

Общие проблемы технического обследования неметаллических строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений

К. т. н., ведущий научный сотрудник В.Г. Штенгель,
ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева»*

Основная проблема технического обследования заключается в том, что идеологию системы разрабатывали проектировщики, нацеленные по своей деятельности на строительный период жизни сооружений. Аналогично, средства контроля разрабатывают специалисты (электронщики, программисты, эргономисты и др.), не очень разбирающиеся в особенностях натуральных полевых исследований в часто сложных производственных условиях. Соответственно, аппаратура, в первую очередь, предполагает использование в относительно комфортных заводских условиях или на стройплощадках. Основная трудность применения средств контроля заключается в том, что, в основном, это приборы неразрушающего контроля (НК), использующие косвенные методы оценки характеристик материалов и, соответственно, требующие постоянной коррекции корреляционных зависимостей информационных параметров от состава материалов. Для разработки корреляционной зависимости требуется наличие большого числа образцов материалов нормативных размеров и в нормативном количестве, получение которых в натуральных условиях ограниченного доступа к конструкциям эксплуатирующихся сооружений проблематично.

Для успешного проведения технического обследования необходимо разрешить многочисленные проблемы технического и организационного плана, от каждой из которых, в той или иной степени, зависит полнота и достоверность информации и, соответственно, объективность выводов о фактическом состоянии конструкций и сооружения в целом, а также прогнозирование дальнейшей их эксплуатации.

Ниже приведен ряд таких проблем (неполный перечень автора).

1. Проблемы конструкционного и эксплуатационного характера

Особенностью строительных конструкций и эксплуатирующихся сооружений, как объектов обследований, являются, в том числе:

- различия во временном отрезке строительства, срока и периода эксплуатации;
- нарушения технологии строительства (применение непроектных материалов и технологий, неплановые перерывы строительного процесса, директивность сроков сдачи объектов в эксплуатации и др.);
- особенности применяемых строительных материалов и технологий;
- естественное старение материалов и конструктивных соединений;
- изменение свойств и характеристик материалов под внешним агрессивным воздействием;
- совместная работа в пространственной схеме сооружения разнородных строительных материалов с различными физико-механическими характеристиками, с различной степенью износа, коррозии, накопления и развития дефектов;
- включение в общую работу сооружения и схему нагрузок ограждающих конструкций, оборудования, трубопроводов, элементов инженерных коммуникаций;
- изменение проектных требований к сооружению в процессе эксплуатации (например, требования к сейсмичности района);
- изменение эксплуатационных характеристик, в том числе, изменение системы нагрузок, расстройство узлов и соединений;
- изменение окружающей среды, особенно, для фундаментов: изменение систем и качества дренажа, прокладка новых коммуникаций в зоне фундаментов, демонтаж и строительство соседних зданий и сооружений;
- реконструкция внутренних инженерных коммуникаций;
- перепланировка зданий с изменением пространственной схемы несущих конструкций;
- выполнение локальных ремонтов «по месту» без проектной документации;
- климатические особенности региона;

- часто встречающаяся некомплектность проектной и эксплуатационной документации;
- смена собственника объекта и переориентация целей использования сооружения;
- несоответствие сроков эксплуатации основного установленного оборудования и строительных элементов, требующее периодической частичной реконструкции сооружения.

2. Проблемы наличия и обеспечения полноты информации и надлежащего доступа к контролируемым конструкциям

Все деструктивные процессы, протекающие в строительных конструкциях, можно считать длительными и вялотекущими до определенного критического периода. Во многих случаях осуществлять непрерывный мониторинг или обычный периодический контроль состояния конструкций (если не произошло форс-мажорных событий или не появились требования к изменению системы эксплуатации, или перед реконструкцией) достаточно сложно или просто невозможно.

Периоды обследования нормализованы, но, тем не менее, зависят от расчетной долговечности конструкций. Так как основное количество строительных конструкций рассчитано на эксплуатацию в течение десятков лет, то и отношение к обязательному контролю неоднозначное. Многие собственники живут «сегодняшним днем» – авось, и так сойдет, а что будет завтра – это «головная боль» следующих поколений собственников. Поэтому часто нарушаются проектные условия эксплуатации, что во многих случаях приводит к развитию процессов искусственного старения материалов, к появлению новых и развитию старых дефектов, а иногда к лавинообразному нарастанию деструктивных процессов.

