

## СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Гарькин И.Н., Гарькина И.А.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия (440028, Пенза, ул. Германа Титова, 28), e-mail: igor\_garkin@mail.ru

На основе анализа причин аварий строительных конструкций зданий и сооружений приводятся типичные причины, характерные практически для всех обрушений. Для более эффективной диагностики состояния строительных конструкций зданий и сооружений предлагается использование системного подхода. Строительное сооружение (конструкция) рассматривается как сложная система со всеми характерными признаками: наличие подсистем (элементов), объединенных связями, а также выполнение условия целостности функционирования. Приводятся основные этапы проведения технической экспертизы состояния строительных конструкций, включающие предварительный осмотр, общее и детальное обследования. Указывается, что с позиции системного подхода для предотвращения аварий следует проводить техническое обследование не только состояния каждого элемента в отдельности, но и всей строительной конструкции в целом; стремиться описать каждый элемент не как таковой, а с учетом его места в целом.

Ключевые слова: техническая экспертиза, обследование зданий, безопасность, обрушения, строительные конструкции, системный подход.

## SYSTEM RESEARCHES AT TECHNICAL EXPERTISE CONSTRUCTION DESIGNS OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

Garkin I.N., Garkina I.A.

*Penza State University of Architecture and Construction", Penza, Russia (440028, Penza, Germana Titova st., 28), e-mail: igor\_garkin@mail.ru*

On the basis of analyzing the causes of accidents construction of buildings and structures are typical causes typical for almost all collapses. Building construction (structure) is considered as a complex system with all the characteristic features: the presence of subsystems (elements), connection pooling, as well as the condition of integrity functioning. The basic stages of the technical expertise of the condition of building structures, including preliminary inspection, overall and detailed survey. Indicates that from a position of a systematic approach to prevent accidents should be a technical survey not only the status of each item individually, but the entire building structure as a whole; endeavor describe each element is per se and taking into account its place as a whole.

Keywords: technical expertise, inspection of buildings, security, collapse, building construction, system approach.

Актуальность системных исследований при решении проблем, связанных с обеспечением безопасности строительных конструкций зданий и сооружений, в настоящее время очевидна. Обеспечение безаварийной эксплуатации строительных сооружений является важной и весомой составляющей национальной безопасности страны. Поэтому следует адекватно оценивать реальный уровень возможной опасности и тяжести последствий аварий. Сроки эксплуатации многих зданий в нашей стране давно превысили все допустимые нормы, происходит накопление физического износа; уплотнение городской застройки и насыщение инженерными коммуникациями приводят к возникновению негативного воздействия на уже построенные объекты, расположенные в прилегающих зонах. Необходимо искоренить ошибочное мнение о безаварийности зданий, основанное на отсутствие представлений о его старении, появлении и накоплении дефектов, деградации свойств материалов, механизме усталостных и коррозионных разрушений, ухудшении условий эксплуатации и т.д. Без-

условно, процесс достижения желаемого уровня безопасности является сложной задачей на будущее, которая в данный момент не решена удовлетворительно. Это показывают многочисленные аварии на территории Российской Федерации (новые и реконструированные промышленные здания эксплуатируются с большой вероятностью обрушения):

- обрушение части покрытия здания склада готовой продукции Плавильного цеха комбината «Печенга Никель» (2007 г.);
- частичное обрушение кровли в филиале «Сургутская ГРЭС» ОАО «ОГК-4» (2008 г.);
- обрушение металлической конструкции кровли старого производственного здания (находилось на реконструкции) на территории бывшего завода «Арма» г. Москва (2010 г.);
- обрушение перекрытия здания на заводе по изготовлению железобетонных конструкций г. Ангарск Иркутская области (2010 г.);
- обрушение кровли двухэтажного здания цеха завода силикатного кирпича г. Орел (2010 г.);
- обрушение стены одного из зданий на территории ООО «Оргсинтез», г.Тула (2012 г.);
- обрушение кровли одной из кузниц на территории Челябинского предприятия ООО «ЧТЗ-Уралтрак» (2012 г.) и т.д. [3].

