

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРТИЗЫ И НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Еремин Константин Иванович

*Генеральный директор ООО «ВЕЛД», г. Магнитогорск, Челябинская область,
профессор кафедры «Испытание сооружений» Московского
государственного строительного университета,
доктор технических наук*

Матвеевский Сергей Александрович

*Директор управления промышленной безопасности ООО «ВЕЛД», г. Магнитогорск,
кандидат технических наук*

Обеспечение безопасной эксплуатации зданий и сооружений является актуальной задачей, которая решается комплексом мер на стадиях от проектирования до ликвидации объекта. Безаварийная эксплуатация зданий и сооружений осуществляется на основе действующих нормативно-правовых документов, которые устанавливают требования непосредственно к конструкциям зданий и сооружений, к надзору за их техническим состоянием, к технологическим процессам, размещаемым в зданиях и сооружениях, к работающему и обслуживающему персоналу промышленных предприятий и эксплуатирующим службам объектов гражданского назначения.

На основании официальных данных [1, 2] по анализу причин аварийного разрушения строящихся и эксплуатируемых объектов в период с 1981 по 2003 год установлено:

- профилактические меры по предотвращению аварий, обеспечению безопасности возводимых и эксплуатируемых объектов, принимаемые органами исполнительной власти и органами надзора, а также строительными и эксплуатационными организациями, предприятиями и объединениями, оказываются недостаточными. Число аварий не снижается, тяжесть их увеличивается, возрастает число жертв аварий;
- основная доля аварий приходится на эксплуатируемые здания и сооружения и составляет 85% от общего количества зарегистрированных аварий. Материалы расследования показывают, что основными причинами аварий на эксплуатируемых объектах являются грубейшие нарушения правил технической эксплуатации зданий и сооружений;
- отсутствует должный контроль за техническим состоянием зданий и сооружений.

На рис. 1 представлены данные по количеству зарегистрированных аварий на территории РФ [1, 2] в период с 1981 по 2003 год.

Предотвращение аварий зданий и сооружений

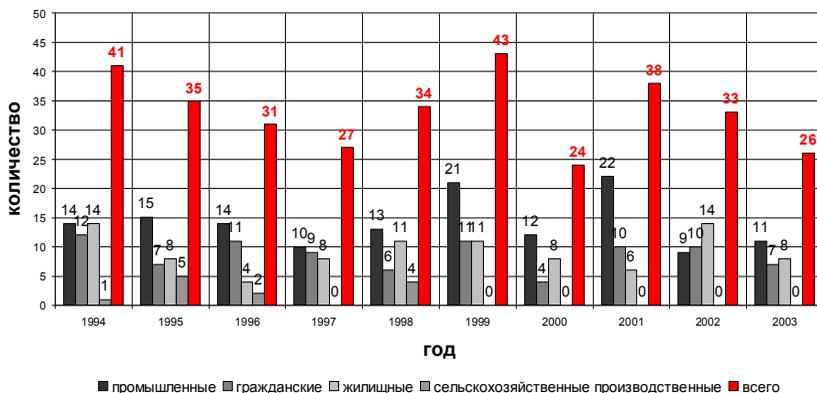


Рис.1. Количество зарегистрированных аварий, произошедших на территории РФ в период с 1981 по 2003 г.

Озвучиваемые официальными средствами массовой информации аварии (Трансваальпарк и Басманный рынок (Москва), аэропорт Шарль де Голь (Париж), бассейн (Чусовой), школа (Оренбургская обл.) и др.) имели серьезные социальные последствия. Однако, большая часть аварий, особенно на промышленных предприятиях (рис. 2-4), не озвучивается по разным причинам и, самое главное, не анализируется даже в кругу специалистов.



Рис.2. Аварийное разрушение блока покрытия здания вращающихся печей ОАО «Магнитогорский цементный завод», сентябрь 2006 г.



Рис.3. Аварийное обрушение вытяжной башни №175 высотой 100 м сероулавливающей установки аглоцеха горно-обогатительного производства ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», апрель 2002 г.



Рис.4. Аварийное разрушение диска покрытия здания термокалибровочного цеха ОАО «Златоустовский металлургический завод», февраль 2001 г.