К сожалению, осуществлять контроль многих конструкций сложно или вообще практически невозможно, так как конструктивно в эксплуатационном режиме он на проектном уровне не предусмотрен или требует сложных и дорогостоящих вспомогательных работ, тем более, если этот контроль проводится в эксплуатационных условиях непрерывного технологического процесса.

В последнее время появилась тенденция укрывать строительные конструкции фальшэлементами и покрытиями. Это практически лишает возможности проводить контроль в должном объеме. Кроме того, между покрытием и элементом часто создается агрессивная газовая среда, ускоряющая процессы разрушения. Несущие конструкции покрываются штукатуркой, плиткой, краской, металлом, кроме этого могут быть покрыты дополнительно производственной пылью и т.д.

Ко многим конструкциям возможен только ограниченный односторонний доступ.

3. Проблемы нормативной документации

Нарушение советской, относительно стройно выстроенной системы нормативной документации, привело к созданию большого количества ведомственных нормативов. Если раньше существовала многоступенчатая схема формирования документов с промежуточными рассылками вариантов во все заинтересованные организации, с соответствующим обсуждением и коррекцией отдельных положений, то в настоящее время эти документы разрабатываются намного проще. Это привело, в том числе, не только к деградации их уровня, тем более что многие из них разрабатываются не ведущими специалистами направления, но даже к разнобою терминологии, например, в названии технического состояния конструкций, в разночтении рекомендаций по использованию методов и средств обследования.

4. Проблемы методологии обследования

Во многих случаях собственники объектов не владеют достоверной информацией о характере эксплуатации и проблемах сооружений с момента строительства до момента контроля. Проектная и исполнительская документация частично или полностью утрачена.

Желание собственника сэкономить на обследовании приводит к сокращению состава и объема исследований и, соответственно, к сокращению и достоверности результатов. В обследование попадает, прежде всего, поверхностная зона сечений конструкций, которая в основном определяет защитные свойства. Центральная часть сечения, определяющая несущую способность конструкции, остается неисследованной.

Инструментальное обследование условно можно подразделять на 2 вида:

- оценка физико-механических характеристик материалов, которая проводится в бездефектных, ненапряженных участках конструкций;
- дефектоскопия конструкций, то есть выявление участков аномальных результатов визуального характера и инструментальных измерений с дополнительными исследованиями этих участков для выявления характера дефекта, его расположения в конструкции, возможных размеров.

При этом необходимо осознавать, что наличие нескольких незначительных дефектов в совокупности, при определенных неблагоприятных условиях эксплуатации и нагрузок, может привести к разрушению конструкций.

5. Проблемы корректной регистрации и анализа информационных параметров

Излишняя автоматизация съема и обработки информационных параметров, необходимая при выходном контроле изделий на заводах или на стройплощадках, неприемлема при обследовании эксплуатируемых сооружений.

Статистически обрабатывать можно только результаты, полученные в допустимо идентичных условиях состояния контролируемых участков объекта, например, состояние поверхности (шероховатость, наличие микродефектов, влажность и т.д.), с которой снимается информация. Почему особое внимание уделяется состоянию поверхности? Ответ: потому, что она наиболее часто используется как источник информации для контроля характеристик конструкции. Но ведь именно поверхностный слой наиболее «болезненно» реагирует на агрессивное воздействие внешней среды, и все нарушения структуры материала, в начале срока эксплуатации условно равномерной по всему сечению конструкций (хотя и это достаточно сомнительно), в первую очередь, происходят именно в поверхностном слое, не затрагивая ядра сечения. Соответственно, выводы о состоянии конструкции на основании информации, полученной с поверхностного слоя, могут быть неверны по отношению к работоспособности самого элемента.

Поэтому полученная база данных даже по одной конструкции должна быть для обработки разделена на зональные информационные блоки. Эта часть результатов снята на сухой поверхности, эта – на влажном участке, эта – на промасленном, эта – на постоянно нагреваемом, на этом отсутствует техническая возможность получения надежного контакта с поверхностью и т.д. Необходимо четко понимать: характеристики материалов определяются на бездефектных однородных участках конструкций. Участки, на которых были получены аномальные результаты, должны рассматриваться индивидуально: или это свидетельство наличия дефекта, или это ошибка оператора. Если не удастся выделить участки со сходными результатами контроля, и разброс данных больше допустимого, то это свидетельствует о нарушении однородности поверхностного слоя и его структуры (при допущении соблюдения технологии изготовления конструкции).

Поэтому с большой осторожностью следует доверять результатам компьютерной обработки серии информационных параметров, записываемых автоматически в базу данных современных приборов.

6. Проблемы обеспечения средствами контроля и их корректного применения

Условно парк приборов, предназначенных для обследования строительных конструкций, можно разделить на 3 группы.

- 1) полевые простые для получения первичной общей информации о характеристиках материалов и о наличии дефектов;
- 2) средства дефектоскопии – позволяющие более углубленно и комплексно исследовать участки конструкций, дающие при контроле аномальные результаты;
- 3) средства лабораторных исследований образцов материалов.

Основная масса обследователей снабжена простыми приборами. Эти средства контроля просты, мобильны и удобны в обращении, относительно дешевы. Наибольший объем косвенной информации, поступающий в обработку и анализ, получается именно с них. Для использования таких приборов необходимо четко представлять границы задач, которые можно решить с их применением, границы их собственной эксплуатационной возможности (например, допуски по влажности, по температуре, по давлению и др.), степень подготовки поверхности конструкции к контакту с первичным преобразовательным элементом прибора и т.д.

Штенгель В.Г. Общие проблемы технического обследования неметаллических строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений

Особо следует выделить проблему занесения конкретного значения в память приборов. На практике полевых исследований повторный доступ в контролируемую зону конструкций на эксплуатируемом объекте часто не возможен, и пере проверка результатов при их обработке и анализе практически не осуществима. Поэтому вопрос о занесении конкретного результата в память прибора должна решаться не автоматически, а оператором, в зависимости от условий его получения. Это, естественно, снизит оперативность контроля, но зато позволит сократить количество недостоверных результатов в общей обрабатываемой впоследствии базе данных или учесть особые условия съема локальной информации поправочными коэффициентами. Такой принцип, в частности, заложен в визуализацию принимаемых ультразвуковых сигналов прибором «Пульсар 1.2».

Она позволяет:

- убедиться в правильности определения сигнала первого вступления;
- полностью просмотреть осциллограмму сигнала, оценить форму и фронт первого вступления;
- скорректировать положение временной метки первого вступления, а в случае пропуска первого вступления – принять меры по усилению сигнала, изменению положения ультразвуковых преобразователей, контакта их с поверхностью конструкции и других мер по устранению ошибок.

На промышленных объектах часто сложно обеспечить надежность снятия первичной информации и возможности ее повторяемости не только из-за сложностей надежного доступа и подготовки поверхности, но также из-за низкой помехозащищенности первичных преобразователей и линий связи с вторичной аппаратурой (повышенная вибрация для ультразвуковых методов измерения, насыщенность металлом – для магнитных методов и др.). Для дефектоскопии уровень достоверности определяется также выборочностью и дискретностью измерений, ограниченностью контроля трещин, выходящих на поверхность, необходимостью очистки поверхностей от покрытий различных видов (краска, штукатурка, декоративные покрытия, побочные продукты технологического производства и т.д.), наличием технологических облицовок.

В полевых инструментальных исследованиях рекомендуется одновременно использовать комплекс независимых методов, позволяющих дополнить и уточнить итоговую информацию о материалах и конструкции. Например, при обследовании железобетонных элементов применять сочетание механических, ультразвуковых и магнитного (особенно при схеме ультразвукового поверхностного прозвучивания) методов, а при обследовании фундаментов и кирпичной кладки дополнительно использовать влагомеры.

К сожалению, при работе с этой группой приборов часто встречается упрощенный (непрофессиональный) взгляд на возможности неразрушающего контроля эксплуатируемых конструкций. Это приводит к получению недостоверной информации и ошибочным выводам о состоянии конструкций и сооружений.

Группа специализированной аппаратуры дефектоскопического направления требует высокой квалификации специалистов. Приборы эти дорогостоящие, сложны в применении в полевых условиях без специальной подготовки контролируемых участков.

Количество организаций, обладающих такой аппаратурой, невелико. Обычно средства контроля такого вида используются в экспертизах или при обследовании ответственных конструкций потенциально опасных объектов.

Лабораторные исследования проводятся при калибровке средств неразрушающего контроля, для выработки корреляционных зависимостей информационных параметров от характеристик контролируемых материалов, а также для изучения свойств строительных материалов. При этом особую роль играет качество подготовки образцов к исследованиям. Анализ полученных результатов обязательно должен проводиться с учетом локальных особенностей участков для отбора образцов материала. Статистическая обработка проводится для материалов из идентичных участков.

7. Проблемы расчетных моделей

Для максимально достоверной оценки технического состояния отдельных конструкций, совокупности их в сооружении и, соответственно, сооружения в целом, и для определения остаточного ресурса объектов необходимо (особенно для потенциально опасных объектов) проведение поверочных расчетов с максимальным учетом фактических характеристик материалов, конструкций и сопряжений, наличия и расположения дефектов, фактического распределения нагрузок.

В принципе, специалисты-обследователи должны перед контролем иметь представления об условно «слабых» или опасных местах или сечениях конструкций. На практике, в условиях ограниченного доступа к контролируемым конструкциям или их участкам на эксплуатируемых объектах полученная информация может быть недостаточной для расчетных моделей. В таком случае расчетчики перед обследованием должны дать

Штенгель В.Г. Общие проблемы технического обследования неметаллических строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений

приоритетный набор требуемых характеристик и зон контроля, чтобы можно было ставить вопрос о необходимости организации безопасного доступа к зонам необходимого контроля и о подготовке конструкции к контролю, а также формировать комплекс средств контроля.

Однако наибольшей трудностью является создание расчетных моделей и программ, реализующих полученную информацию. В СНиПах и технической литературе, в основном, рассматриваются линейные, плоскостные или идеализированные пространственные модели и для расчета условные идеализированные характеристики материалов, однородные для контролируемых конструкций и сооружений.

Однако существующие схемы расчетов в той или иной степени пригодны только для строительного периода. В процессе эксплуатации меняются характеристики материалов (например, в нормальных температурно-влажностных условиях бетон в зависимости от состава с годами набирает прочность до 150-250% от марочной), металл корродирует, характер сопряжений изменяется, в перекрытиях и стенах вырубаются непроектные технологические отверстия и проемы, основания адаптируются к реальной геологической обстановке, происходит пространственное перераспределение нагрузок и воздействий и т.д.

Нормативные требования к прогибам, изгибам, отклонениям от вертикали отдельных конструкций не выполняются, однако сооружения при этом могут не испытывать опасных деформационных изменений.

Наблюдаются многочисленные случаи, когда сооружения успешно эксплуатируются даже без наличия отдельных проектных несущих элементов, элементов связи, элементов, формирующих фермы и т.д. То есть пространственный запас прочности сооружений фактически значительно завышен.

Неоднозначным может быть требование к оценке опасности выявленных дефектов. Одинаковые по виду трещины могут быть опасны или нет в зависимости от их развития в существующей системе нагрузок и условий эксплуатации конструкций (при их смене требуется поверочный расчет и, при необходимости, проведение ремонтно-восстановительных мероприятий). Основная масса трещин возникает в период строительства и начальный (адаптационный) период эксплуатации. В дальнейшем характеристики трещин обычно стабилизируются и трещины не развиваются. Допустимость нормативного раскрытия трещин также зачастую фактически определяется не силовым воздействием, а защитной функцией, минимизирующей воздействие окружающей среды (влажность, кислотность и т.д.) на арматуру, находящуюся в зоне трещин.

Соответственно, степень учета в расчете выявленных дефектов в зависимости от их размеров, положения в конструкции и потенциальной степени опасности при развитии должны рассматриваться в каждом конкретном случае в зависимости от требований к дальнейшей эксплуатации конструкции и сооружения в целом.

