

УДК 620.179.14.15.147
ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ

В. Л. ВЕНГРИНОВИЧ, В. Л. ЦУКЕРМАН, Ю. Б. ДЕНКЕВИЧ,
С. А. ГЕРЛОВСКИЙ, *А. Ф. ГУЛЕВ, **Д. М. МОРДИЧ, ***П. Ф. ПОДИЛО
ГНУ «ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
*ОДО «ПРОЕКТИНЖСТРОЙ»
**ООО «ПРОЕКТСТРОЙКОНСТРУКЦИЯ»
***ООО «ИТЕРАБЕЛСТРОЙ»
Минск, Беларусь

Системы мониторинга потенциально опасных сложных технических объектов и строительных конструкций (СМК) приобретают все большую роль в обеспечении безопасности последних. В Институте прикладной физики НАН Беларуси созданы аппаратно-программные комплексы и средства СМК, позволяющие в короткие сроки реализовывать системы непрерывного мониторинга для конкретных объектов.

СМК – это комплексный системный продукт, предназначенный для постоянного наблюдения по данным многосенсорных измерений за состоянием ответственных конструкций и сооружений в режиме реального времени. Она включает в себя:

- сенсорные устройства для получения непрерывной информации о важнейших параметрах конструкции и внешних воздействий;
- технологию установки, юстировки и поверки сенсоров;
- системы передачи данных от сенсоров к серверу, включая беспроводные линии связи;
- программное обеспечение для получения, передачи, хранения, документирования и оценки данных измерений сенсорами;
- автоматизированное рабочее место оператора;
- дружественный интерфейс оператора.

На основе этих средств разработаны системы мониторинга:

- на спортивном комплексе "Минск-Арена";
- высотном комплексе "Парус";
- учебно-тренировочном центре фристайла по ул. Сурганова в г. Минске.

В состав разработанных аппаратно-программных средств входят следующие измерительные каналы:

- канал измерения перемещений и деформаций (напряжений);
- канал измерения углов наклона;
- канал измерения ускорений;
- канал измерения ветровой нагрузки.

Упрощённая структура системы мониторинга представлена на рис. 1.

Деформационный канал строится на основе магнитомеханического измерителя перемещений (деформаций) ИПДМ-1 (сертификат РФ ВУ.С.27.070А № 40305).

ИПДМ-1 состоит из датчиков перемещения (деформации) СДП-1, блока сопряжения БС-2, переносного устройства считывания ПУС и приспособления для установки датчиков (монтажное приспособление). Основные технические характеристики датчиков СДП-1 приведены в табл. 1.

Табл. 1. Основные технические характеристики датчиков СДП-1

Параметр	Значение
Диапазон измерения деформации	$2,5 \cdot 10^{-3}$
Пределы допускаемой приведенной погрешности измерения, %	$\pm 2,0$
Диапазон измерения температуры встроенным датчиком, $^{\circ}\text{C}$	от -30 до +50
Пределы допускаемой погрешности измерения температуры, $^{\circ}\text{C}$	± 3
Измерительная база датчика, мм	100
Диапазон сетевых адресов датчика	от 1 до 32

Каналы измерения углов наклона и ускорений строятся на базе двухкоординатных инклинометров-акселерометров и специализированных контроллеров.

Основные технические характеристики датчиков инклинометров-акселерометров приведены в табл. 2.

Датчик имеет герметичный коррозионно-стойкий корпус и цифровой выход в стандарте RS-485.

Табл. 2. Основные характеристики датчиков углов наклона и ускорений

Параметр	Значение
Диапазон измерений углов наклона, $^{\circ}$	± 1
Диапазон измерений ускорений, м/с^2	$\pm 0,2$
Диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$	от -40 до +50
Частотный диапазон измерения углов наклона при неравномерности АЧХ на уровне 3дБ, Гц	от 0 до 0,1
Частотный диапазон измерения ускорений при неравномерности АЧХ на уровне 3дБ, Гц	от 0,1 до 3
Разрешающая способность измерений углов наклона, $^{\circ}$	0,0003
Разрешающая способность измерений ускорений, м/с^2	0,00006
Основная погрешность акселерометров, м/с^2	$\pm 0,0008$
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %	± 1
Пределы допускаемой основной погрешности измерения инклинометров, $^{\circ}$	$\pm 0,004$

Необходимость столь высоких точностных характеристик инклинометров-акселерометров объясняется малыми допустимыми угловыми отклонениями конструкций. Для обеспечения долговременной стабильности при из-

мерении столь малых угловых отклонений, в ряде случаев, применяется термостатирование измерительного преобразователя.

Канал ветровой нагрузки строится на базе обогреваемого двухкоординатного ультразвукового анемометра. Разработанное программное обеспечение отвечает ТКП 45-3.02-108-2008 в части требований к системам мониторинга состояния строительных конструкций. При этом обеспечивается удобный и наглядный интерфейс, ассоциативно напоминающий оператору реальный объект.

На рис. 1. для примера представлены результаты мониторинга напряжений в несущем кольце вантового покрытия спортивного комплекса "Минск-Арена" соответственно в летний и зимний период.

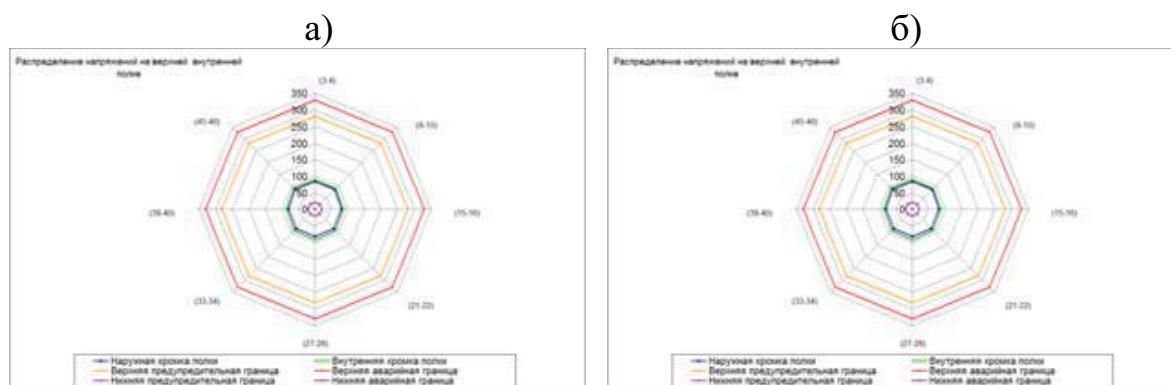


Рис. 1. Распределение напряжений в несущем кольце вантового покрытия спортивного комплекса "Минск-Арена" в летний (а) и зимний (б) периоды

На рис. 2 представлены результаты сравнения расчётных приращений деформаций опорной колонны железобетонного каркаса жилого комплекса "Парус" с данными мониторинга, полученными в ходе строительства. Расчёт выполнен ООО "ПРОЕКСТРОЙКОНСТРУКЦИЯ".



Рис. 2. Результаты сравнения расчётных приращений деформации опорной колонны железобетонного каркаса жилого комплекса "Парус" с данными мониторинга, полученными в ходе строительства

Надо сказать, что каждый объект мониторинга требует оригинального подхода и нестандартных решений. В ИПФ накоплен обширный опыт, позволяющий оперативно создавать СМК объектов различного назначения.