В качестве примеров разрушения конструкций представлены некоторые аварии, в расследовании причин которых принимали участие специалисты компании «ВЕЛД»:

2006 год Обрушение блока здания листопрокатного цеха №5 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», площадь обрушения 5000 м², погибло 8 человек;
Обрушение блока покрытия здания вращающихся печей ОАО «Магнитогорский цементный завод», площадь обрушения 1760 м², без жертв;
Обрушение 80% конструкций здания вращающихся печей ОАО «Коркинский цементный завод»;

Предотвращение аварий зданий и сооружений

2004 год	Разрушение части покрытия здания мартеновского цеха №1 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», погиб 1 человек;
2002 год	Обрушение вытяжной башни №175 высотой 100 м сероулавливающей установки аглоцеха горно-обогатительного производства ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»;
2001 год	Разрушение стропильной фермы здания склада ОАО «Златоустовский металлургический завод»; Обрушение диска покрытия здания термокалибровочного цеха ОАО «Златоустовский металлургический завод»;
1996 год	Обрушение диска покрытия склада отделения упаковки цемента ОАО «Магнитогорский цементно-огнеупорный завод».

Следствием подобных аварий являются не только экономические потери, но во многих случаях – это печальные экологические и социальные последствия. Бессмысленное озвучивание данных фактов неэффективно, но детальный анализ причин и последствий, выполненный специалистами, просто необходим. Именно результаты аналитической работы специалистов позволят прекратить тиражирование однотипных аварий.

Анализ причин аварийного разрушения строительных конструкций зданий и сооружений, проведенный на основании официальных данных [1, 2] и по результатам расследования аварий специалистами ООО «ВЕЛД» (рис.5), позволяет выделить следующие основные причины:

- нарушение правил эксплуатации;
- дефекты на стадии строительства и отступления от проектов;
- нарушения технологии производства работ при строительстве, реконструкции и ремонтах;
- низкое качество изготовления строительных конструкций.

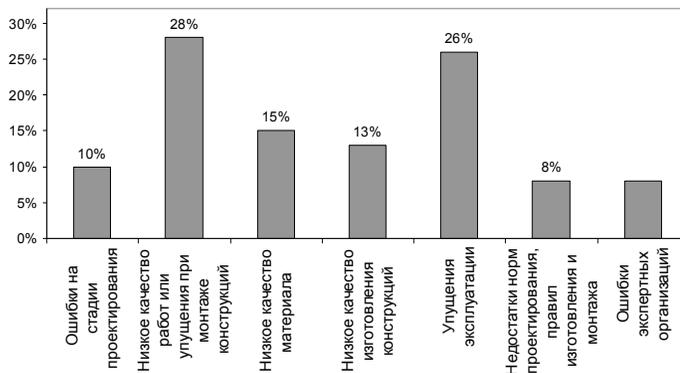


Рис.5. Анализ причин аварийного обрушения конструкций по данным ООО «ВЕЛД»

Предотвращение аварий зданий и сооружений

В табл.1 представлены результаты по распределению причин аварийного разрушения конструкций.

Таблица 1

Анализ причин аварий

Источник	Причины аварийного разрушения, %		
	нарушение правил эксплуатации	дефекты на стадии строительства и отступления от проектов	прочие
Официальные данные 1993–1998 гг [1]	35	26	39
Официальные данные 1998–2003 гг [2]	35	35	30
Данные компании «ВЕЛД» 1993–2008 гг	26	28	46

Исходя из представленных данных видно, что на первый план выходят задачи достоверной оценки состояния конструкций и выявление потенциально опасных ситуаций, которые могут привести к аварийному разрушению конструкций. Соответственно, ошибка экспертной организации при оценке состояния объектов вносит существенный «вклад» в аварийное разрушение конструкций. Ошибки экспертных организаций могут быть связаны не только с низкой квалификацией отдельных специалистов, но и с отсутствием необходимых приборов неразрушающего контроля и диагностики в привязке к строительным конструкциям и условиям их эксплуатации.

Поскольку перечень строительных конструкций достаточно широк и разнообразен, в рамках данной статьи предлагается сузить сферу приязаний до строительных металлических конструкций зданий промышленного назначения.

Особенностями эксплуатации данных конструкций, влияющих на достоверность результатов неразрушающего контроля, являются:

- 1) Широкий температурный диапазон эксплуатационных воздействий. Наиболее часто встречается диапазон от минус 60 до плюс 300°C, хотя возможен перегрев до плюс 450-600°C. При этом конструкции, подверженные воздействию высоких температур, нагреты неравномерно как по длине, так и по высоте (рис.6).
- 2) Температурный нагрев отдельных зон и конструкции в целом постоянно меняется в течение небольших промежутков времени (рис.7).
- 3) Часть наиболее нагруженных конструкций, разрушение которых может привести к аварии здания, не имеет прямого доступа для контакта, так как закрыты защитными экранами.