Многолетняя повторяемость аварий с одинаковыми причинами указывает на необходимость изучения факторов, приводящих к аварийному состоянию и обрушению зданий и сооружений; на необходимость их глубокого анализа, систематизации и эффективной работы существующей системы управления безопасностью. Анализ рисков и причин аварий в промышленных зданиях и сооружениях показывает, что в основном они происходят в зданиях и сооружениях, ранее не подвергавшихся обследованию технического состояния и экспертизе промышленной безопасности, или при несоблюдении сроков очередной экспертизы. В связи с этим особое значение приобретает проблема предупреждения возникновения аварийных ситуаций и обоснованность выбора комплекса инженерных мероприятий по их предотвращению. Контроль (проведение экспертизы) технического состояния несущих конструкций должен носить систематический характер и базироваться на процедурах выявления соответствия фактической прочности, жесткости и устойчивости конструктивных элементов нормативным требованиям.

Участились также и аварии, связанные с:

- отсутствием инструкций по эксплуатации, перепланировке и ремонту строительных конструкций конкретного здания с учетом специфики и условий эксплуатации данного здания;
- отказом от второстепенных работ (утепление, гидроизоляция, антикоррозионное покрытие) и резким снижением их качества;
- неграмотной и неправильной эксплуатацией несущих строительных конструкций;
- неграмотным усилением несущих строительных конструкций;
- некомплектностью проектной, рабочей и технической документации (исходных чертежей,

результатов изысканий и расчетов) на объект;

- атмосферными воздействиями, не предусмотренными проектом;
- остановкой объекта без надлежащей консервации;
- отсутствие охраны и разграбление объекта (и как следствие – повреждение несущих конструкций);
- несвоевременным выявлением нарушений в ходе строительства.

Недостаточный и поверхностный анализ причин свершившихся трагедий часто приводит к тиражированию ошибок проектирования, строительства и эксплуатации. Большой проблемой является и то, что большинство предприятий предпочитает оставлять информацию в тайне. Это не дает возможности собирать все сведения для ведения официальной статистики, анализа реальных причин крупных аварий и принятия решений по их предотвращению. На основании имеющихся сведений (исключительно из средств массовой информации) ведется статистика. Так, анализ причин аварий, произошедших в 2010 году [9], показал, что в результате ошибок проектирования произошло 3,5 % аварий; нарушений во время строительства – 10,6 %; неправильной эксплуатации – 11,6 %; нарушений при проведении работ – 17,3 %; природных факторов – 19,6 %; аварийного и ветхого состояния – 20,6 %, в остальных случаях причины не названы.

Для эффективной диагностики состояния промышленных зданий и сооружений обратимся к системному подходу [2,4...8]. Он при исследовании сложных строительных конструкций носит комплексный характер (означает учёт всех взаимосвязей, изучение отдельных структурных частей, выявление роли каждой из них в общем процессе функционирования системы и, наоборот, выявление воздействия системы в целом на отдельные её элементы). Объект исследования (конструкция или сооружение) рассматривается как сложная система со всеми необходимыми признаками: наличие подсистем (элементов), объединенных связями, а также выполнение условия целостности функционирования. Поэтому при обследовании нужно стремиться выявить и оценить взаимодействие всех ее частей и объединить их. Системный подход позволяет уменьшить или даже исключить неопределенность, свойственную изучаемой проблеме, реконструировать ее в моделях, отвечающих целям исследования; выявлять объекты, свойства и связи исследуемой системы с учетом взаимного влияния внешней среды. В сложных системах, к которым относятся каркасы зданий, отдельные части (подсистемы) системы настолько сильно взаимосвязаны между собой множеством прямых и обратных связей, что изменение одной из них часто ведет к значительным изменениям в других ее частях [10...12]. Здесь и возникает необходимость оценки и анализа системы как целостной, то есть с позиций системного подхода (*каждый элемент описыва-*

*ется не как таковой, а с учетом его места в целом*). При исследовании сложных систем такой подход – это:

- концентрация внимания на целостности структуры объекта;
- взаимозависимость частей объекта, работающих ради одной цели;
- ориентация управления (анализа) на конечные результаты деятельности, в условиях быстро меняющейся внешней среды.

