологических параметров.

В многофункциональную кабельную систему включаются: кабеленесущие конструкции; электрические и слаботочные кабели; коммутирующие устройства.

Выводы

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод, что Казахстан нуждается в разработке собственной автоматизированной системы технического мониторинга длительно эксплуатируемых промышленных зданий и сооружений на государственном уровне, которая бы учитывала особенности климата, почв и других факторов, характерных именно для нашей страны. Данная система должна иметь базу данных физических и химических свойств строительных материалов, условий эксплуатации, а также данные исследований по их разрушению. Кроме того, необходимым условием для корректной и эффективной работы автоматизированной системы технического мониторинга длительно эксплуатируемых промышленных зданий и сооружений является постоянное обновление базы данных, внесение в нее новых строительных материалов, новых требований к эксплуатации промышленных зданий.

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.

Автоматизированная система мониторинга зданий и сооружений СНИП РК 3.02-05-2010 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sat.kz/p24241998-avtomatizirovannaya-sistema-monitoringa.html>

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/seo/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.

LIST OF REFERENCES

[1].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.

Automated system for monitoring buildings and structures of SNiP RK 3.02-05-2010 [Electronic resource] - Access mode: <https://satu.kz/p24241998-avtomatizirovannaya-sistema-monitoringa.html>

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/seo/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.

ANALYSIS OF MONITORING SYSTEMS FOR LONGLY OPERATED BUILDINGS AND STRUCTURES BASED ON DIGITAL TECHNOLOGIES

**A. Kropachev¹, S. K. Abildin¹, B. B. Aubakirova², S. Zh. Tungyshbaeva²,
N. S. Imambaev²**

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

Annotation. The article provides an overview of modern monitoring systems for long-running buildings and structures based on digital technologies.

Key words: monitoring of buildings and structures, digital technologies, technical monitoring.

ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР НЕГІЗІНДЕ ҰЗАҚ ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН ҒИМАРАТТАРМЕН ҚҰРЫЛЫСТАРДЫҢ МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІН ТАЛДАУ

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

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

Аннотация. Мақалада цифрлық технологиялар негізіндегі ұзақ уақыт пайдаланылатын ғимараттар мен құрылыстардың мониторинг жүйесіне аналитикалық шолу жасалды.

Тірек сөздер: ғимараттар мен құрылыстардың мониторингі, цифрлық технологиялар, техникалық мониторинг.