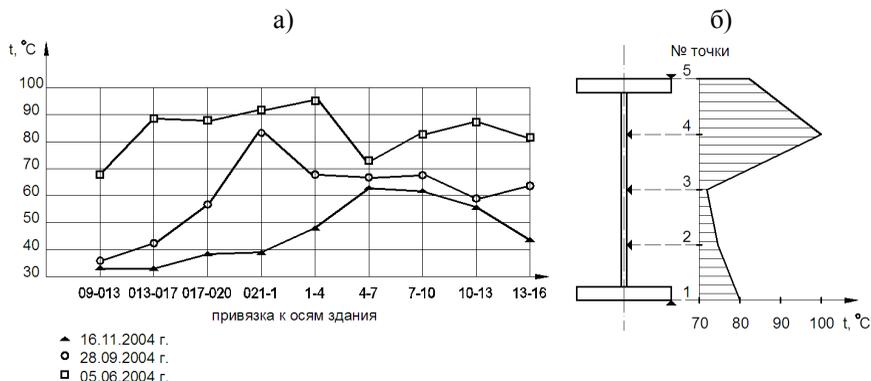


Рис. 6. Температурные воздействия на конструкции промышленных зданий:
 а – температурные кривые нагрева нижних поясов подкрановых балок отделения подготовки литых слябов;
 б – температурная кривая по высоте подкрановой балки

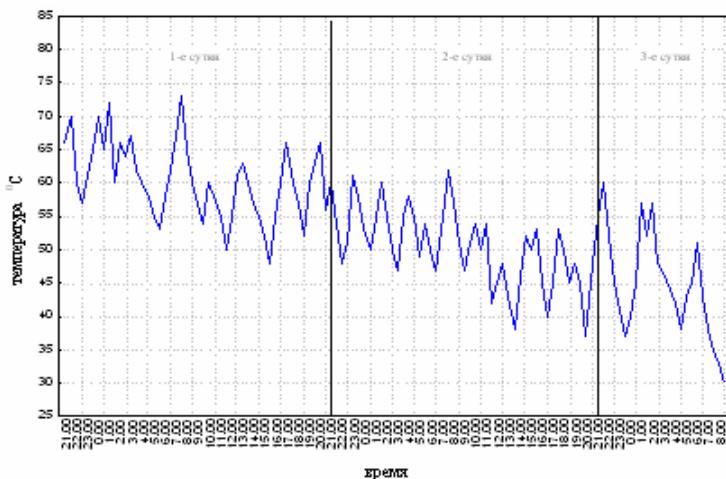


Рис. 7. График изменения температуры во времени на подкрановой балке мартеновского цеха отделения разведения слябов

- 4) Применяемые на сегодняшний день технологии не позволяют специалистам находиться на конструкциях для съема показаний без остановки производства по следующим причинам:
- высокие температуры в зоне контроля;
 - загазованность или запыленность среды;
 - угроза жизни и здоровью от работающего технологического оборудования.

- 5) Менталитет работников предприятий не позволяет оставлять регистрирующую аппаратуру и приборы не только на длительный период, но и без присмотра.
- 6) Конструкции находятся под слоем грязи, производственной пыли, имеют несколько слоев старой краски или значительно подвержены коррозии (рис.8).



Рис.8. Фрагмент каркаса, скопление пыли и коррозия в узле

- 7) Конструкции воспринимают значительное число циклов нагружений (от 40 до 120 циклов/сутки), следствием чего являются многочисленные трещины, как правило, усталостного характера (рис.9). В циклически нагруженных конструкциях постоянно увеличиваются не только размеры трещин, но и их количество (рис.10).



Рис.9. Кран-перегрузатель. Трещина в стыке пояса и стенки

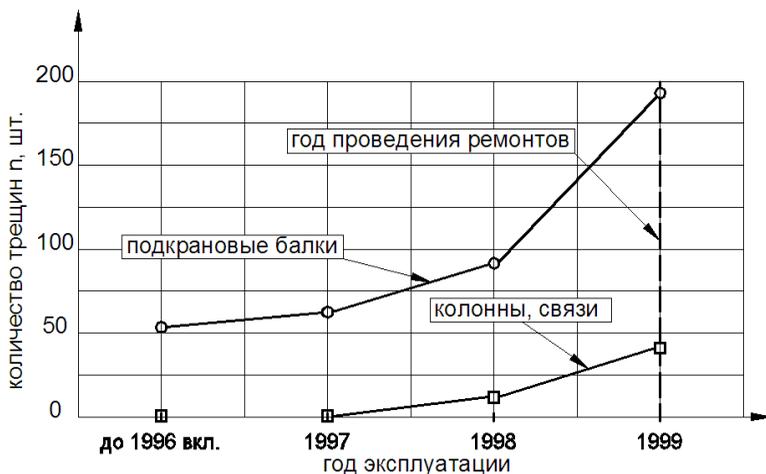


Рис. 10. График изменения количества трещин в подкрановых балках и в элементах колонн и связей здания отделения подготовки литых слябов кислородно-конверторного цеха

- 8) Конструкции имеют крупные габариты, изготавливаются из элементов разных толщин и марок сталей (рис.11), имеют механическую и физико-химическую неоднородность в зоне сварных соединений.

