

Ю.В. Прус, В.В. Белозеров, А.В. Ветров
**АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ
ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ
МЕТОДОВ И СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

Рассматриваются проблемы комплексирования различных методов и средств неразрушающего контроля при построении автоматизированных систем мониторинга инженерно-технического состояния и диагностики высотных зданий и сооружений

Ключевые слова: мониторинг инженерно-технического состояния, диагностика, неразрушающий контроль

Yu.V. Prus, V.V. Belozеров, A.V. Vetrov
**AUTOMATION OF ENGINEERING AND TECHNICAL DIAGNOSTIC OF
HIGH-RISE BUILDINGS ON A BASIS OF INTERCONNECTING OF
METHODS AND MEANS OF NOT DESTROYING CONTROL**

Problems of interconnecting of various methods and means of not destroying control are considered at construction of the automated systems of monitoring of a technical condition and diagnostics of high-rise buildings and constructions

Key words: monitoring of a technical condition, diagnostics, not destroying control

Создание эффективной системы мер обеспечения надежности и безопасности строительных объектов на всех стадиях жизненного цикла является одним из важнейших условий дальнейшего успешного развития высотного строительства в России. На фоне участвовавших резонансных аварий исключительно актуальной задачей представляется разработка и внедрение эффективных диагностических систем, обеспечивающих надежность и безопасность объектов в процессе эксплуатации.

Существующая нормативная база высотного домостроения уделяет недостаточное внимание мониторингу эксплуатационной безопасности объектов, поскольку не учитывает возможности современных методов неразрушающего контроля (таких как метод акустической эмиссии, активная и пассивная вибродиагностика, ультразвуковая дефектоскопия, рентгеновские и радиометрические методы, тепловизионная диагностика и др.) и аппаратно-программных средств его комплексной автоматизации. Реализация этих предпосылок требует развития новых подходов к построению систем диагностики и прогнозирования инженерно-технического состояния высотных зданий и их включению в формируемую федеральную нормативную базу, регламентирующую требования к проектированию, строительству и эксплуатации высотных зданий и сооружений.

Основная проблема проектирования систем мониторинга и диагностики сложных технических объектов на основе методов неразрушающего контроля заключается в отсутствии концептуальных основ проектирования, позволяющих выработать подходы к построению

ния, позволяющих выработать подходы к построению математических моделей их "жизненного цикла" в многопараметрическом пространстве состояний. Как показано в [1, 2], при математическом исследовании динамики изменения вектора состояния системы необходимо учитывать, что её параметры порядка (симметрические координаты η_i , определяющие поведение системы в критической области) представляют собой достаточно сложные нелинейные функции от некоторой совокупности параметров состояния системы. В рамках предлагаемого подхода их экспериментальная оценка возможна лишь при условии установления необходимых функциональных и корреляционных связей между различными типами первичных данных и их динамическими характеристиками, что позволяет найти соответствие между экспериментально наблюдаемыми свойствами объекта и обобщенными координатами η_i , определяющими проекции малой размерности исследуемой динамической системы.

Техническая реализация предложенных в развиваемой концепции многопараметрической интегральной диагностики подходов [1, 2] представляется перспективным направлением развития современных автоматизированных систем мониторинга и диагностики сложных технических объектов на основе методов неразрушающего контроля.

Для определения наиболее информативных параметров состояния контролируемого объекта и его объективной экспериментальной оценки требуется реализация системного подхода к применению достаточно обширного комплекса существующих методов неразрушающего контроля [2]. При создании автоматизированной системы мониторинга, диагностики и прогнозирования инженерно-технического состояния высотного здания крайне важна правильная оценка потенциальных возможностей каждого из используемых методов неразрушающего контроля и определения его роли и места в общей организационной, функциональной и технической структуре системы.

На первом этапе проектирования автоматизированной системы мониторинга, диагностики и прогнозирования инженерно-технического состояния как высотного здания в целом, так и его отдельных критически важных узлов нами предлагается внедрение взаимоувязанного комплекса мероприятий, связанных с применением отдельных методов неразрушающего контроля, предусматривающего три вида процедур контроля инженерно-технического состояния объектов - непрерывного, периодического и ситуационного.

Непрерывный контроль или так называемый мониторинг инженерно-технического состояния предназначен, в первую очередь, для своевременного обнаружения возможных угроз прогрессирующего обрушения здания в целом, разрушения основных критически важных узлов и конструкций, а

также исследования динамики изменений некоторых интегральных параметров состояния объекта и его отдельных узлов.

Непрерывный контроль может быть основан на использовании комплекса технических и программных средств, в котором могут быть реализованы широко применяемые способы мониторинга деформационного состояния несущих конструкций (датчики углов наклона, амплитуд колебаний, тензометров, маяков и т.п.), а также ряд сравнительно редко используемых для непрерывного мониторинга методов. К таким перспективным методам относятся метод пассивной вибродиагностики для оценки состояния здания в целом, а также метод акустической эмиссии для оценки состояния критически важных узлов и элементов конструкций. Совокупность применяемых методов неразрушающего контроля и инженерно-технического мониторинга позволяет автоматизированной системе обрабатывать первичные данные в режиме реального времени и осуществлять интегральную оценку состояния объекта. Такая автоматизированная система позволяет своевременно предупредить о таких угрозах, как возможность резонансного разрушения (при резком изменении спектра частот собственных колебаний сооружения), развитие катастрофического разрушения несущих конструкций (при обнаружении акустического излучения растущей макротрещины и пр.).

