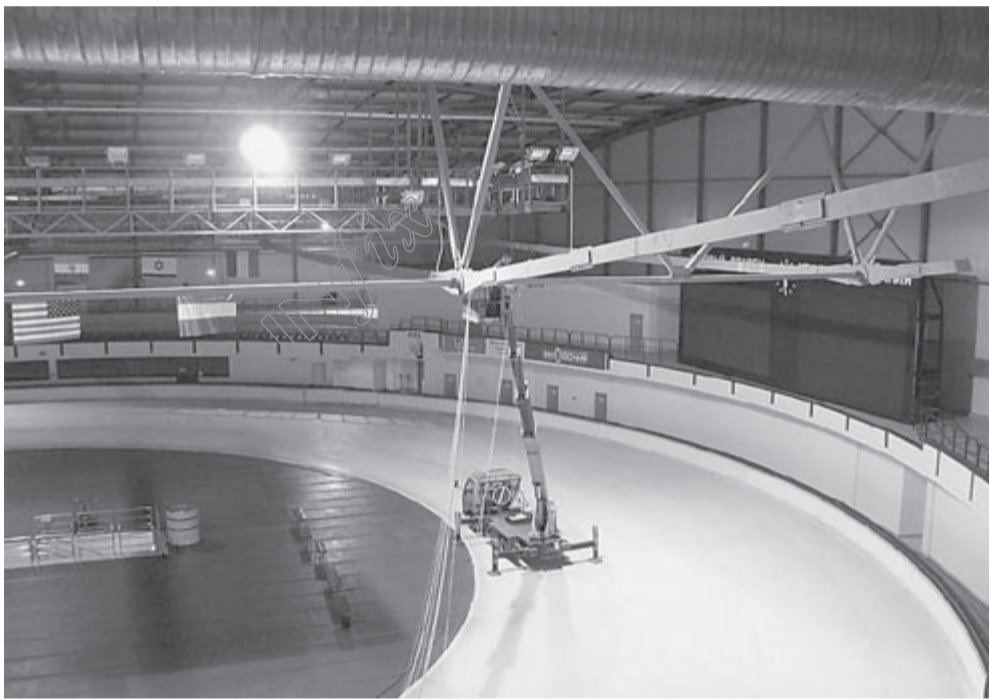


«ГОВОРИТ И ПОКАЗЫВАЕТ» МОНИТОРИНГ

Ледовый дворец «Уральская молния» — второй спортивный комплекс в России, после крытого катка спортивного комплекса «Крылатское», где есть стандартная 400-метровая конькобежная дорожка с искусственным льдом под крышей. Широкие технические возможности «Уральской молнии» позволяют проводить на высоком уровне спортивные состязания всероссийского масштаба. О мониторинге надежности конструктивных элементов ледовой арены рассказывают В.А. Быковский, Ф.А. Егоров и А.П. Неугодников, специалисты ЗАО «Мониторинг-Центр». Система мониторинга на базе волоконно-оптических датчиков деформаций именно этой компании используется сейчас на «Уральской молнии».



Монтаж датчиков с автовышки

Площадь ледовой арены дворца составляет 1 тыс. 877 м², а общая — более 23 тыс. Разработка конструкции ледового дворца велась институтом ЗАО «ЧелябПСК». Она представляет собой интересное, но, на первый взгляд, неоднозначное инженерное решение с индивидуальным проектом, прошедшим несколько экспертиз, в том числе и московских. Сложность работы над проектом заключалась в том, что в здании размерами 84 × 198 м не должно было быть промежуточных опор. Колонны должны были находиться только по наружным стенам. Требовалось запроектировать быстро-возводимое, легкое здание с минимально возможной стоимостью. В результате поисков было найдено оригинальное решение, при котором верхний пояс арки собирался из коротких прямолинейных балок, а нижний пояс натягивался, объединяя их в единую жесткую конструкцию. Расчеты выполнялись по двум независимым программным комплексам с использованием компьютерного моделирования. Запроектированная конструкция изготавливалась в заводских условиях. Она отвечает заданным требованиям. Масса составляет меньше 100 кг на 1 м² площади, количество сварных соединений минимальное.

Уникальность конструкции и необходимость обеспечения безопасности большого числа людей побудили руководство спортивного сооружения к контролю надежности конструктивных элементов в режиме реального времени. «Учитывая уровень ответственности сооружения такого класса и его новизну, нами организован инструментальный геодезический мониторинг, отслеживающий техническое состояние основных несущих конструкций, их деформации при различных нагрузках, — говорит генеральный директор ЗАО Челябинск С.П. Шерстюк — Этот мониторинг продолжится, и после строительства будет проводиться в течение нескольких лет»

За рубежом это довольно привычная вещь для многофункциональных сооружений и спортивных комплексов. Так, в 2007 году в Канаде, в спортивном ледовом комплексе Метро-Центр (Галифакс), была установлена система мониторинга конструкции крыши,

в составе которой присутствует современная система на базе волоконно-оптических датчиков. Соответствующие публикации показали надежность и точность этой системы как инструмента обеспечения безопасности.

Из-за нестандартности конструкции и оттого, что большую роль в формировании суммарных нагрузок для ледового дворца играют ветровые и снеговые нагрузки, характерные для Урала, дирекция «Уральской молнии» объявила конкурс на разработку системы мониторинга, способную точно и своевременно отслеживать реальные нагрузки. Победителем конкурса стал Челябинский институт ЗАО «ЧелябПСК». После тщательного анализа существующих систем контроля и мониторинга, имеющихся в России и за рубежом, выбор был сделан в пользу системы на базе волоконно-оптических датчиков ЗАО «Мониторинг-Центр».

Критерии выбора системы мониторинга были сформулированы достаточно жестко. Установленная сразу после постройки дворца система геодезического мониторинга давала достаточно точные данные и являлась проверенным, изученным инструментом контроля. Однако новое конструктивное решение, ряд уникальных технических и технологических решений при создании «Уральской молнии» потребовали разработки более совершенной, более точной и, в конечном итоге — более современной системы мониторинга. Она должна была соответствовать целому ряду требований.

- Система должна работать в непрерывном режиме. Только в случае непрерывной регистрации есть возможность определить тренд, обнаружить начало роста избыточной деформации, накопление сверхнормативного напряжения задолго до наступления аварии.

- Погрешность и порог чувствительности датчиков системы мониторинга должны обеспечивать высочайший уровень точности, поскольку малейшее изменение температуры, влажности и давления вызывают «отклик» элемента конструкции. При этом наблюдателю важно суметь отличить «естественные» колебания деформаций от тех, которые появляются вследствие неравномерных снеговых нагрузок или динамических

порывов ветра. Именно поэтому важно наблюдать за поведением конструкции постоянно, в режиме on-line и накапливать информацию в сочетании с наблюдениями за внешними условиями эксплуатации.

- Система должна обладать максимальным уровнем безопасности как потенциальный источник какой-либо чрезвычайно ситуации. То есть датчики не должны провоцировать никаких внештатных событий (например, перегрузки в сети питания, коротких замыканий и т.д.).

- Система диспетчеризации (программное обеспечение и контактный интерфейс) должна быть легко адаптируема для оператора, иметь четкие понятийные и сигнализационные параметры для быстрой реакции в случае внештатной ситуации.

- Обслуживание системы мониторинга должно иметь режим установки, обучения и, если потребуется, — абонентского обслуживания.

После определения вышеназванных требований, которые, условно говоря, можно отнести к требованиям пользовательского уровня, были сформулированы требования уровня проектировщиков.

- Минимальное количество точек, где расположены датчики, должно быть соотносимо с максимальным объемом информации, которая позволяет контролировать наиболее важные, критические области конструкции.

- Данные, полученные в ходе регистрации, должны давать возможность контролировать конструкцию, как на локальном уровне (то есть сопоставлять расчетные данные с теми, которые «наблюдает» система мониторинга), так и на глобальном уровне (то есть полученный массив данных от всех датчиков должен быть достаточен, чтобы оценить работу всей конструкции в целом).

Система мониторинга на базе волоконно-оптических датчиков деформаций разработки ЗАО «Мониторинг-Центр» была выбрана именно потому, что всем перечисленным требованиям она, безусловно, удовлетворяет. Чувствительность датчиков, регистрирующих сжатие или растяжение, измеряется тысячами долями миллиметра, оптоэлектронный блок, который посылает и принимает сигнал от сенсора, а также передает данные на компьютер, регистрирует данные каждый час.

С точки зрения безопасности эксплуатации волоконно-оптические датчики являются самыми предпочтительными, поскольку в сенсорном элементе полностью отсутствует электрический ток, а принцип преобразования, благодаря которому регистрируется изменение деформации, базируется на параметрах световой волны. Поэтому датчики абсолютно взрыво- и пожаробезопасны. Кстати, именно факт отсутствия электрического тока и электромагнитных полей в самом сенсоре и транзитных каналах (оптоволоконный кабель) позволяет сигналу, снимаемому с датчика, оставаться абсолютно неискаженным. То есть, эксплуатационно-метрологические характеристики волоконно-оптических датчиков выгодно отличаются от традиционных.

Система ЗАО «Мониторинг-Центр» включает в себя программное обеспечение собственной разработки ПК «ВОСТОК» (Программный комплекс «Волоконно-оптическая система технического обследования конструкций»). Простой и функциональный сервис по обслуживанию программы позволяет быстро обучить обслуживающему персоналу и однозначно среагировать в экстренной ситуации.

Абонентское, а также сервисное обслуживание при поставке упомянутых систем мониторинга ЗАО «Мониторинг-Центр» входит в стандартный пакет услуг.

Теперь о разработке конкретной системы мониторинга. В очень сжатые сроки — 4 месяца — система была разработана и смонтирована на объекте. В течение

первых двух месяцев было проектирование системы. Эта работа выполнялась ЗАО «Мониторинг-Центр» в тесном сотрудничестве с проектировщиками ледового дворца — ЗАО «ЧелябПСК», что неудивительно, поскольку именно проектировщики столь уникального сооружения обязаны оценить все важные зоны контроля, определить расчетные параметры предельных значений. Разработчики системы мониторинга, со своей стороны, определяют решения по адаптации системы для конкретного сооружения, а также технологии монтажа, разработку программы мониторинга и анализа измерений.

Предварительно в местах установки датчиков специалисты ЗАО «ЧелябПСК» закрепили посадочные пластины в строго выверенных допусках, не превышающих 0,1 мм. Затем уже на эти пластины монтажники Уральского филиала ЗАО «Мониторинг-Центр» устанавливали датчики, корректируя их геометрическое положение для задания проектного статуса чувствительного элемента. Другими словами — при установке каждого датчика после его закрепления происходила тщательная аппаратная настройка с тем, чтобы датчик одинаково эффективно мог почувствовать как растяжение, так и сжатие контролируемого элемента.

После монтажа датчиков и прокладки кабеля (в общей сложности для транзитных линий связи потребовалось уложить 5 км кабеля) наступил завершающий момент: оборудование диспетчерского пункта. Со всех 34 измерительных узлов, в которых расположены датчики, волоконно-оптические кабели были выведены на компьютер диспетчерского пункта, который разместили на втором этаже ледового дворца рядом с пресс-центром.

Диспетчер видит главную текущую деформацию основных контрольных элементов крыши. Каждый час информация поступает в диспетчерский пункт и регулярно записывается в соответствующие таблицы, а также фиксируется на графиках.

В заключение важно отметить, что значение мониторинга конструкции в постоянном режиме не ограничивается исключительно задачей оповещения служб эксплуатации о надвигающейся чрезвычайной ситуации, когда накопление неблагоприятных деформаций происходит постоянно с нарастающим итогом. Безусловно, сигнал тревоги, предупреждающий об аварии, — самая главная задача. Но есть еще ряд важных аспектов необходимости системы мониторинга, и не только на ледовом дворце «Уральская молния».

Проектировщикам важно знать, как ведет себя конструкция летом и зимой, как она «дышит», например, даже в суточном цикле. Или — во время эксплуатации — важно видеть, какие элементы можно спокойно подвергать дополнительным нагрузкам (например, повесить массивное осветительное оборудование), а какие — лучше «не напрягать». Кроме того, каждое строительное сооружение имеет график плановых обследований и ремонтов. Система мониторинга, ежедневно фиксируя состояние конструкции, позволит заранее принять решение о внеплановом ремонте (если присутствуют факты «износа» контрольных элементов, по данным мониторинга) или — напротив, провести ограниченный ремонтный цикл (в случае удовлетворительных данных мониторинга). Наконец, ведение журнала регулярных регистраций состояния контролируемой конструкции — это фактически составление «Паспорта здоровья» конкретного сооружения, который будет единственным достоверным документом, свидетельствующим о реальной надежности и степени амортизации сооружения спустя 50, 70, 100 лет.

Таким образом, система мониторинга — это инструмент безопасности, надежности и разумного экономического подхода в современном строительстве.