Именно такой подход позволяет разобраться в связях между отдельными фактами и на более высоком уровне осуществлять исследования.

А с позиций теории систем разрушение любой системы (строительной конструкции) можно рассматривать как катастрофу, связанную с нарушением гомеостаза. Показатель гомеостаза системы представляет её внутреннюю безопасность (способность системы в условиях внутренних и внешних воздействий сохранять своё нормальное функционирование). Система продолжает функционировать, поскольку содержит множество дополнительных средств обеспечения устойчивости. Ее работу можно рассматривать как непрерывно меняющееся сочетание сбоев и восстановлений элементов конструкции. Когда происходят заметные глобальные сбои и несколько мелких по отдельности безобидных сбоев объединяются, создается возможность глобальной системной аварии (происходит как следствие сочетания множества ошибок). Каждый из этих сбоев может спровоцировать аварию, но только вместе они добиваются результата. Причём не существует единственной причины аварии, и невозможно определить ее основную причину. Реально оценка соответствия обычно осуществляется на основании сравнения характеристик (параметров) здания, имеющих в проектной документации, с аналогичными характеристиками, полученными в результате обследования. Но вопрос о том, какие конкретно параметры следует сравнивать, остается на усмотрение специалистов, осуществляющих обследование здания или сооружения (одни специалисты при эксплуатационном контроле сравнивают, например, 20 параметров, а другие – 25, причем возможно и совершенно другие). С этих позиций ретроспективный анализ катастроф, в особенности при экспертной оценке, является необъективным (техническое недопонимание природы сбоя позволяет с легкостью найти виновного катастрофы).

Оценка технического состояния и надёжности эксплуатируемых зданий с использованием норм проектирования носит весьма условный и ограниченный характер. Как показывает практика, реальная величина риска нарушения работоспособного состояния отдельной конструкции или же всего сооружения значительно выше, чем предсказанная на основе критерия предельных состояний. Следовательно, ресурс строительной конструкции может рассматриваться только как величина случайная, зависящая от случайной величины начальной несущей способности конструкции и интенсивности её изменения в конкретных условиях

эксплуатации. Задача оценки состояния конструкций корректно может быть решена только с использованием методов теории надёжности (в вероятностной постановке [1]). На самом деле, работа строительных конструкций зависит от многих случайных факторов: нагрузок, неоднородности структуры материала, геометрических размеров с учётом допусков и возможных неточностей и др. Под действием нагрузок, внешней среды, неблагоприятных условий эксплуатации происходит накопление повреждений конструкций, снижается несущая способность системы, увеличивается вероятность отказа по одному или нескольким параметрам. Все они как поодиночке, так и совместно, практически с одинаковой вероятностью могли привести к аварии. Предсказать, какая причина является основной, невозможно, так как изменение в любом элементе строительной конструкции оказывает воздействие и на другие её элементы и ведёт к изменению работы всей системы. Когда жизненно важные параметры приближаются к предельно допустимым значениям (или негативные факторы превышают некоторую критическую величину), дальнейшее существование строительной конструкции оказывается под вопросом, и будущее системы становится непредсказуемым (в частности, под влиянием малейших флуктуаций конструкция может разрушиться [4,6]).