Периодический контроль предназначен для более детальной оценки инженерно-технического состояния как всего сооружения в целом, так и его отдельных узлов, а также физико-механического состояния конструкционных материалов и т.п. Данный вид контроля проводится преимущественно автоматизированной системой в соответствии с установленными техническим регламентом графиками распределения процедур по отдельным узлам объекта. Отдельные узлы объекта исследуются в соответствии с описанными в технологических картах алгоритмами обследования их инженерно-технического состояния. При проведении данного вида контроля могут применяться методы обследования с частичной автоматизацией процедур.

Целесообразным при проведении периодического контроля отдельных критически важных узлов и элементов конструкций представляется использование некоторых относительно "тонких" и более информативных параметров акустической эмиссии, регистрируемых при повышении чувствительности приемной аппаратуры и её соответствующей настройки либо при применении более чувствительных датчиков первичных данных. Перспективным направлением представляется применение интегральных акустико-эмиссионных параметров, в том числе с исследованием диссипации при неупругом деформировании элементов конструкций, наиболее полно характеризующих структурное состояние конструкционных мате-

риалов [2, 3].

При проведении периодического контроля при интегральной оценке инженерно-технического состояния конструкций возможно применение методов активной и пассивной вибродиагностики с модальным анализом колебаний. Для обследования отдельных элементов конструкций могут также применяться тепловизионная диагностика, ультразвуковая дефектоскопия и другие методы.

Необходимость в проведении процедур ситуационного контроля возникает в следующих случаях. В основном переход к более детальному исследованию отдельных критически важных узлов и элементов конструкций обусловлен выявлением автоматизированной системой при непрерывном мониторинге либо при периодическом контроле существенных отклонений регистрируемых параметров от нормальных эксплуатационных режимов. Необходимость проведения локального ситуационного контроля возникает и при непосредственном обнаружении локальных повреждений и дефектов, а также после воздействий на сооружение в целом, либо его отдельные узлы неблагоприятных факторов различного происхождения (землетрясение, пожар, взрыв и т.п.).

Данный вид контроля является, по сути, детальным диагностическим исследованием, которое проводится преимущественно локально по отдельным узлам и элементам конструкций объекта группой специалистов. При проведении диагностики в основном применяются неавтоматизированные методы детального исследования инженерно-технического состояния отдельных критически важных узлов и физико-механических свойств конструкционных материалов. В то же время могут применяться и автоматизированные методы обследования (например, установка датчиков акустической эмиссии, тензометров и пр. на определенный период наблюдения за динамикой развития дефектов).

При обследовании максимально используются возможности всех доступных методов неразрушающего контроля, в том числе с использованием нестандартной и уникальной регистрирующей аппаратуры.

Для исследования интегрального инженерно-технического состояния конструкций наиболее целесообразно использовать методы активной вибродиагностики с модальным анализом колебаний. Оценка структурного состояния конструкционных материалов необходимо проводить с применением акустико-эмиссионных методов, позволяющих исследовать баланс диссипации при неупругом деформировании элементов конструкций [3]. Также широко могут применяться методы тепловизионной диагностики, ультразвуковой дефектоскопии, рентгеновские и радиометрические методы и другие необходимые активные методы неразрушающего контроля, основанные на взаимодействии внешних физических полей с внутренней

структурой объекта контроля. Возможно использование новых методов [2-4] (например, разработанный в рамках проекта № 5823 Программы "СТАРТ" метод акустической спектрометрии).

По окончании диагностического исследования должны быть сделаны выводы о возможности дальнейшей эксплуатации, замены или ремонта отдельных узлов и конструкций и т.п.

Статистика техногенных аварий и катастроф, обусловленных несовершенством технических и технологических решений, принятых по результатам поверхностного диагностического обследования, показывает, что затраты на создание автоматизированных комплексов диагностики и мониторинга будут несравнимо меньше ущерба от возможной аварии, которая может привести к чрезвычайной ситуации на объекте. Создание эффективных автоматизированных систем мониторинга инженерно-технического состояния и диагностики, основанных на научно обоснованном использовании совокупности взаимодополняющих методов и средств неразрушающего контроля, может обеспечить необходимый уровень надежности и безопасности высотных зданий и сооружений на всех стадиях "жизненного цикла" в процессе эксплуатации.

Литература

1. Прус Ю.В., Буйло С.И., Белозеров В.В., Марченко А.В., Тетерин И.М. Концепция интегральной диагностики и мониторинга технических объектов: феноменологический подход // Матер. 14-й междунар. конф. "Проблемы управления безопасностью сложных систем". – М.: ИПУ РАН, 2006.
2. Белозеров В.В., Буйло С.И., Босый С.И., Прус Ю.В., Удовиченко Ю.И., Хаиш-башева С.В. Диагностика материалов и изделий из них // Электронный учебник по ИНОП 05/6-98. – Ростов н/Д: ЮФУ, 2007. – <http://uran.ip.rsu.ru>.
3. Прус Ю.В. Акустико-эмиссионные параметры повреждаемости и динамика диссипативных процессов при неупругом деформировании квазихрупких материалов // Дефектоскопия. – 1999. – № 8.
4. Буйло С.И., Белозеров В.В., Зинченко С.П., Иванов И.Г. Возбуждение акустической эмиссии лазерным излучением для исследования структурных изменений в композитах и полимерах // Дефектоскопия. – 2008, № 9.