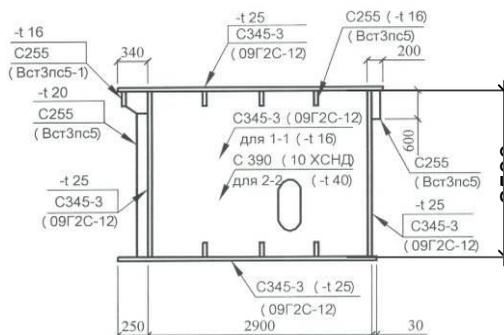


Рис. 11. Сечение подкрановой балки коробчатого сечения конверторного отделения кислородно-конверторного цеха

При таких условиях эксплуатации конструкций повышаются требования к уровню технической диагностики и соответственно к приборам неразрушающего контроля.

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Опыт применения методов и приборов неразрушающего контроля, в том числе в компании «ВЕЛД», при оценке технического состояния конструкций здания представлен в табл.2.

Таблица 2

Назначение и условия применения методов неразрушающего контроля

Метод контроля и диагностики	Контролируемый параметр	Условия применения	
		Обязательно	Дополнительно
1. Измерение твердости	Механические характеристики стали	+	
2. Спектральный анализ в «полевых» условиях	Химический состав		+
3. Исследование микропроб (фрактографические исследования)	Механические характеристики, химический состав и вязкость разрушения		+
4. Методы с частичным повреждением конструкций, в том числе отбор проб и испытание образцов			+
5. Вибродиагностика	Частота собственных колебаний, виброперемещения		+
6. Применение прогибомеров, механических индикаторов	Прогибы и перемещения	+	
7. Ультразвуковая толщинометрия	Коррозионный износ и утонение сечения	+	
8. Ультразвуковая дефектоскопия	Сплошность материала		+
7. Тепловой контроль	Температурные воздействия	+	
8. Тензометрия на базе тензодатчиков 1-20 мм	Деформации материала в локальных зонах		+
9. Метод магнитной памяти металла	Концентрация напряжений в локальной области		+

Следует отметить, что не всегда возможно применение методов неразрушающего контроля из-за непригодности приборов, предлагаемых в настоящее время, к реальному применению в «полевых» условиях. Опыт по оценке технического состояния стальных строительных конструкций зданий позволяет сформулировать основные требования к

приборам по неразрушающему контролю, предназначенных к применению в реальных условиях:

- 1) Беспроводные системы с возможностью дистанционного съема показаний.
- 2) Стационарно устанавливаемые датчики длительного использования (3-5 лет) для замеров температур, деформаций, перемещений, толщины.
- 3) Регулируемый режим съема показаний в многоканальных системах с возможностью одновременного замера n параметров в m точках при заданном интервале времени.
- 4) Задаваемая пользователем точность съема показаний (выбираемая степень «заглубления» контролируемого параметра).
- 5) Габариты и вес приборов должны позволять работать в стесненных условиях и на высоте.
- 6) Возможность работы на поверхности с минимальной подготовкой или даже на неподготовленной поверхности.
- 7) Эксплуатационный диапазон температур для контактных частей прибора должен составлять от минус 60 до плюс 300-600°C в зависимости от температуры возможного перегрева конструкций.
- 8) Работа в условиях производственной запыленности и слабой освещенности (пыле- и влагозащитенность, яркий контрастный дисплей).
- 9) Питание приборов от малогабаритных аккумуляторов, позволяющих вести контроль в течение длительного времени.
- 10) Сброс и накопление информации на малогабаритный блок памяти (например, флэш-память) с последующим воспроизведением данных на персональном компьютере в лабораторных условиях.

Решение данных задач позволит расширить область применения методов неразрушающего контроля при оценке технического состояния строительных конструкций, повысить достоверность получаемых сведений об объекте контроля и снизить опасность аварийного разрушения конструкций.

Специалисты компании «ВЕЛД» готовы к контактам с разработчиками приборов неразрушающего контроля по вопросам разработки и испытания приборов в полевых условиях.

Библиографический список

1. Письмо Госстроя России от 05.04.1999 г. №БЕ-1080/19 «О мерах по предотвращению аварий на строящихся и эксплуатируемых зданиях и сооружениях».

2. Отчет «Аварии зданий и сооружений на территории Российской Федерации в 2003 году» [Текст] / Общероссийский общественный фонд «За качество строительства»// Москва, 2004.