

# **О МОНИТОРИНГЕ, ОБСЛЕДОВАНИИ, ДИАГНОСТИКЕ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ МОСКВЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**Михаил Иванович Егоров**

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, заведующий лабораторией испытаний конструкций,  
к. т. н., с. н. с.

Мониторинг технического состояния и, в частности, напряженно-деформированного состояния (НДС) несущих конструкций является важной составной частью обеспечения надёжности и безопасности сложных инженерных сооружений на стадии их строительства (реконструкции) и эксплуатации.

Наряду с другими ведущими институтами в последние 10-15 лет ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко осуществлял по своим направлениям деятельности активное участие в научно-техническом сопровождении проектирования, нового строительства и реконструкции ряда уникальных сооружений города Москвы. Для наиболее сложных и ответственных зданий и сооружений институтом были разработаны и созданы индивидуальные системы инструментального наблюдения (мониторинга) за состоянием конструкций.

Такие системы были установлены на несущих конструкциях Большой спортивной арены в Лужниках; в несущих и опорных конструкциях большепролетного светопрозрачного покрытия атриума здания старого Гостиного двора; на внешних и внутренних конструкциях каркаса большепролетного вантового покрытия Крытого конькобежного центра в Крылатском; на деревянных фермах Центрального выставочного зала «Манеж», стадионе «Локомотив»; в основании фундаментной плиты, в колоннах центрального ядра ММДЦ «Сити»; в стальном каркасе одного из высотных зданий в ММДЦ «Сити».

Перечисленные здания и сооружения с массовым нахождением людей согласно СТО 36554501-014-2008. «Надёжность строительных конструкций и оснований» относятся к высокому, второму уровню ответственности.

Целью мониторинга для перечисленных объектов являлось осуществление долговременного периодического контроля нагрузок, воздействий, усилий, перемещений, деформаций конструкций, напряжений в их сечениях; установление соответствия фактического напряженно-деформированного состояния конструкций расчетным данным и рабочему проекту для оценки технического состояния объекта и упреждающего обнаружения критических и предаварийных состояний.

При создании систем мониторинга ставились и решались, как правило, следующие основные задачи:

- выбор конструктивных элементов (объектов контроля), ответственных за несущую способность и надёжность сооружения для диагностирования НДС и других параметров состояния инструментальными и визуальными методами;
- определение основных сечений конструктивных элементов для измерения в них напряжений, деформаций, усилий, а также расположение и количество точек на элементах для измерения деформаций и перемещений конструкций; выбор контролируемых параметров (напряжений, перемещений, осадок, углов поворота, влажности, температуры и т.п.), определяющих техническое состояние конструкций;
- разработка методов определения контролируемых параметров; выбор серийных или разработка и изготовление индивидуальных технических средств контроля и измерения, монтаж и установка их на конструкциях; разработка или адаптация методик измерений, обработки и представления результатов инструментальных наблюдений; разработка методик оценки НДС конструкций по результатам измерений и визуальных наблюдений;

- определение фактических постоянных, временных нагрузок и воздействий на конструкции, включая определение интенсивности, состава и характера распределения снегоотложений;
- проведение наблюдений за техническим состоянием, деформациями, перемещениями и другими контролируемыми параметрами несущих конструкций здания; обработка результатов измерений, определение деформаций, напряжений, усилий в сечениях элементов; проведение, при необходимости, расчетов конструкций; определение ожидаемых, расчетных, предельно допустимых (критических) величин параметров НДС конструкций, в том числе с учетом фактических механических свойств материалов, геометрических размеров, расчетных схем, условий эксплуатации;
- оценка и установление категории технического состояния конструкций по данным натурных наблюдений и результатам расчетов, которое может квалифицироваться от нормативного до ограниченно работоспособного.

При проведении технического инструментального мониторинга состояния несущих конструкций для зданий и сооружений, непосредственно не подвергающихся динамическим, вибрационным воздействиям, ЦНИИСК использует статические методы диагностирования по основным параметрам метода расчета по предельным состояниям (нагрузки, воздействия, прочность, устойчивость, трещиностойкость, усилия, напряжения, деформации, перемещения, осадки). В последнее время некоторые организации используют, как основной, динамический метод проведения мониторинга, с помощью автоматизированных станций. По изменению передаточных функций (период основного тона собственных колебаний и его декремента) оценивается состояние здания. Данный метод красной нитью проходит по всему недавно введенному ГОСТ Р 53778-2010 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния (ведущая организация – разработчик ГУП «МНИИТЭП»). По нашему мнению надежность и безопасность объекта мониторинга должна определяться по степени выполнения основного расчетного требования норм проектирования, согласно которому несущая способность строительных конструкций должна быть выше или равна нагрузочного эффекта, являющегося механическим следствием внешних воздействий, а также по пригодности к эксплуатации, то есть по соответствию деформаций, перемещений, прогибов конструкций, осадок основания требованиям норм и ожидаемым расчетным проектным данным. Уровень надежности и безопасности здания определяется множеством факторов. Поэтому строительный мониторинг особых, уникальных технически сложных зданий и сооружений должен проводиться ведущими научно-исследовательскими институтами, университетами строительного профиля, имеющими в своем составе высококвалифицированных специалистов, долговременный опыт в области обследования, мониторинга, экспериментальных исследований, испытаний, проектирования, а также обладающими современными диагностическими средствами контроля и расчета строительных конструкций.

Основные задачи мониторинга состояния основных несущих конструкций на уникальных большепролетных сооружениях Москвы решались индивидуально с учетом конструктивной и расчетной схемы сооружения и действующих на него нагрузок. Обычно техническое состояние конструкций и условий их эксплуатации оценивают на основе сопоставления измеренных значений диагностических показателей с их критериальными значениями или с данными расчетов. При этом различают предупреждающий и предельный уровень значений диагностических показателей состояния объекта. При достижении предупреждающего уровня прочность, устойчивость, деформации объекта еще соответствуют условиям нормальной эксплуатации. При превышении предельного уровня диагностического показателя состояния эксплуатации объекта или его части в проектных режимах считается недопустимой. По сути при подобном подходе имеет место «пороговый» подход к оценке состояния. Он вполне уместен для предупреждения предаварийных и аварийных состояний. Для более углубленной оценки текущего

состояния объекта по результатам мониторинга и в целях обоснованного прогнозирования работы конструкций целесообразно привлекать количественные методы определения надежности элементов конструкций зданий и сооружений.

Для определения показателей надежности, в том числе индекса надежности, с использованием вероятностных методов расчета в качестве случайных величин принимаются внешние нагрузки и параметры прочности материалов конструкций. В зависимости от степени ответственности здания и сооружения и их конструктивных элементов индекс надежности как показатель надежности имеет реальные пределы изменения от 3 до 6. Чем выше ответственность объекта контроля, тем больше должно быть значение индекса надежности. По вычисленному значению индекса надежности можно определить вероятность отказа или вероятность безотказной работы (надежность) конструкции.

В настоящее время выработаны предложения по величинам нормированных значений индекса надежности в зависимости от класса ответственности объекта, категории ответственности конструкций для установившейся, переходной и аварийной ситуаций. Таким образом, нормируемый индекс надежности в дополнение к двум упомянутым выше критериям работоспособности, может быть принят в качестве критериального диагностического показателя технического состояния эксплуатируемых зданий и сооружений.

Разработка, создание, внедрение систем мониторинга при реконструкции, новом строительстве для упомянутых в докладе зданий и сооружений осуществлялось по инициативе ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, иногда за счет собственных средств. Периодический мониторинг до 2006 г. проводился по заказам эксплуатирующих организаций.

После обрушения большепролетного железобетонного покрытия Аквапарка в Ясенево 14 февраля 2004 г. и всячего железобетонного покрытия Басманного рынка 23 февраля 2006 г. спектр организаций, иницирующих проведение строительного мониторинга, значительно расширился.

С 2006 г. мониторинг на стадии строительства, эксплуатации проводился по решениям проектных организаций, Мосгосэкспертизы, научно-исследовательских организаций в виде требований, содержащихся в разрабатываемых ими специальных технических условиях (СТУ), по решениям экспертной комиссией Правительства Москвы по оценке надежности конструктивных решений, созданной 2 марта 2004 г., а также по решению собственников строительных объектов, не принадлежащих городу Москве.

Вскоре после обрушения Аквапарка был принят закон г. Москвы от 7 апреля 2004 г. «О мониторинге технического состояния жилых домов на территории г. Москвы», Постановление Правительства Москвы «О мониторинге состояния строительных конструкций большепролетных, высотных зданий и сооружений, строящихся и эксплуатируемых в г. Москве» от 18 мая 2004 г.

Закон установил требования к проведению мониторинга жилых домов. Постановление дало право Москомархитектуре, Москомэкспертизе при рассмотрении проектной документации определять на стадии «проект» необходимость проведения мониторинга в период строительства и в процессе эксплуатации. Постановление от 18 мая 2004 г. не предусматривало организационное обеспечение и выделение средств для проведения мониторинга.

После обрушения Басманного рынка вышло Постановление Правительства Москвы «О мерах по обеспечению надежности зданий гражданского назначения с большепролетными конструкциями». Постановлением функции уполномоченного органа и государственного Заказчика по обеспечению мониторинга эксплуатируемых зданий с большепролетными конструкциями, принадлежащими г. Москве, были возложены на Мосжилинспекцию; были выделены средства на организацию и проведение работ по мониторингу.

Спустя год, 15 июля 2007 г. был принят Закон о мониторинге особых объектов нежилого фонда г. Москвы. Закон нацелен на оценку безопасности и надежности особых объектов и прогноз влияния на несущие конструкции неблагоприятных факторов природного и технического характера, предупреждение аварийного обрушения. Законом предусмотрено привлекать специализированные организации для проведения мониторинга особых объектов на конкурсной основе и установлено, что деятельность по проведению мониторинга осуществляется за счет средств бюджета города Москвы.

