

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ
МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ,
НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
(ПО ОПЫТУ РАЗРАБОТКИ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ,
СТРОИТЕЛЬСТВА, СОПРОВОЖДЕНИЯ)**

Клецин Владимир Иванович

*Генеральный директор
ЗАО «Инжиниринговый центр ГОЧС «БАЗИС»,
кандидат технических наук*

Идиатуллин Денис Рамзилович

*Начальник отдела проектирования СММК
ЗАО «Инжиниринговый центр ГОЧС «БАЗИС»*

«...возводимые в возрастающих объёмах высотные и большепролетные здания и сооружения по техническому риску и сложности относятся к числу объектов повышенной инженерной ответственности. Имевшие место аварии подобных сооружений свидетельствуют о необходимости комплексного наблюдения за работой несущих конструкций в целях обеспечения их надёжности и инженерной безопасности не только в процессе возведения, но и на протяжении всего срока эксплуатации».

(из Решения заседания НТС МГСУ от 31.05.2007 г.)

В настоящее время создание систем мониторинга состояния инженерно-технических, несущих конструкций (СММК) зданий и сооружений определено требованиями федеральных и региональных нормативных документов (ГОСТ Р 22.1.12-2005, МГСН 4.19-2005, ТСН 31-332-2006 СПб и др.).

Разработка автоматической СММК была обусловлена, в том числе, печальными событиями, связанными с обрушением несущих конструкций на ряде объектов с массовым пребыванием людей. Выделение СММК в отдельную систему вызвано, в первую очередь, необходимостью предупреждения, оповещения о возможности возникновения чрезвычайных ситуаций, вызванных обрушением несущих конструкций, для своевременного проведения эвакуационных мероприятий и мероприятий внепланового мониторинга (обследования) объекта специализированными аккредитованными организациями.

Впервые работы по созданию СММК в соответствии с требованиями Постановления Правительства Москвы от 18 мая 2004 года №320-ПП «О мониторинге состояния строительных конструкций большепролетных, высотных и других уникальных зданий и сооружений, строящихся

ся и эксплуатируемых в городе Москве» и ГОСТ Р 22.1.12-2005 были осуществлены на объекте строительства г. Москвы «Ледовый дворец спорта на Ходынском поле».

Работы были поручены УКЦ «Базис», входящему в корпорацию «Федеральный центр науки и высоких технологий «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций», созданную в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 22.08.2002 г. №619. (В настоящее время существует группа компаний «БАЗИС», куда входят Инжиниринговый Центр ГОЧС и Учебно-консультационный Центр.)

При разработке проектных решений СМИК Ледового дворца спорта на Ходынском поле проектировщики при решении проектных задач столкнулись с необходимостью решения ряда научных проблем:

- по определению целей, задач и структуры системы мониторинга;
- по разработке методики мониторинга и принятия решений в кризисных ситуациях;
- по обоснованию выбора датчиков, мест их расстановки, технологий и конструкторских решений по установке и эксплуатации;
- по определению категорий ранжирования состояния объекта, критериев и значений показателей, позволяющих по данным автоматического мониторинга производить:
 - предварительную оценку состояния объекта;
 - оценку необходимости проведения внеплановых, периодических этапов мониторинга (обследований объекта) в процессе эксплуатации.

В условиях жестких сроков проектирования, строительно-монтажных и пуско-наладочных работ УКЦ «Базис» пригласил для научно-технического и научно-методического сопровождения работ по созданию СМИК Ледового дворца спорта на Ходынском поле специалистов ведущих Российских организаций, работающих в данной области.

Для решения указанных вопросов в рамках заключенных Договоров с ЦНИИС, МГСУ, НО РАСС, ВНИИ ГОЧС были проведены соответствующие исследования. К выполнению НИР были привлечены такие специалисты, как П.Г. Еремеев (доктор технических наук, профессор ЦНИИСК им. Кучеренко, Лауреат Государственной премии СССР, Заслуженный строитель), М.И. Кельман (генеральный директор компании «ГК Техстрой»), Р.Т. Акбиев (кандидат технических наук, исполнительный директор НО РАСС), Г.М. Нигметов (кандидат технических наук, доцент ВНИИ ГОЧС), Ю.И. Кудишин (доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой МГСУ), Е.И. Павлов (кандидат технических наук, начальник лаборатории ЦНИИС), а в разработке аппаратно-программного комплекса активное участие приняло НПО «ДИАР» (генеральный директор М.Ю. Прошляков).

В рамках НИР для обеспечения решения поставленных вопросов проводилось математическое моделирование, строилась физическая модель покрытия Ледового дворца, на которой отрабатывались воздействия возможных нагрузок, в том числе взрывов, рассматривались сценарии прогрессирующего обрушения, проводилась вибродиагностика Ледового дворца для определения собственных частот колебаний конструкции.

Результаты проведенных НИР позволили обосновать и принять проектные решения, разработать и утвердить «Методику мониторинга инженерных (несущих) конструкций Ледового дворца спорта на Ходынском поле», которая в ходе разработки неоднократно уточнялась после замечаний, полученных в процессе множественных обсуждений различных комиссий и инстанций г. Москвы.

Понимая, что установленный аппаратно-программный комплекс (система) является первым и пока единственным, решающим такие задачи, руководством УКЦ «Базис» было принято решение вложить заработанные средства в продолжение научно-практических работ по усовершенствованию системы, методов обработки информации и принятия решений.

Таким образом, появилась двухлетняя программа УКЦ «Базис» по сопровождению СМИК Ледового дворца. Эта программа была одобрена вице-мэром Москвы С.А. Амбарцумяном, ГУ МЧС России по г. Москве, а также руководством Ледового дворца.

Программа в себя включает:

- проведение вибродиагностических испытаний объекта в период сезонной эксплуатации;
- разработка динамического паспорта несущих конструкций объекта;
- техническое обслуживание комплекса технических средств СМИК;
- проведение НИР по совершенствованию аппаратно-программного комплекса и методологии принятых решений,
- уточнение значений показателей для оценки степени изменения состояния конструкций объекта;
- уточнение расчетной (компьютерной) модели объекта;
- анализ физического состояния (целостность, герметичность, устойчивость) установочных площадок и защитных элементов датчиков;
- анализ отказоустойчивости системы;
- доработку методики мониторинга и методологии принятия решений по кризисным ситуациям, связанным с возможностью обрушения объекта, в соответствии с проведенными НИР.

Опыт работы по созданию СМИК Ледового дворца спорта показал:

1. Параллельно с разработкой «утверждаемой части» проекта необходимо проводить НИР для обеспечения технологических решений СМИК. Отчеты по НИР должны входить в проект как приложения, и

на их основе должна разрабатываться методика мониторинга, которая в свою очередь может оформляться отдельной книгой проекта СМИК или дополнительным разделом пояснительной записки.

Данную работу можно проводить только при совместной работе организаций-проектировщиков, НИУ, ученых, конструкторов и программистов, способных решить комплексную задачу с привязкой к конкретному уникальному объекту.

2. Автоматический мониторинг изменения состояния (в том числе деформационного) инженерно-технических, несущих конструкций необходимо проводить в режиме реального времени, на протяжении всего жизненного цикла объекта. Для этого необходимо предусматривать не только внутриобъектовые технические и организационные решения, но и решать задачи оперативной передачи данных в соответствующие службы города и их последующей обработки и использования.
3. В состав СМИК должны входить решения по геотехническому мониторингу на этапе строительных работ и на этапе эксплуатации¹.
4. С целью эффективной реализации задач, стоящих перед СМИК в своих решениях, система делится на две функциональные подсистемы:
 - автоматическая сигнальная, определяющая в режиме реального времени наличие существенных изменений состояния (деформационного состояния) инженерно-технических, несущих конструкций;
 - подсистема периодического, внепланового (по данным сигнальной подсистемы) мониторинга, позволяющего определить категории состояния объекта, выдать заключение о возможности его дальнейшей эксплуатации и соответствующие рекомендации.
5. Необходимо разработать на Федеральном уровне методику мониторинга, охватывающую весь жизненный цикл объекта строительства, которая должна быть в соответствующем порядке согласована и в качестве типовой рекомендована к использованию при создании СМИК.

На этапе НИР для обеспечения мониторинга объекта на стадии эксплуатации проводятся: разработка физической модели объекта; вибродиагностика физической модели и реальных конструкций объекта; разработка динамического паспорта объекта.

Обработана следующая последовательность проведения работ по методическому обеспечению создания СМИК.

1. Разработка физической модели. Разработка компьютерных моделей для физического моделирования. Динамический паспорт физической

¹ Первая реализация указанного вывода была в рамках работ по строительству многофункционального комплекса «Московский дворец бракосочетаний» с подземной стоянкой Московского международного делового центра (ММДЦ) «Москва-Сити». Проектные работы: НИОСП - геотехнический мониторинг, УКЦ «Базис» - СМИК.