Естественно, необходимо, в первую очередь, устранять или минимизировать причины, вызывающие образование дефектов. При этом все значимые дефекты должны быть (желательно на начальном этапе эксплуатации сооружений) устранены или зафиксированы с назначением участков контроля для предотвращения возможности и последствия их развития и создания опасного сочетания, влияющего на работоспособность конструкции.

8. Кадровые проблемы

Искусство обследования, образно говоря, похоже на фигурное катание. Существует обязательная программа, то есть выполнение того, что, в принципе, изложено в технической и нормативной литературе, и произвольная программа, в которой, кроме обязательных приемов, включается индивидуальный профессиональный подход с учетом особенностей эксплуатации сооружений и, соответственно, методологических приемов в выполнении этапов комплекса исследовательских работ. В связи с этим необходимо возродить систему обучения, совершенствования и обмена опытом специалистов. Подготовка дефектоскопистов металла организована достаточно качественно. В то же время достаточно сложным сторонам обследования неметаллических конструкций практически нигде не уделяется большого внимания.

9. Проблема оценки стоимости работ по обследованию

Для оценки стоимости работ по обследованию обычно используются различные отраслевые Прейскуранты. При этом формы, объемы и стоимости этапов носят не обязательный, а справочный характер. Невозможно в Прейскуранты занести все особенности сооружений (возраст, условия эксплуатации, обеспечение документацией, стоимость вспомогательных работ по обеспечению необходимого доступа к конструкциям др.), стоимость необходимых полевых работ, стоимость современных лабораторных испытаний и расчетных работ. Трактовка отдельных пунктов также не носит однозначный характер. В связи с этим на тендер выносятся стоимости обследований, разнящиеся в разы. И Заказчик выбирает обычно самый дешевый, но не качественный вариант, который не претендует на достоверность выводов о техническом состоянии объекта.

Штенгель В.Г. Общие проблемы технического обследования неметаллических строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений

В заключении необходимо отметить следующее. Участвовавшие в последнее время аварии свидетельствуют о недостаточности контроля технического состояния строительных конструкций. Инвестиции в разработку новых методов и средств, предназначенных для периодического контроля или мониторинга опасных эксплуатируемых объектов, явно недостаточны без государственной поддержки. Необходимы срочное создание научно-технической программы по разработке методов, средств и нормативной базы для контроля состояния строительных конструкций в производственных условиях и организация подготовки специалистов, участие в разработках надзорных органов.

Литература

1. РД 09-102-95. Методические указания по определению остаточного ресурса потенциально опасных объектов, поднадзорных Госгортехнадзору России. М., 1995.
2. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Госстрой России. М., 2004.
3. Штенгель В.Г. О методах и средствах НК для исследования эксплуатируемых железобетонных конструкций // В мире НК. – 2002. – №2. 12-15 с.
4. Штенгель В.Г. О корректном применении НК в обследованиях железобетонных конструкций длительно эксплуатирующихся сооружений // В мире НК. – 2009. – №3. 56-62 с.
5. Еремин К.И., Матвеюшкин С.А. Особенности экспертизы и НК металлических конструкций эксплуатируемых сооружений // В мире НК. – 2008. – №4. 4-7 с.
6. Моннанов И.И., Столбов А.В. О качестве работ по обследованию зданий и сооружений // Предотвращение аварий зданий и сооружений : Сб. науч. тр. под ред. Еремина К.И. – М., 2008. 86-92 с.
7. Коковкин А.Ю. Новый подход к определению категорий технического состояния несущих строительных конструкций зданий и сооружений // Предотвращение аварий зданий и сооружений : Сб. науч. тр. под ред. Еремина К.И. – М., 2008. 109-117 с.
8. Коршунов Д.А. Оценка прочности бетона в конструкциях при их возведении и эксплуатации // В мире НК. – 2006. – №2. 40-42 с.
9. Штенгель В.Г. Ультразвуковой контроль структуры бетона // В мире НК. – 2004. – №1. 4-7 с.

** Вячеслав Гедалиевич Штенгель, Санкт-Петербург
Тел. раб.: +7(812)493-93-87; эл. почта: shtengel@concrete.vniig.ru*