Постановлением Правительства Москвы № 49-ПП от 27 января 2009 г. в развитие Закона от 15 июля 2007 г. был утвержден «Порядок проведения мониторинга особых объектов г. Москвы». По необъяснимым причинам мониторинг как таковой Порядком не предусматривался. В Порядке, несмотря на многократное употребление слова «мониторинг», было предусмотрено и финансируется (п. 3.3, п. 8.1, 8.2) только визуальное обследование особых объектов один раз в три года и, при необходимости, детальное обследование по результатам визуального обследования. Лишь в подразделе 7.6 «Цели экспертного совета при Мосжилинспекции» имеется подпункт 7.6.4 «Подготовка предложений о целесообразности проектирования и реализации мониторинга особых объектов с использованием стационарной автоматизированной станции для дистанционного метода контроля за деформационными процессами в несущих конструкциях особых объектов». Таким образом, собственно визуально-инструментальный мониторинг в его классическом понимании «Порядком» не предполагался.

В связи выхолащиванием в «Порядке» основной идеи о мониторинге, содержащейся в предшествующих законах и постановлениях, финансирование мониторинга Департаментом экономической политики было прекращено.

Для исправления данной ситуации по инициативе ряда эксплуатирующих организаций и научно-исследовательских институтов, в частности, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, Мосжилинспекцией как уполномоченным органом были разработаны и утверждены Постановлением Правительства Москвы 26 мая 2010 г. № 427-ПП предложения по совершенствованию Порядка проведения мониторинга, согласно которому могут быть организованы периодические измерения отдельных параметров конструкций для анализа динамики изменения состояния особого объекта.

Таким образом, дополненный Порядок дал возможность выполнения полного цикла требуемых работ по мониторингу для достоверной оценки технического состояния особых объектов.

Постановление Правительства Москвы действует уже в течение нескольких лет. Однако финансирование на проведение периодических измерений (мониторинга) по неясным причинам не выделяется. Указанное обстоятельство вызывает большую озабоченность эксплуатирующих организаций. Речь идет о социально значимых объектах: Крытом конькобежном центре в Крылатском, Гостином Дворе, ЦВЗ «Манеж» и др. Судя по всему, в скором времени в собственность г. Москвы перейдет Большая спортивная арена в Лужниках и финансирование мониторинга, которое осуществлялось собственником этого уникального объекта, может прекратиться. Техническое состояние этих объектов, судя по данным предыдущих наблюдений, требует проведения мониторинга в форме периодических осмотров и измерений, но без финансирования эти работы выполнить не представляется возможным.

На федеральном уровне в целях обеспечения эксплуатационной безопасности и надежности зданий и сооружений принят и вступил в силу с 01 июля 2010 г. Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», а также разработан и обсуждается проект Технического регламента Евразийского экономического сообщества «О безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий».

В законе № 384-ФЗ указывается:

«Статья 5, п. 1. Безопасность зданий и сооружений обеспечивается посредством установления проектных значений параметров и качественных характеристик

конструкций и поддержания состояния таких параметров и характеристик на требуемом уровне в процессе эксплуатации.

Статья 7. Строительные конструкции должны обладать прочностью и устойчивостью, чтобы в процессе строительства не возникло угрозы причинения вреда жизни и здоровью людей, имуществу, окружающей среде.

Статья 15, п. 4, 9. В проектной документации может быть предусмотрена необходимость проведения мониторинга строительных конструкций, основания, окружающей среды в процессе эксплуатации; должны быть предусмотрены – периодичность проверок, осмотров и освидетельствования состояния конструкций и (или) необходимость проведения мониторинга в процессе эксплуатации.»

В техническом регламенте Евразийского сообщества, статья 11, п. 11 прямо указывается: «Безопасность здания и сооружения в процессе эксплуатации должна обеспечиваться посредством обслуживания, осмотров, контрольных проверок, мониторинга, диагностики технического состояния оснований и строительных конструкций».

Для реализации требований Федерального закона, Законов, Постановлений Правительства Москвы, Технического регламента ЕврАзАС в июне 2010 г. создана рабочая группа РГ 4.9 «Мониторинг конструктивной безопасности и эксплуатационный контроль» при подкомитете ПК4 «Строительные конструкции» Технического комитета по стандартизации ТК 465 «Строительство».

В состав рабочей группы включены специалисты ведущих научно-исследовательских институтов, университетов, конструкторских бюро, научно-исследовательского центра: ГУП МНИИЭТП, ЦНИИСК, НИИЖБ, НИИОСП, ОАО КТБ НИИЖБ, МГСУ, РУДН, ГУП НИИМосстрой, ОАО ЦНИИПромзданий, ВАН КБ, ОАО «НТЦ» «Промышленная безопасность», представитель МЧС.

Мониторинг долговременного технического состояния в процессе эксплуатации особых, уникальных, социально значимых, технически сложных объектов при его проведении на высоком профессиональном уровне является надежным инструментом обеспечения безопасности, надежности, прочности, устойчивости и долговечности зданий и сооружений.