- модели должен быть адекватен динамическому паспорту компьютерной модели. На каждом этапе физического моделирования (различные сочетания нагрузок, моделирование категорий состояния в соответствии со сценариями потери несущей способности и др.) разрабатывается адекватная компьютерная модель. Динамический паспорт получается в результате динамических испытаний методом активной вибродиагностики.
2. Разработка компьютерной модели для реального сооружения. Динамический паспорт реального сооружения должен быть адекватен динамическому паспорту компьютерной модели. Динамический паспорт получается в результате динамических испытаний методом активной вибродиагностики. Проводится проверка идентификации собственных частот методом пассивной вибродиагностики как этап приёмочных испытаний СМИК объекта.
 3. Разработка наиболее вероятных сценариев потери несущей способности. Производится на компьютерных моделях, откалиброванных на физической модели.
 4. Расчёт категорий состояния несущих конструкций объекта. Производится с помощью компьютерной модели, откалиброванной на реальном объекте.
 5. Разработка математической модели объекта для СМИК.
 6. Настройка всех подсистем мониторинга с использованием компьютерной и математической модели, откалиброванной на реальном объекте, для чего рассчитываются диапазоны работы датчиков в зависимости от категорий состояния.

В развитие данных подходов к созданию СМИК необходимо отметить, что в середине 2007 г. в МГСУ прошло заседание НТС по проблеме «Технический мониторинг и обеспечение надежности и инженерной безопасности строительных объектов повышенной инженерной ответственности». На нем было отмечено отсутствие системного нормативного обеспечения, на основе которого могут строиться научно-техническое сопровождение и мониторинг, а именно: действующие нормативные документы не взаимоувязаны, отсутствуют единые критерии классификации объектов и аспектов исследований, нет единой терминологии.

Учитывая научную значимость и актуальность указанных научно-технических задач, НТС МГСУ отнес их к числу приоритетных и обратил внимание на необходимость:

- 1) сосредоточить внимание на выработке эффективных методов технического мониторинга несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений, позволяющих с высокой степенью надежности решать вопросы защиты строительных конструкций от аварий;
- 2) выработать общие требования к объему и характеру исследований (включая предъявляемую проектную и техническую документацию),

- необходимые для подготовки заключения о техническом состоянии несущих конструкций зданий и сооружений;
- 3) разработать программу создания системного нормативного обеспечения работ по научному сопровождению проектирования, строительства, эксплуатации зданий и сооружений повышенной инженерной ответственности, включая единую терминологическую и классификационную основу объектов и аспектов строительной деятельности;
 - 4) приступить к формированию понятийно-терминологического банка данных в строительстве, придав ему (после прохождения соответствующих внутренних процедур по утверждению) статус стандарта организации и систематически расширяя. Рассмотреть вопрос о последующем создании на этой основе инженерно-строительной энциклопедии МГСУ;
 - 5) создать в рамках НТС МГСУ орган и процедуры разработки нормативных документов рекомендательного характера, имеющих статус стандарта организации;
 - 6) сформировать в систематизированной форме информационный банк данных научно-технических публикаций, по вопросам обеспечения надежности и инженерной безопасности объектов строительства;
 - 7) МГСУ совместно с МЧС России и другими заинтересованными организациями разработать методiku дистанционного непрерывного мониторинга инженерной безопасности зданий и сооружений (предложение МЧС);
 - 8) приступить с участием НТС институтов МГСУ к регулярному выпуску Информационного бюллетеня НТС МГСУ;
 - 9) пригласить заинтересованные организации к сотрудничеству по обсуждаемым вопросам, в том числе оказанию финансовой поддержки в разработке нормативно-технических документов;
 - 10) практиковать проведение в рамках секций НТС научно-технических семинаров и круглых столов по актуальным вопросам строительной науки и практики;
 - 11) способствовать повышению качественного уровня программного обеспечения выполняемых научно-технических работ.

Новые методические разработки по вопросам мониторинга, разработанные в ходе совместных работ НИУ и организациями-разработчиками СМИК, их внедрение, наряду с наработанным передовым опытом, в практику создания СМИК позволят избежать появления «кустарных» проектов, которые зачастую встречаются в практике проектирования.

Признаками таких проектов являются: отсутствие методического обеспечения мониторинга; отсутствие сертифицированного технического обеспечения; не соответствие проектов федеральной и территориальной нормативно-технической базе; отсутствие решений по сопряжению с

едиными дежурно-диспетчерскими службами (ЕДДС) и едиными системами оперативно-диспетчерского управления (ЕСОДУ); невозможность мониторинга в автоматическом режиме и режиме реального времени; отсутствие ссылок на проведенные НИР по обоснованию проектных решений и др.

Организации-разработчики таких проектов, как правило, не имеют обученных сотрудников и не аккредитованы по мониторингу зданий и сооружений. Данные проекты только имитируют решение проблемы контроля безопасности зданий и сооружений, а разрабатывающие их организации вводят в заблуждение и транжируют денежные средства заказчиков, дискредитируя идею обеспечения безопасности с помощью СМИК.

Группа компаний «Базис» готова к сотрудничеству с различными заинтересованными организациями по вопросам создания систем мониторинга инженерно-технических, несущих конструкций зданий и сооружений, включая вопросы научно-методического и научно-технического обеспечения.