Еще раз подчеркнем, обрушение возникает не конкретно из-за одного вышедшего из строя элемента, а в основном из-за выключения его из работы всей системы конструкции (строительная конструкция начинает работать как механизм). Поэтому для предотвращения аварий следует проводить *техническое обследование не только состояния каждого элемента в отдельности, но и всей строительной конструкции в целом*, то есть использовать *системный подход*. А все негативные факторы, приводящие к аварии и обрушению здания, следует выявлять не после, а до аварии, в рамках выполнения экспертизы безопасности зданий и сооружений, которая должна включать в себя:

- проверку соответствия строительных конструкций зданий и сооружений проектной и научно-технической документации;
- обследование технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений с выявлением дефектов и повреждений, пространственного положения, фактических сечений и разрушающихся соединений;
- определение физических свойств материалов, металлографический анализ и анализ химического состава материалов, из которых построены данные здания и сооружения;
- прочностные расчеты и другие работы, позволяющие оценить напряженно-деформированное состояние и остаточный ресурс зданий и сооружений.

В общем случае весь комплекс работ по оценке технического состояния здания заключается в изучении технической документации и натурном обследовании, обычно состоит из:  
- *предварительного осмотра* (определение объема и стоимости выполнения работ);

- *общего обследования* (оценка общего технического состояния строительных конструкций и инженерных систем; проводится по внешним признакам; рекомендации по исправлению дефектов в процессе ремонта или реконструкции);

- *детального обследования* (углубленное выборочное обследование; выполняют в обязательном порядке при отсутствии рабочих чертежей конструкций или их несоответствии проектным данным; расчет элементов здания, анализ результатов обследования).

Обследование технического состояния строительных конструкций *является самостоятельным направлением строительной деятельности*, охватывающим комплекс вопросов, связанных с созданием в зданиях нормальных условий труда и жизнедеятельности людей и обеспечением эксплуатационной надежности, с разработкой проектной документации по реконструкции зданий и сооружений.

### Список литературы

1. Будылина Е.А., Гарькин И.Н., Данилов А.М. Техническая экспертиза: Байесовский подход // Новый университет. – 2013. – № 8-9 (18-19). – С.15-18.
2. Будылина Е. А., Гарькина И. А., Данилов А.М. Моделирование с позиций управления в технических системах // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 2 (16). – С. 138-142.
3. Гарькин И. Н. Анализ причин обрушений промышленных зданий // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, март 2011 г.). – СПб.: Реноме, 2011. – С. 27-29.
4. Гарькина И.А., Данилов А.М., Соколова Ю.А. Системный анализ, теории идентификации и управления в строительном материаловедении: монография. – Москва: ПАЛЕОТИП, 2008. – 239 с.
5. Гарькина И.А., Данилов А.М., Лапшин Э.В., Юрков Н.К. Системные методологии, идентификация систем и теория управления: промышленные и аэрокосмические приложения // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2009. – № 1. – С. 3-11.
6. Данилов А.М., Гарькина И.А. Сложные системы: идентификация, синтез, управление: монография. – Пенза: ПГУАС, 2011. – 308 с.
7. Данилов А.М., Гарькина И.А. Промышленные приложения системных методологий, идентификации систем и теории управления // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 2007. – Т. 14, вып. 4. – С.702-703.

8. Данилов А.М., Гарькина И.А. Управление в сложных технических системах: методологические принципы управления // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 1 (12). – С.39-43.
9. Еремин К.И., Шишкина Н.А. Причины и последствия аварий зданий и сооружений, произошедших в 2010 г. // Сборник научных трудов международной конференции «Предотвращение аварий зданий и сооружений-2011». – Магнитогорск: «ООО» Велд», 2011. – С.1-20.
10. Еремкин А.И., Прошин А.П., Данилов А.М., Гарькина И.А. Системные проблемы и моделирование при разработке сложных систем // Надежность. – 2006. – № 1(16). – С.3-9.
11. Прошин А.П., Данилов А.М., Логанина В.И., Гарькина И.А. Идентификация и задачи управления: системные методологии в строительном материаловедении // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2005. – № 7. – С. 38-44.
12. Скачков Ю.П., Данилов А.М., Гарькина И.А. Модификация метода ПАТТЕРН к решению архитектурно-строительных задач // Региональная архитектура и строительство. – 2011. – №1 (10). – С. 4-9.

**Рецензенты:**

Ласьков Н.Н., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза.

Логанина В.И., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Управление качеством и технологии строительного производства» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза.